

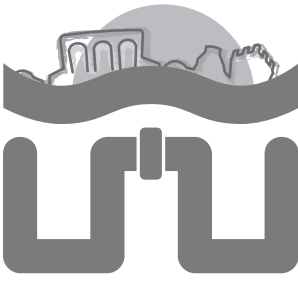


6.
**KENTSEL
ALTYAPI**
SEMPOZYUMU



14-15 EKİM 2011
ANTALYA

BİLDİRİLER KİTABI



6.
**KENTSEL
ALTYAPI**
SEMPOZYUMU

BİLDİRİLER KİTABI

EDİTÖRLER

Oğuz GÜNEŞ, Çankaya Üniversitesi

Cem OĞUZ, İMO Antalya Şubesi

İsmail Selçuk YILMAZ, İMO Antalya Şubesi

14-15 EKİM 2011

ANTALYA

ISBN: 978-605-01-0173-7

İMO YAYIN NO: E/11/09



TÜRK MÜHENDİS ve MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
A N T A L Y A Ş Ü B E S İ

12. Dönem Yönetim Kurulu

Cem OĞUZ
Yönetim Kurulu Başkanı

Rıza ARSLANBAY
Sekreter Üye

Haluk SELÇUK
Sayman Üye

Onur GÜNAYDIN
Üye

Özgür ATA
Üye

Fatih İNCİ
Üye

Durmuş NAR
Üye

Hakan ŞAKLAR
Üye

Osman TABAK
Üye

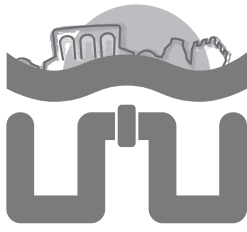
Gözde ŞANLILAR
Üye

Tuğba BİLDİRİCİ
Üye

Adil ÖZEN
Üye

Birkan ÇAKIR
Üye

M. Çağlar EKİNCİ
Üye



6.
**KENTSEL
ALTYAPI**
SEMPOZYUMU
14-15 Ekim 2011 **ANTALYA**

DÜZENLEYEN KURULUŞ



TÜRK MÜHENDİS ve MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
A N T A L Y A Ş U B E S İ

DESTEKLEYEN KURULUŞLAR



TÜBİTAK



AKDENİZ
ÜNİVERSİTESİ



**ANTALYA
BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ**



ANTALYA TİCARET VE
SANAYİ ODASI



ÇANKAYA
ÜNİVERSİTESİ

SEMPOZYUM SEKRETERYASI



TÜRK MÜHENDİS ve MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
A N T A L Y A Ş U B E S İ

Meltem Mahallesi 3808 Sok. No: 10 07030 Muratpaşa - ANTALYA
Tel : (0242) 237 57 27-3 hat • Faks: (0242) 237 57 31 • Gsm: (0533) 658 97 69
E-posta: imoantalya@imo.org.tr
www.imoantalya.org.tr

Bu kitap TÜBİTAK desteğiyle basılmıştır.

İÇİNDEKİLER

Sempozyum Kurulları	v
Önsöz	vii
E. Karaesmen	
Sunuş	ix
İMO Antalya Şubesi 12. Dönem Yönetim Kurulu	
Editörlerden	
Sürdürülebilir Kentsel Altyapı Sistemleri Hedefine Yönelik Yaklaşım ve Uygulama Gereksinimleri	xi
O. Güneş, C. Oğuz, İ.S. Yılmaz	
BÖLÜM 1: KENT PLANLAMA, TASARIM, ALTYAPI VE YÖNETİM	
KENTGES Kapsamında Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım ve Altyapı	3
S. Nal, M. Özalp	
Kent ve Teknik Altyapı Planlamasına İlişkin Eşgüdümlü Bir Yönetim Yaklaşımı	17
H.E. Erdin	
İnternet CBS ile Altyapı Bilgi Sistemi Çözümleri	29
E. Ekin, A. Çabuk	
Kent Bilgi Sistemi Kapsamında Grafik Verilerle Nüfus Verilerinin Eşleştirilmesi	37
M.E. Uçaner, E. Kaya	
Kent Planlama Süreci ile Kentsel Altyapı Yatırımlarının İlişkisi: Ankara Örneği	47
S.Z. Şahin	
2023 Vizyonunda, Türkiye'de Kentsel Altyapıda Uyum ve Estetik Sorunları ve Çözümler: Metropol Kentler Örneği	59
İ. Bircan	
Yeşil Altyapının Mekansal Planlama ve Sürdürülebilir Kentsel Gelişimindeki Rolü ve Önemi	71
E. Manavoğlu	
BÖLÜM 2: KENT İÇİ ULAŞIM	
Ulaşım Mekanlarının Tasarımında Tasarım Rehberlerinin Rolü	85
M.N. Özer, E. Söylemez	
Kentsel Toplu Taşımacılık ve Aktarma Olgusu: Prag Örneği	95
G. Gülhan, H. Ceylan	
Denetimsiz Kavşaklarda Anayol Araçlarının Gecikmeleri Üzerine Bir Tartışma	107
N. Erdoğanoğlu, S. Tanyel, P. Çalışkanelli, M. Özuysal	

Birbirine Yakın Sinyalize Kavşaklarda Araç Gelişlerinin Gecikme ve Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması	119
A.P. Akgüngör, Y.Ş. Murat, E. Doğan	
Pekiştirmeli Öğrenme Yöntemi İle Ayrık Sinyalize Kavşak Eniyilenmesi	129
C. Ozan, Ö. Başkan, H. Ceylan, S. Haldenbilen	
Kentiçi Ulaşımda Enerji Verimliliğini Artırıcı Önlemlerin Uygulanabilirliği	141
Z. Kaynak, H. Kaplan	
Trafikte Hız Kontrol Sistemlerinde Yeni Yaklaşımlar, Isparta-İstanbul Yolu Uygulaması	153
F. Kalyoncuoğlu, Ö. Şahin	
Balıkesir İli Emniyet Kemeri Kullanımı Alışkanlıklarının Değerlendirilmesi	167
A. Turabi, F. Üçer	
Ankara'da Kentiçi Ulaşımda Bisiklet Kullanımının Artırılmasına Yönelik Bir Öneri	177
D. Afacan, M. Şenbil	
Kent İçi Yollarda Alternatif Asfalt Kaplama Yöntemlerinin Kullanımı, WMA (Ilık Karışım Asfalt) ve Poröz Asfalt Örneği	191
A. Yılmaz	
Balıkesir Yöresi Taşocağı Agregalarının Yol Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi	203
A. Turabi, A. Okucu	
BÖLÜM 3: SU KAYNAKLARI, HAVZA YÖNETİMİ, BARAJLAR VE ENERJİ	
İçme Suyu Havzalarının Korunması İçin Yapılacak Uygulamalar ve Antalya Örneği	211
M. Yıldırım	
Kırkgöz, Düden Suları ve Antalya Kentsel Su Gereksinmesi	223
G. Büyükyıldırım	
Havza Yönetiminde Karar Destek Sistemi Uygulaması: Abdal Irmağı Havzası Örneği	237
E. Özbayrak, G. Bakan	
Elazığ Kenti İçme Suyu Kalitesi ve Karşılaşılan Sorunlar	249
A. Ünlü, M.S. Tunç	
Trabzon İçme Suyunda Yeni Bir Dönem: Atasu Barajı	263
E. Aras, M. Berkün	
Türkiye'deki İçme Suyu Barajlarının Hidroelektrik Potansiyelinin İncelenmesi: Ulutan Barajı Örneği Bir Çalışma	275
S. Küçükali	
Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Pazarının Altyapısı	285
A. Akpınar, R. Şibil, M. Kankal, M.İ. Kömürcü	

BÖLÜM 4: İÇME SUYU

İçme Suyu Mekansal Karar Destek Sistemi	297
Ö. Ekinci, T. Akbulut, O. Kurt	

Antalya Konyaaltı Su Dağıtım Şebekesinde Klor Uygulama Stratejilerinin Geliştirilmesinde Genetik Algoritma Yönteminin Kullanılması.....	307
M.K. Pektürk, H. Kılıç, H. Muhammetoğlu, S. Soyupak	

Su Dağıtım Şebekelerinde Modelleme Teknikleri Kullanılarak Serbest Bakiye Klor Konsantrasyonlarının Yönetimi: Antalya Konyaaltı Bölgesi Örneği.....	321
İ.E. Karadirek, S. Kara, T. Altındal, H. Muhammetoğlu, A. Muhammetoğlu, S. Soyupak, M.Kitiş, T. Özden, İ. Palancı, E. Demirbaş, K. Cengiz	

İçme Suyu Şebekelerinde Genetik Algoritma Yöntemi Kullanılarak Kalibrasyon Yapılması	333
O.N. Özdemir, E. Uçaner, C. Kısıklı	

İçme Suyu Şebekelerinde Klorlamanın Genetik Algoritma Yöntemi İle İyileştirilmesi	345
O.N. Özdemir, E. Uçaner, C. Kısıklı	

İçme Suyu Şebekelerinde Boru Türünün Maliyete Etkisi ve İldem-Kayseri Örneği	357
M. Ardıçlıoğlu, T. Çağlısoy, H. Sungur	

Antalya-Konyaaltı Bölgesi İçme Suyu Dağıtım Şebekesinde Scada, Alt Bölge, Basınç Yönetimi ve Akustik Yöntemler Kullanılarak Su Kayıplarının Azaltılması.....	369
H. Muhammetoğlu, İ. Palancı, T. Özden, E. Demirbaş, K. Cengiz, İ.E. Karadirek, A. Muhammetoğlu, S. Soyupak, M.Kitiş	

Su Kayıp ve Kaçaklarının Tespitine Yönelik CBS Destekli Su Şebekesi Hidrolik Model Oluşturulması	379
M.E. Uçaner, O.N. Özdemir	

Roma ve Osmanlı Dönemlerinde Debi Ölçümü ve Boru Standardizasyonu.....	391
K.B. Çelik	

BÖLÜM 5: ATIK SU, ARITIM VE KANALİZASYON

Avrupa Birliği'nde ve Avrupa Birliği Üyelik Sürecinde Türkiye'de Atık Su Arıtımı	403
E. Torlak, M. Demirel	

Atık Suların Arıtılmasında Yeni Bir Sistem Tasarımı ve Deneysel Uygulaması	415
H. Taplak, A. Bilgil, E. Yeşilyurt, M. Ardıçlıoğlu	

Evsel Atık Su Deşarjının Yüzeysel Su Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi: Harşit Çayı Örneği (Gümüşhane).....	427
A. Bayram, H. Önsoy, V.N. Bulut, M. Tüfekçi	

Otellerde Kişi Başı Günlük Su Tüketim Değerlerinin Bölgesel Olarak Değerlendirilmesi	439
A. Coşar, T.Bostan	

Antalya Kanalizasyon Sistemi	449
N. Erol	

Kanalizasyon Sistemlerindeki Tıkanma Problemlerinin Tuvalet Kağıtları Açısından İncelenmesi	457
B. Eren, C. Dede, F. Karadağlı	

Trabzon İli İçme ve Kullanma Suyu Kalitesinin Atasu Arıtma Tesisleri Kapsamında İncelenmesi	467
A. Bayram, H. Önsoy, İ. Yağtu, M. Kankal	

BÖLÜM 6: KATI ATIK YÖNETİMİ

Antalya Kenti Atık Karakterizasyonu ve Entegre Katı Atık Yönetimi Önerileri	479
İ. Yılmaz, M. Yurdakul, B. Topkaya	

Antalya Kentindeki Katı Atık Geri Dönüşüm Çalışmaları	491
D. Ünver, M. Yurdakul, İ. Yılmaz, B. Topkaya	

Antalya Kenti Katı Atık Yönetimi ve Katı Atıkların Düzenli Depolama Yöntemiyle Bertarafının Değerlendirilmesi.....	503
T. Batı	

Katı Atık Yönetiminin Hatay Bölgesi İnşaat Sektöründe Algılanması ve Farkındalık.....	509
M. Öztürk, H. Coşkun	

Polietilen Atıkların Hafif Beton Üretiminde Kullanımı	521
M. Canbaz, Ö. Kılınç	

BÖLÜM 7: DOĞAL AFET ZARARLARININ AZALTILMASI

Doğal Afetler ve Bu Afetlerin Oluşturduğu Risklerin Azaltılması	533
G. Şakar	

Ankara - Eskişehir Yolu Üzerinde Bulunan Köprü ve Altgeçitler İçin Zemin Büyütmesi Değerlerinin Mikrotremor ile Tespiti	541
M.K. Başçuhadar, A.C. Gel, S.O. Akbaş, Ö. Anıl	

Akarsu Köprülerinin Yıkılma Riskinin Değerlendirilmesi	551
M. Apaydın, M. Yanmaz	

Falezli Kıyılarda Yapı Yaklaşma Sınırının Belirlenmesinde Duraylılık Tabanlı Yaklaşımlar	559
N. Dipova	

Kayma Dalga Hızından Sıvılaşma Çözümlemesi Kumluca / Antalya Örneği	573
O. Uyanık, B. Ekinçi, N.A. Uyanık	

Doğal Afet ve Diğer Jeolojik Proseslerin Altyapı ve Kent Planlamasına Etkileri; Antalya Örneği	581
N. Dipova	

Altyapı Sistemlerinin Deprem Performansı Açısından Değerlendirilmesi	595
N. Ural, C. Karakurt	

Deprem Sonrasında Hasar Görmüş veya Görmesi Muhtemel Betonarme Köprü Rehabilitasyonu İçin Öneriler	601
H.M. Tanarşlan	

Antalya'da Kullanılan Bazı Yapı Malzemelerinin Radyasyon Soğurma Özelliklerinin Araştırılması.....	611
İ. Akkurt, C. Başyigit, B. Mavi, K. Günoğlu, A. Akkaş, E. Uyar	

DANIşMA KURULU

H. Serdar HARP	İnşaat Mühendisleri Odası Başkanı
Dr. Erhan KARAESMEN	ODTÜ
Prof. Dr. İsmail BİRCAN	Atılım Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet Rıfkı AKTEKİN	Antalya Büyükşehir Belediyesi Genel Sekreteri
Fethi YALÇIN	Antalya Su ve Atık Su İdaresi Genel Müdürü
Çetin Osman BUDAK	Antalya Ticaret ve Sanayi Odası Başkanı

DÜZENLEME KURULU

Yrd. Doç. Dr. Oğuz GÜNEş (Başkan)	Çankaya Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Engin EMSEN	Akdeniz Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Duygu ÇUKUR	Süleyman Demirel Üniversitesi
Öğr. Gör. Serkan ÖKTEM	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
İnş. Müh. Kamil CENGİZ	Antalya Su ve Atık Su İdaresi
İnş. Müh. Levent YİĞİTER	Antalya Ticaret ve Sanayi Odası
Dr. M. Serhan SEKRETER	Antalya Ticaret ve Sanayi Odası
Levent DARI	İMO Yönetim Kurulu Sekreter Üye
Gülsüm SÖNMEZ	İMO Genel Sekreter Yardımcısı
Okan ÇAMLI	İMO Ant. şb. Kent Sorunları Komisyonu Bşk.
Cem OĞUZ	İMO Antalya şube
Rıza ARSLANBAY	İMO Antalya şube
Haluk SELÇUK	İMO Antalya şube

BİLİM KURULU

Prof. Dr. A. Melih YANMAZ	ODTÜ
Yrd. Doç. Dr. Ayhan GÜRBÜZ	Atılım Üniversitesi
Doç. Dr. Banihan GÜNAY	Akdeniz Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent TOPKAYA	Akdeniz Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Cumhuri AYDIN	Atılım Üniversitesi
Prof. Dr. Ergun GEDİZLIOĞLU	İTÜ
Prof. Dr. Fikret TÜRKER	Akdeniz Üniversitesi
Doç. Dr. Fuat DEMİR	SDÜ
Prof. Dr. Habip MUHAMMETOĞLU	Akdeniz Üniversitesi
Doç. Dr. Hülagü KAPLAN	Gazi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Hüsnü DEMİRPEÑÇE	SDÜ
Prof. Dr. M. Erol KESKİN	SDÜ
Prof. Dr. M. Hilmi ACAR	Akdeniz Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. M. şükrü ÖZÇOBAN	YTÜ
Prof. Dr. Mehmet Ali TAşDEMİR	İTÜ
Doç. Dr. Mehmet İNEL	PAÜ
Prof. Dr. Melih ERSOY	ODTÜ
Prof. Dr. Mesture Aysan BULDURUR	İTÜ
Prof. Dr. Mustafa KARAşAHİN	İÜ

BİLİM KURULU (devamı)

Prof. Dr. Mustafa TOKYAY	ODTÜ
Doç. Dr. Müfide BANAR	Anadolu Üniversitesi
Prof. Orhan YÜKSEL	EÜ
Prof. Dr. Osman Nuri ÖZDEMİR	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Polat GÜLKAN	Çankaya Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Savaş Zafer ŞAHİN	Atılım Üniversitesi
Prof. Dr. S. Nilay KESKİN	SDÜ
Yrd. Doç. Dr. Seda YEŞİLMEN	Atılım Üniversitesi
Prof. Dr. Selçuk SOYUPAK	Atılım Üniversitesi
Doç. Dr. Selçuk TOPRAK	PAÜ
Doç. Dr. Serhan TANYEL	DEÜ
Doç. Dr. Serhat KÜÇÜKALİ	Çankaya Üniversitesi
Prof. Dr. Sümer ŞAHİN	Atılım Üniversitesi
Prof. Dr. Tuğrul TANKUT	ODTÜ

SEMPOZYUM SEKRETERYASI

İsmail Selçuk YILMAZ
TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
ANTALYA ŞUBESİ
Meltem Mahallesi 3808 Sok. No:10 07030 Muratpaşa / ANTALYA
Tel: (0242) 237 57 27 (3 hat)
Faks: (0242) 237 57 31
E-Posta: ukas6@imoantalya.org.tr
web : www.imoantalya.org.tr

ORGANİZASYON

Meydan Kavağı Mah. Perge Bulvarı No:124/5
07200 Antalya - TÜRKİYE
Tel: (0242) 311 96 16
Faks : (0242) 311 96 39
kongre@turset.com
www.turset.com

turset
congress incentive event

Tasarım ve Baskı: www.retma.com.tr

ÖNSÖZ

Kentsel altyapı: Çağdaş zorlukları yenme sanatı

Kentler uygarlıkların doğduğu, geliştiği mekanlardır. Daha sonraları uygarlığın akışı içinde ortaya çıkan sorsal ayrışmalara uzlaşmazlıklara da tanıklık ederler. Dolayısıyla, insanlık tarihi büyük çoğunlukla kırsal kesimde ve mağarasal düzen içinde doğmuş olmakla birlikte bu tarihe pırıldılarını serpiştiren insani ve sosyal olaylar kentlerde kendilerini göstermişlerdir.

Günümüzde ulaşım ve arazi kullanımı, çevrenin gözetilmesi başlıkları ile bilinen çağdaş kentleşme sorunlarının ortaya çıkışı çok eskilere dayanır. Ulaşım, ilkel araçlarla ve hayvan gücünün kullanımıyla sağlanıyor olsa da insanların yaya yürüme yorgunluğundan ve zorunluluğundan kurtarıcı bir unsur olarak hem kolaylık getirici hem de sorun yaratıcı boyutlarını hep taşımıştır. Buna ek olarak kentlerin büyümesinde konut ve işyeri binalarının ve ortak yaşamının gereği olan sosyal tesislerin yanyana gelişlerinin düzeni de kentlerde oluşturulmuştur. Düzensizliğine de kentlerde tanıklık edilmiştir. Günümüzde hidrolik altyapı adıyla soğukkanlı bir mühendislik etkinliği olarak bilinen işler de kent yaşamının belirlediği ihtiyaçlardır. Çok daha yakın çağlara gelindiğinde ısıtma ve aydınlatmanın kent ölçeğinde düzenlenmesi gereği ortaya çıkarak kentsel altyapı denen oluşum daha üst boyutlara ulaşmıştır. Kentlerin büyümesi, uygarlığı yaratan unsurların belli yerlerde daha fazla yoğunluk kazanmasına yol açmıştır. Teknolojinin gelişmesi, endüstri devriminin ortaya çıkması, kentlerdeki iş ve nüfus yoğunluğunu daha da arttırmıştır. Hızlı, bozuk, aykırı ya da çarpık gibi sıfatlarla adlandırılan kentsel büyüme konumları kendini göstermiştir. Burada sadece bina türü ya da diğer gözükür zemin üstü mühendislik yapılarının değil altyapı ile bağlantılı pek çok tesisin inşası yoluna gidilmiştir. Gidilmeye devam da edilmektedir. Ancak, kentsel yaşam yoğunluğu, ihtiyaç gereksinmelerini de hem sayıca arttırmış hem de karmaşık bir çeşitlenmeye yol açmıştır.

Tüm bunlarla birlikte günümüzde orta boy kentler dahil dünyadaki pek çok kentte kentsel altyapı sorunları yaşanır olmuştur. Ülkemiz bu olgunun gerisinde kalmak bir yana garip sığramalarla önünde bir yerlerde mevzi tutmuş ve kentsel altyapı gereksinme yoğunluğu ve düzensizliğinin tam ortasında kendine yer bulmuştur. Türk mühendislik mimarlık dünyasının günümüzde en fazla uğraştığı ve altından kalkmayı bir türlü beceremediği sorun kümelerinin başında “kentsel altyapının düzenlenmesine teknik rasyonelliğin yansıtılması” sorunu gelmektedir. Bu alanda, kentsel altyapının parçalarına bölünerek ve onların sorunlarının ayrı bireysel sorunlar olduğunu düşünerek yola çıkıldığı bilinmektedir. Ulaşım altyapısı, arazi ve arsa kullanımıyla bağlantılı imar altyapısı, kentsel yolların diğer tesislerin ve binaların aydınlatılması ve ısıtılması için gerekli enerjinin oluşturduğu altyapı, içme ve kullanım suyunun kentsel birimlere ulaştırılması, kullanılmış atık suyunun oralardan toparlanıp bir yerlere götürülmesi gibi hepsi birbirinden önemli ayrı etkinliklerin düzenlenmesi yoluna gidilmektedir. Adına kent planlanması denen kuş

bakışçı bir genel plan anlayışı içinde bu alt konu parçalarının toplu olarak ele alınmasına gayret edilmekte ve kentlerin gelecekteki gelişme biçimlerinin altyapıları ile birlikte düşünülmesine önem verilmekte olduğu bilinmektedir. Ancak, kent planlaması sadece kent planlaması düzeyinde değil genel planlama kavramıyla bağlantılı her türlü işte disiplinlerarası etkin işbirliğinin ve bunun ürünlerini kolaylaştıracak bir toplumsal kent ve kentlilik ruhu hissiyatının gelişmediği bir ülkede yaşanmakta olduğu maalesef bir gerçektir. Dolayısıyla, altyapı düzeneklerinin birbirlerinden ayrı ihtiyaç kümelerini belirlemesi çizgisinde yola çıkılmakta ve yürünmektedir. Toplu bir kentsel altyapı düzenleme akılcılığına ulaşamamaktadır.

Oysa, olay alt bölümlere ayrılmış işlerin bir sistem anlayışı içinde ele alınarak rasyonel bir optimizasyondan geçirilmesi işidir. Kentsel altyapı, aslında, sistem analizi anlayışına uygun ölçekte ele alınmaya yatkın bir etkinlikler dizisini kapsamaktadır. Ama, altyapının alt konu birimleri birbirinden ayrıldığında bütün sistem dağılmakta ve hepsi birbirinden koparak birer tarafa savrulup gitmektedir. Bu uzun zamandır esefle izlenen ve gözlenen bir olgudur. Teknik eğitim sistemimiz de bu kopukluğu giderici toplu bakışları genç mühendis ve mimarlara aktaracak biçimde düzenlenmiş değildir. Şehir plancıları ve mimarlar ağırlıklı kent planlama yaklaşımı ile hidrolik altyapı ya da enerji altyapı anlayışı ağırlıklı mühendislik yaklaşımları aslında birbirlerine çok yakından komşu ve içiçe yürüyen işlerdir. Ama, bu işlerin bir grubunun yüksek eğitiminde ve hatta yüksek lisans ve doktora düzeyindeki en yukarı düzey eğitiminde bile bu kompleks sistemler birbirinden ayrılmış, kopuk etkinlik alanları içinde eğitim konularında yer alabilmektedir. Halen altıncısı yapılmakta olan Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumları'nda ana arayışların ve gerçekçi çözümler getirebilecek beklenti düzenlemelerinin bir bütüncül sistem öğretisinin hem eğitim kurumları hem de teknik meslek temsilcisi kuruluşların planlama ve çalışma hedefleri arasında yer alması gerektiğini vurgulamaları gerektiği açıktır.

Saygılarımla,

Dr. Erhan KARAESMEN

Sempozyum Danışma Kurulu Üyesi

SUNUŞ

Kentsel altyapı, sürdürülebilir kentsel ve yaşanabilir kentsel çevreler yaratılması hedefi doğrultusunda son derece önemli bir konudur. Kentsel altyapı sistemlerinin değerlendirilmesi ve planlaması yapılırken; kent gelişimi, kent planları, kent ekonomisi, kentsel çevrenin korunması, kent sağlığı, yaşanabilirlik ve kentsel hizmet olarak nitelikli altyapı hizmetlerinin kentlilere adil biçimde ulaştırılması gibi ilkelerin yanı sıra ülkedeki nüfusun kentsel ve kırsal alandaki dağılımı, nüfus yoğunlukları, nüfusun kırsal ve kentsel hareketliliği, yerli-yabancı turizm hareketliliği gibi çok çeşitli alanlar da sürece dahil edilerek karşımıza hem teknik hem de sosyal boyutlara sahip disiplinlerarası bir alan çıkmaktadır.

Kentleşme 20. yüzyıla damgasını vuran en önemli olgulardan biridir. Bu sürecin, içinde bulunduğumuz yüzyılda daha da yoğunlaşarak devam edeceği öngörülmektedir. Dünyada yaşanan gelişmelere paralel olarak ülkemizde de kentleşme olgusu önemli bir hale gelerek, ne yazık ki ciddi bir sorun alanı olarak gündemde yerini almıştır. Plansız büyüme, doğru perspektiflere dayalı olmayan kentsel nüfus tahminleri, planlamada eşgüdüm eksikliği gibi birçok etken, kentleşmenin plansız biçimde ve pek çok sorunu da beraberinde getirerek gerçekleşmesine yol açmıştır.

Kontrolsüz, plansız kentleşme ve kentlerin mekansal ve nüfus olarak hızla büyümesi doğal olarak beraberinde teknik altyapı sorununu da gündeme getirmektedir. Büyük ölçüde düzensiz ve kaçak yapılaşmanın olduğu kentlerde altyapı planlaması ve koordinasyonundan bahsetmek mümkün değildir. Ülkemizde çoğu yerleşim biriminde %50'yi aşan oranlarda kaçak yapılaşma mevcuttur. İmar mevzuatına aykırı olarak anılan oranlarda kaçak yapılaşmanın mevcut olduğu kentlerimizde, bu kontrolsüz ve denetimsiz yapılaşmaya, hangi yasalar çerçevesinde ve ne şekilde altyapı hizmetlerinin götürülebileceği sorunu ortaya çıkmaktadır. Nüfusunun büyük bir bölümü kentsel alanlarda yaşayan ülkemizde kent sakinlerinin temel yaşamsal gereksinimlerinin yanı sıra ekonomik, sosyal ve kültürel gereksinimlerinin sağlıklı, güvenli, ekonomik ve sürdürülebilir şekilde karşılanabilmesi kentsel altyapının yeterliliği ile mümkündür. Kentsel altyapı kavramı, sağlıklı içme suyu temini ve dağıtımı, atık su ve kanalizasyon, katı atık toplama, geri dönüşüm ve arıtma, kent içi ulaşım, enerji dağıtımı, haberleşme gibi hizmetleri, bu hizmetlerin planlama ve yönetimini, ve gerekli tesis, yapı ve ağların yapım, işletim, bakım ve yenilenmesini kapsayan bir bütün olarak ele alınmaktadır.

Ülkemizde kronik olarak yaşaya geldiğimiz planlama sorunları, yerleşim ve kentleşme sorunları, yönetim sorunları, ekonomik kalkınma sorunları ve bölgesel gelir eşitsizliklerinin bir uzantısı olarak kentsel altyapı yetersizliği bütün kentsel alanlar için değişik büyüklüklerde birer sorunlar yumağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Hızlı nüfus artışının yanı sıra kırsal kesimden göçlerle daha da büyüyen kentsel altyapı sorunları kentlerde yaşam kalitesini önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir.

Bu sempozyumun temel amacı, ülkemizdeki kentsel altyapı sorunlarını kısa zamanda giderebilecek kaynaklardan yoksun olduğumuzun bilincinde olarak, sorunların doğru tesbiti, bilimsel ve akılcı planlama ve yönetim eşliğinde sistematik yaklaşımlarla ve kentsel altyapı uygulamaları ile ilgili bilimsel ve teknolojik yeniliklerin farkında olarak sorunlara etkin ve ekonomik çözümler üretilmesine, ve bu yolla kentsel alanlarda yaşam kalitesinin sürdürülebilir biçimde artırılmasına hizmet etmektir.

Kentsel altyapı sorunlarının giderilmesi, başta İnşaat Mühendisliği olmak üzere, Şehir ve Bölge Planlama, Mimarlık, Çevre Mühendisliği ve diğer mühendislik dalları ile ilgili Sosyal Bilimler uzmanlık alanlarının uyum ve eşgüdüm içinde disiplinlerarası işbirliği ile mümkündür. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası tarafından altıncısı düzenlenmekte olan Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu ile yukarıda belirtilen temel amaca yönelik olarak gerekli disiplinlerarası işbirliği ortamının sürekli ve tutarlı biçimde oluşturulması amaçlanmaktadır.

Bu çerçevede İnşaat Mühendisleri Odası, meslek alanları ile ilgili ülke gerçeklerini ortaya çıkarmayı tüm bilgi birikimini ülkenin ve halkın yararına kullanmayı temel çalışma ilkesi olarak görmektedir. Ülkemizde meslek alanımızı ilgilendiren sorunlara sahip çıkmaya ve bu sorunların çözümüne yönelik katkı sağlamaya her zaman olduğu gibi bugün de hazırdır. Kentsel altyapı sorunları ve çözüm yöntemlerinin tartışılması amacıyla düzenlenen bu sempozyumun önemli bir platform oluşturacağı görüşündeyiz. Üniversite, kamu kurumları, yerel yönetimler, özel sektör ve gönüllü kuruluşlar gibi çok çeşitli kesimlerde çalışan ilgililerin bir araya gelmelerini sağlayarak, dünyada ve ülkemizdeki kentsel alt yapı sorunlarının doğru tespit edilmesini ve etkin, ekonomik çözümler üretilmesini sağlamak, meslektaşları bir araya getirerek zaten var olan dostlukları pekiştirmek ve olası yeni dostlukların kurulmasını sağlayarak güzel bir sosyal ortam olarak da değerlendirmektedir.

Bu yıl altıncısı gerçekleşecek sempozyumun, beklenenden çok fazla olan bildiri ve katılımcıları ile kalitesinden kesinlikle ödün vermeyen yaklaşımı ve titizlikle uygulanan hakem değerlendirme sistemi ile daha da yüksek bir standardı yakalamış durumdadır.

Kent Planlama, Tasarım, Altyapı ve Yönetim, Kent İçi Ulaşım, İçme Suyu, Su Kaynakları, Havza Yönetimi, Barajlar ve Enerji, Atık Su, Arıtım ve Kanalizasyon, Katı Atık Yönetimi, Doğal Afet Zararlarının Azaltılması konu başlıklarında toplam 45 adet bildiri sözlü, 15 adet bildiri poster olarak sunulacaktır.

Bu sempozyumun gerçekleşmesinde büyük bir özveriyle çalışan Düzenleme Kurulu Başkanı Yrd. Doç. Dr. Oğuz GÜNEŞ'e, ayrıca önemli katkıları olan Antalya Büyükşehir Belediyesi'ne, Akdeniz Üniversitesi'ne, Çankaya Üniversitesi'ne, ATSO'ya, TÜBİTAK'a, Sempozyumun Danışma Kuruluna, Düzenleme Kuruluna, Bilim Kuruluna, Sponsorlarımıza, bildiri sunan meslektaşlarımıza, uzmanlara, katılımcılara, büyük bir gayretle çalışan personelimize ve emeği geçen herkese teşekkür ederiz.

İnşaat Mühendisleri Odası
Antalya Şubesi
12. Dönem Yönetim Kurulu

EDİTÖRLERDEN

SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL ALTYAPI SİSTEMLERİ HEDEFİNE YÖNELİK YAKLAŞIM VE UYGULAMA GEREKSİNİMLERİ

Oğuz GÜNEŞ*, Cem OĞUZ** ve İsmail Selçuk YILMAZ***

*Çankaya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - ogunes@cankaya.edu.tr

**Başkan, İMO Antalya Şubesi, Antalya - cemoguz@akdeniz.edu.tr

***İMO Antalya Şubesi, Antalya, - imoantalya@imo.org.tr

ÖZET

Kentsel altyapı sistemleri kentsel alanlarda insan sağlığını, güvenliği, ekonomik verimliliği, sosyal ve kültürel hayatı ve genel yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyen bir sistemler bütünüdür. Bileşenleri arasında güçlü etkileşim ve bağımlılık ilişkileri içeren bu sistemler bütününden optimum performans elde edilebilmesi planlama, tasarım, uygulama, yönetim, bakım, iyileştirme, yenileme ve geri dönüşüm aşamalarında bir çok disiplin ve uzmanlık alanı arasında işbirliği içeren bir sistem yaklaşımını gerektirir. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği'ne (TMMOB) bağlı İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) Antalya Şubesi tarafından 14-15 Ekim 2011 tarihinde Antalya'da düzenlenen 6. Kentsel Altyapı Sempozyumu ile hedeflenen en güçlü tematik vurgu, sürdürülebilir kentsel altyapı sistemleri hedefi doğrultusunda, bilimsel çerçevede ve sistem yaklaşımıyla, disiplinlerarası işbirliği ortamının kalıcı biçimde oluşturulması gerekliliğidir. Kentsel altyapı sistemleri konularında edinilen ve geliştirilen yeni bilgilerin uluslararası platformlarda paylaşımı ve kentsel altyapı sistemleri mühendisliği ve yönetimi üzerine uzmanlık eğitimi konuları ise yakın gelecekte önem kazanacağı düşünülen ve umulan orta vadeli hedefler arasındadır. 6. Kentsel Altyapı Sempozyumu'nda 7 ana başlık altında sunulan 54 bildiriyi kapsayan sempozyum bildirisi kitabının yukarıda belirtilen hedeflere ulaşma yolunda katkı sağlaması editörlerin ve sempozyuma destek veren kişi ve kurumların ortak dileğidir.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilir kentsel altyapı sistemleri, sistem yaklaşımı, eğitim

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler kaynaklarına göre geride bıraktığımız 2008 yılı insanlık tarihinde ilk defa olarak dünya nüfusunun yarısından fazlasının kentsel alanlarda yaşadığı dönemin başlangıç noktası olmuştur [1]. 1750-1950 yılları arasında Avrupa ve Kuzey Amerika'da yaşanan endüstriyel devrim kaynaklı ilk kentsel nüfusa geçiş dalgasından çok daha büyük ölçekli ikinci bir dalganın önümüzdeki kısa bir zaman diliminde özellikle gelişmekte olan ülkelerde meydana gelmesi ve bunun sonucu olarak da bugün Dünya üzerinde 3.3 milyarı aşan kentsel nüfusun 2030 yılına kadar 5 milyara yaklaşması beklenmektedir. Küresel boyutta etkilere yol

açacak bu hızlı kentsel nüfus artışının doğrudan sonucu olarak özellikle gelişmekte olan ülkelerde kentsel altyapı sistemlerine duyulan gereksinim ve sürdürülebilir kentsel altyapı sistemleri kavramının önemi her geçen gün artmaktadır.

Dünyada gözlenen kentsel nüfus artış eğilimi gelişmekte olan ülkemize de aynı oranda yansımaktadır. 2000 yılı genel nüfus sayımı sonuçlarına göre ülkemiz nüfusunun, farklı ölçütlere göre, %65 ila %80'inin kentsel alanlarda yaşadığı görülmektedir [2]. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayımlanan daha güncel kaynaklara göre 2010 yılı sonu itibarıyla yaklaşık 73.723.000 olan Türkiye nüfusunun %76,3'ü kentsel alanlarda (il ve ilçe merkezlerinde) yaşamaktadır [3]. 1990-2000 döneminde şehirlerdeki nüfus artış hızı binde 26.8 iken köylerde bu oranın binde 4.2'de kalması [2] kentsel nüfus artış hızının geleceğe yönelik güçlü bir göstergesidir. Bu durum, halihazırda plansız ve yetersiz kentsel altyapı sistemlerinin getirdiği sorunlarla boğuşan ve kaynakların yetersizliği nedeniyle altyapı yatırımlarını gereken düzeyde yapamayan kentsel yönetimler üzerindeki baskıların daha da artacağı anlamına gelmektedir.

2. PLANLI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL ALTYAPI SİSTEMLERİNİN GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELER İÇİN ÖNEMİ

Planlı ve sürdürülebilir kentsel altyapı sistemlerinin oluşturulması, ilgili alanlardaki bilgi ve deneyimler ışığında yapılan ileri araştırma ve geliştirme çalışmalarının disiplinlerarası bir işbirliği ortamı içerisinde biraraya getirilerek bir ortak akıl geliştirilmesi ve bu ortak akıldan üretilecek yeni bilgilerin sistemden optimum performans elde etmeyi sağlayacak teknoloji ve uygulamalara dönüştürülmesini içermektedir. Büyük ölçekli bilimsel çaba ve maddi kaynak gerektiren bu araştırma ve geliştirme çalışmalarıyla ilgili olarak az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin tipik alışkanlığı benzer sorunları daha ağır olarak yaşayan gelişmiş ülkelerin bu çalışmaları yapmasını beklemek ve sonuçta geliştirilen başarısı kanıtlanmış teknolojiyi satın almaktır. Ancak bir önceki bölümde belirtildiği üzere günümüzden başlayarak önümüzdeki dönemde gerçekleşecek olan ikinci kentsel nüfusa geçiş dalgası gelişmekte olan ülkelerde yoğunlaşacak bir nüfus hareketidir. Dolayısıyla, sürdürülebilir kentsel altyapı sistemleri konusunda gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkelerin sorunları ve önceliklerinin karakteri farklıdır. Konuyu daha iyi aydınlatmak üzere Şekil 1'de dünyanın önemli metropollerinin nüfuslarının son yüzyıl içindeki değişimi karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir [4]. Şekilde görüldüğü gibi gelişmiş ülkelerin büyük şehirlerindeki nüfus genelde yavaş artan veya durağan, hatta zaman zaman azalan bir seyir izlerken, gelişmekte olan ülkelerin büyük şehirlerinde hızlı bir nüfus artışı yaşanmaktadır. Dolayısıyla Londra ile İstanbul'un veya New York ile Şanghay'ın kentsel altyapı sorunları ve öncelikleri farklıdır. Londra ve New York kaynaklarını daha çok mevcut kentsel altyapı sistemlerinin servis ömrünü uzatmak, iyileştirmek ve ekonomik olarak yenilemek için kullanırken, İstanbul ve Şanghay bir yandan mevcut altyapı sorunlarıyla uğraşırken diğer yandan hızla artan nüfusları için yeni kentsel altyapı sistemlerini en kısa zamanda oluşturmak zorundadır. Dolayısıyla planlı ve sürdürülebilir kentsel altyapılar konusunda daha büyük ölçekli ve daha acil gereksinimleri bulunan gelişmekte olan ülkelerin bu konuda özgün adımlar atması gerekmektedir.

Antalya gibi hızlı gelişen şehirlerin kentsel altyapı sistemleri konusunda içinde bulunduğu zorlukları gösterebilmek amacıyla Şekil 1'de gösterilen metropollere ek olarak aynı zaman diliminde Antalya ilinin nüfus değişimi aynı şekil üzerinde farklı bir ölçekte gösterilmiştir. Diğer büyük şehirlere oranla çok daha küçük bir nüfusa sahip olmasına rağmen, şekilde gösterilen şehirler arasında Antalya en hızlı oransal nüfus artışına sahiptir. Bu duruma metropollerin nüfuslarıyla doğru orantılı olmayan kaynak avantajları da eklendiğinde Antalya ilinin kentsel altyapı sistemleri konusunda Şekil 1'de gösterilen şehirler arasında en dezavantajlı konumda olduğunu söylemek mümkündür.



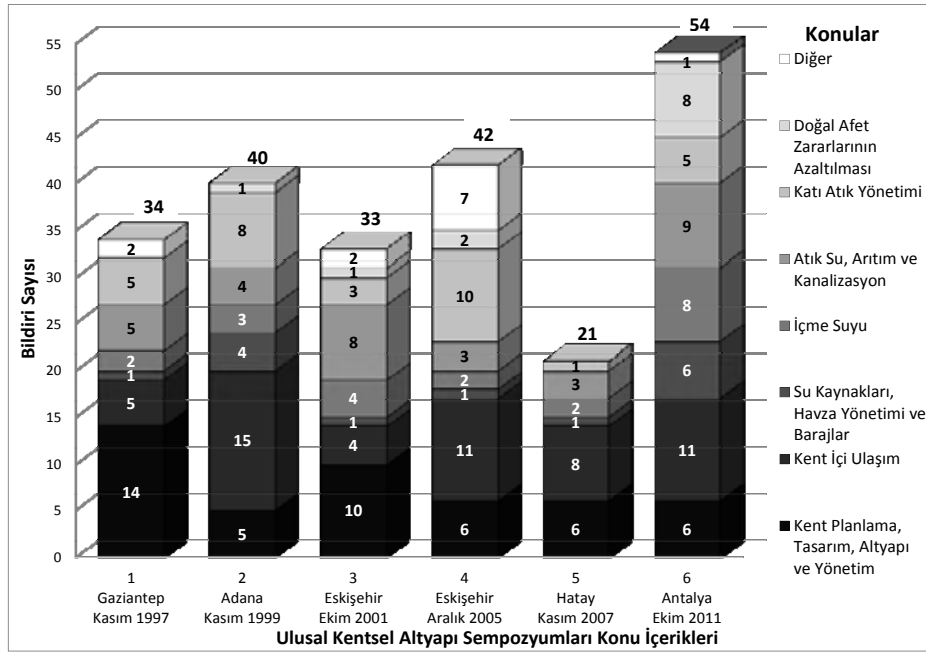
Şekil 1. Dünyanın bazı büyük şehirlerindeki nüfus değişimi ve Antalya örneği
([4] numaralı kaynaktan uyarlanmıştır)

3. TÜRKİYE'DE SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL ALTYAPI SİSTEMLERİ HEDEFİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Planlı, sağlıklı ve sürdürülebilir kentsel altyapı sistemlerinin oluşturulması konusunda Türkiye'nin başarılı bir ülke örneği teşkil ettiğini söylemek oldukça güçtür. Ülkemizde kronik olarak yaşayageldiğimiz planlama sorunları, yerleşim ve kentleşme sorunları, yönetim sorunları, ekonomik kalkınma sorunları ve bölgesel gelir eşitsizliklerinin bir uzantısı olarak kentsel altyapı yetersizliği bütün kentsel alanlar için değişik büyüklüklerde birer sorunlar yumağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Hızlı nüfus artışının yanısıra kırsal kesimden göçlerle daha da büyüyen kentsel altyapı sorunları kentlerde yaşam kalitesini önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzlukları gidermek amacıyla yapılan belli başlı bazı çalışmalar aşağıdaki bölümlerde kısaca özetlenmiştir.

3.1 Kentsel Altyapı Sempozyumları

İMO tarafından 1997 yılından bu yana düzenlenen ve 2011 yılı itibarıyla altıncısı Antalya'da gerçekleşen Kentsel Altyapı Sempozyumları gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde kentsel altyapı sistemlerine yoğunlaşan ve düzenli olarak yapılan konferansların ender bir örneğidir. İlgili disiplinlerde uzmanlaşmış akademisyen, uzman ve uygulamacıları biraraya getirerek bilgi ve deneyimlerin paylaşıldığı bir ortam sunan bu ulusal konferans serisi geleceğe yönelik olarak kentsel altyapı sorunlarının giderilmesi ve sürdürülebilir kentsel altyapı sistemlerinin oluşturulması konusunda umut veren bilimsel bir organizasyondur. 1997 yılından bu yana düzenlenen altı sempozyumun bildiri kitaplarında yer alan makale sayıları ve konulara göre dağılımları Şekil 2'de özetlenmiştir. Sempozyumun düzenlendiği tarih veya şehir itibarıyla işlenen konulardan bazılarının öne çıktığı görülen kentsel altyapı sempozyumlarında sunulan bildiriler İMO e-kütüphanesinden (<http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/>) ücretsiz olarak edinilebilmekte ve literatürde bu bildiriye yapılan atıflar Google Akademik veritabanında görülmektedir. Kentsel altyapı sorunlarında ve sürdürülebilir kentsel altyapı sistemlerine olan gereksinimdeki artışa paralel olarak kentsel altyapı sempozyumlarının başarı ve etki değerinin artış göstereceği ve ulusal platformda bu sempozyumun kentsel altyapı konularında bilgi alışverişinin en etkin ve verimli şekilde sağlandığı ortam olma özelliğini pekiştireceği düşünülmektedir.



Şekil 2. Kentsel altyapı sempozyumları bildiri kitaplarında yayımlanan makale sayıları ve konulara göre dağılımları

3.2 KENTGES Süreci

Kısa adı Kent Geliştirme Stratejisi (KENTGES) olan “Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı” süreci T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yönetiminde sürdürülebilir kentleşme ekseninde yürütülen kapsamlı bir inisiyatifdir. Temel amacı, yerleşmelerin yaşanabilirlik düzeyinin, mekân ve yaşam kalitesinin yükseltilmesi ile ekonomik, sosyal ve kültürel yapılarının güçlendirilmesine yönelik yol haritasının oluşturulması [5] olarak ifade edilen KENTGES, esas itibarıyla kentleşme ve imar konularında merkezi ve yerel idareler için bir yol haritası teşkil etmekte, ulaşım, altyapı, konut ve arsa sunumu, afetlere hazırlık, koruma, iklim değişikliği, yaşam kalitesi, sosyal politikalar ve katılım konularında merkezi ve yerel düzeyde yapılacak iş ve işlemleri belirlemektedir. İki ana aşamadan oluşan KENTGES projesinin birinci aşamasında bir Kentleşme Şurası yapılmış, ikinci aşamada ise bir strateji ve eylem planı oluşturulmuştur [5]. Kentleşme şurası kapsamında aşağıdaki başlıklar altında 10 komisyon kurulmuştur:

1. Mekânsal Planlama Sistemi ve Kurumsal Yapılanma
2. Kentsel Teknik Altyapı ve Ulaşım
3. Kentsel Dönüşüm, Konut ve Arsa Politikaları
4. Afetlere Hazırlık ve Kentsel Risk Yönetimi
5. Kentsel Miras, Mekân Kalitesi ve Kentsel Tasarım
6. İklim Değişikliği, Doğal Kaynaklar, Ekolojik Denge, Enerji Verimliliği ve Kentleşme
7. Kentsel Yoksulluk, Göç ve Sosyal Politikalar
8. Bölgesel Eşitsizlik, Yerel Kalkınma ve Rekabet Edebilir Bölgeler/Kentler
9. Kentlilik Bilinci, Kültür ve Eğitim
10. Yerel Yönetimler, Katılımcılık ve Kentsel Yönetim

Komisyon raporları [6] dikkate alınarak oluşturulan “KENTGES Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (2010-2023)” [5] 2010 Ekim ayında Yüksek Planlama Kurulu tarafından kabul edilmiş ve 2010 Kasım ayında Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 19 hedef, 42 strateji ve 100 eylemden oluşan bu plan ilgili bakanlıkların üst düzey

temsilcilerinden oluşan İzleme ve Yönlendirme Kurulu tarafından yürütülmekte ve izlenmekte, kurulun sekreteryası Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülmektedir (<http://www.kentges.gov.tr>).

Henüz başlangıç aşamasında sayılacak KENTGES süreci sürdürülebilir kentsel altyapı sistemleri ile ilgili teknik konulardan çok çerçeve politikaları belirlemekte ve yetki ve sorumlulukları düzenlemektedir. 151 kurum ve 500 uzmanın katkı yaptığı KENTGES süreci konusunda henüz yeterli kapsam ve derinlikte eleştirel değerlendirme bulunmamaktadır.

4. DİSİPLİNLERARASI İŞBİRLİĞİ VE BİLGİ PAYLAŞIMI GEREKSİNİMİ

Kentsel altyapı sistemleri herhangi bir disipline mensup bir akademisyen veya uygulamacının rahatlıkla uzmanlık iddia edemeyeceği kadar kapsamlı ve karmaşık bir sistemler bütünüdür. Kentsel altyapı sistemlerinin bileşenlerini olarak niteleyebileceğimiz konularda (örn. kent içi ulaşım, içme suyu şebekeleri vb.) yoğun araştırma ve yayın etkinlikleri olması durumunda dahi bu konuların kentsel altyapı sistemleri kapsamında sunulması ve yayımlanması sık karşılaşılan bir durum değildir. Örneğin Bilimsel Atıflar İndeksi (SCI) kapsamında altyapı anlamında kullanılan “infrastructure” anahtar kelimesi kullanılarak tarama yapıldığında (altyapı kelimesinin her alanda sıkça kullanılması nedeniyle) dünya çapında yaklaşık 29.000 makale tespit edilmektedir. Anahtar kelimeye kentsel anlamında “urban” kelimesi eklendiğinde bulunan makale sayısı 1.555’e düşmektedir. Anahtar kelimelere sistemler anlamına gelen “systems” kelimesi eklendiğinde bulunan makale sayısı 740’a inmektedir. Son olarak anahtar kelimelere mühendislik anlamında “engineering” kelimesi eklendiğinde dünya çapında bulunan makale sayısı 77’ye düşmektedir. Bu anahtar kelimeleri kullanıp makalenin Türkiye’den yayımlanmış olma şartını eklediğimizde makale bulunamamaktadır.

Çarpıcı bir diğer örnek olarak, 151 kurumdan 500 uzmanın katkı verdiği, 10 komisyonun toplamda 1324 sayfa rapor yazdığı, onlarca toplantının yapıldığı ve sonuçta 19 hedef, 42 strateji ve 100 eylemi içeren bir planın resmi olarak yürürlüğe girdiği KENTGES projesinin ismini kullanarak SCI indeksinde yapılan bir tarama sonucunda tek bir kayıt bulunamamaktadır. Yani bugüne değin başlığında, anahtar kelimelerinde ve özetinde KENTGES kelimesi kullanılan bir makale SCI indeksine dahil bir dergi veya konferans bildiri kitabında yayımlanmamıştır.

Yukarıdaki örneklerden anlaşılacağı üzere ülkemizde ve dünyada kentsel altyapı sistemleri kavramından yola çıkan araştırma ve yayın etkinlikler son derece sınırlıdır. Şüphesiz bu durum kentsel altyapı sistemlerinin alt başlıklarında yapılan araştırma ve yayınlarının faydasız olduğu anlamına gelmemektedir. Fakat önceki bölümlerde bahsedilen disiplinlerarası işbirliği ortamının oluşturulması ve ortak aklın geliştirilebilmesi için, ayrı disiplinlerde çeşitli alt başlıklarda yapılan araştırma ve bulguların kentsel altyapı sistemlerinin bütünü ile ilişkilendiril ve potansiyel katkısına vurgu yapılması gerekmektedir. Bu sayede ayrı disiplinlerde çalışan araştırmacıların ortak noktalarda buluşması ve birbirini tamamlayan araştırma işbirlikleri gerçekleştirmeleri kolaylaşacaktır.

5. KENTSEL ALTYAPI SİSTEMLERİ UZMANLIK EĞİTİMİ

Kentsel altyapı sistemlerinin bütününe kapsayan bir uzmanlık eğitimi vermek pratikte mümkün değildir. Ancak ilgili mühendislik dallarında (veya diğer alanlarda) lisans eğitimi almış ve kentsel altyapı konularına ilgi duyan veya bu alanda çalışan adaylara yönelik disiplinlerarası bir yüksek lisans programı oluşturularak sistem yaklaşımıyla bazı temel

konuların öğretilmesi orta vadede büyük faydalar sağlayacak bir gereklilik olarak görülmektedir. Sürdürülebilir kentsel altyapı kavram ve uygulamalarını teorik bilgisi sağlam akademisyenlerden veya geniş tecrübeye sahip uzman veya uygulamacılardan öğrenen kentsel altyapı sistemleri mühendisleri/yöneticileri sektörün bilgili ve yetişmiş eleman ihtiyacına daha çabuk cevap verebilecek ve sürdürülebilir kentsel altyapı sistemlerinin oluşturulmasına aktif katkıda bulunabileceklerdir.

Ülkemizde ve dünyada sınırlı sayıda da olsa bazı yüksek öğretim kurumları kentsel altyapı sistemleri mühendisliği yüksek lisans programları oluşturmuş durumdadır. Ülkemizde Bahçeşehir Üniversitesi'nde açılan Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi yüksek lisans programı her ne kadar ulaştırma ağırlıklı olsa da bu doğrultuda bir çabanın ürünüdür. Kuzey Amerika'da sınırlı sayıda açılan benzer programlardan Minnesota Üniversitesi Teknolojik Liderlik Enstitüsü kapsamında Altyapı Sistemleri Mühendisliği (Infrastructure Systems Engineering) yüksek lisans programı ve New York Üniversitesi Politeknik Enstitüsü (NYU-Poly) kapsamında Kentsel Sistemler Mühendisliği ve Yönetimi (Urban Systems Engineering and Management) yüksek lisans programı ders içerikleri ve branşlaşma olanaklarıyla daha doyurucu programlara örnek olarak verilebilir.

6. SONUÇ

Bu kısa makalede 6. Kentsel Altyapı Sempozyumu bildiri kitabı editörlerinin sürdürülebilir kentsel altyapı sistemleri hedefine yönelik olarak bilimsel çerçeve, disiplinlerarası işbirliği, sistem yaklaşımı, bilgi paylaşımı ve eğitim konularındaki perspektifleri sunulmuştur. Kentsel altyapı sistemleri ile ilgili değişik konularda doyurucu katkılar içeren sempozyum bildiri kitabının belirtilen hedeflere ulaşma konusunda yönelik katkı sağlaması editörlerin ve emeği geçen kişi ve kurumların ortak dileğidir.

KAYNAKLAR

- [1] UNFPA (2007), UNFPA State of World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth, United Nations Population Fund, http://www.unfpa.org/swp/2007/presskit/pdf/sowp2007_eng.pdf.
- [2] DPT (2007), DPT Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Yerleşme-Şehirleşme Özel İhtisas Komisyon Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, Yayın No: DPT-2708-ÖİK 661.
- [3] TÜİK (2011), T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni, Sayı 19, 28 Ocak 2011, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=8428>.
- [4] Burdett, R. (Ed.) (2009), İstanbul: Kesişimler Şehri, Urban Age Istanbul Conference, 4-6 Nov. 2009, Istanbul, Urban Age Programme, London School of Economics and Political Science, London, U.K. http://www.urbanage.net/publications/newspapers/istanbul/media/UrbanAgeIstanbulNewspaper_tr.pdf.
- [5] T.C. Ç.Ş.B. (2010), KENTGES Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (2010-2023), http://www.kentges.gov.tr/_dosyalar/kentges_tr.pdf.
- [6] T.C. B.İ.B. (2009), Kentleşme Şurası 2009 Komisyon Raporları, http://www.kentges.gov.tr/_dosyalar/sura_raporlari/komisyon_raporlari.pdf.

BİLDİRİLER

BÖLÜM 1

KENT PLANLAMA, TASARIM, ALTYAPI VE YÖNETİM

KENTGES KAPSAMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL ULAŞIM VE ALTYAPI

Seda NAL* ve Musa ÖZALP**

*Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekansal Planlama Gn. Md.,
Kentsel ve Mekansal Stratejiler D. Bşk., Ankara – sedan@cevresehircilik.gov.tr

** Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekansal Planlama Gn. Md.,
İmar Planlama D. Bşk., Ankara – musao@cevresehircilik.gov.tr

ÖZET

Cumhuriyetimizin kuruluşunun 100'üncü yılı olan 2023 yılını hedef alan ve ilk aşaması Kentleşme Şurası çalışmaları ile tamamlanan, ikinci aşamasında strateji belgesi hazırlanarak sonuçlandırılan “Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı KENTGES (2010–2023)” ülkemizin kentleşme ve imar vizyonudur. Şura Komisyonlarından biri “Kentsel Teknik Altyapı ve Ulaşım” Komisyonu olup; KENTGES Belgesi bu Komisyon bulgularına dayanarak Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım ve Altyapı alanında hedef, strateji ve eylemler belirlemiştir. Bu belgenin başta yerel idareler olmak üzere merkezi kurumlar tarafından benimsenmesi ve uygulanmasının ilgili tüm kurum ve kuruluşların “ortak uygulama sorumluluğunda” olduğunun bilincine varılması sürdürülebilir kentlere ulaşmak için önemlidir. Bu bildiride, öncelikle Kentleşme Şurası ve KENTGES Belgesi'nin elde edilme süreci tanımlanacak, Kentsel Teknik Altyapı ve Ulaşım Komisyon'unun çalışmaları derlenecek ve KENTGES'in bu alanda getirdiği hedef, strateji ve eylemlerin içeriği tartışılacaktır.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilir kentsel ulaşım, sürdürülebilir kentsel altyapı, KENTGES

1. KENTGES NEDİR?

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda ilk aşaması Kentleşme Şurası (4-5 Mayıs 2009) Komisyon Çalışmaları ile tamamlanan, ikinci aşamasında strateji belgesi hazırlanarak sonuçlandırılan “Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı KENTGES (2010–2023)” ülkemizde planlama, yerleşme ve yapılaşmaya ilişkin olarak; kentleşme ve imar konularında yapılacak işleri bütünleşik olarak ele alan ve ulusal düzeyde referans çerçeve belgesi niteliği taşıyan ilk strateji belgesidir. KENTGES belgesinin temel stratejileri üç ana eksende gruplandırılmıştır: 1.Mekânsal planlama sistemi, 2.Yerleşmelerin mekân ve yaşam kalitesi, 3.Ekonomik ve toplumsal tedbirler. KENTGES

özellikle mekânsal planlama, ulaşım ve altyapı, konut, dönüşüm, afetlere hazırlık, doğal ve kültürel varlıkların korunması, iklim değişikliği, enerji verimliliği ve yenilenebilir kaynaklar, yerleşmeler ve çevrebilim, göç ve sosyal politikalar, ekonomik yapının güçlendirilmesi ve katılım konularında sorunlar ve fırsatları belirleyerek, ülkemizdeki merkezi ve yerel otoriteler için uygulanabilir ve birbiri ile tutarlı hedef, strateji ve eylemleri içermektedir [4].

2. KENTGES SÜRECİ VE HAZIRLANMA YÖNTEMİ

KENTGES 2 yıllık bir sürede çok paydaşlı ve çok sektörlü olarak “katılımcı” bir süreçle elde edilmiştir. Toplamda akademik kurumlar, iş dünyası ve meslek örgütleri, özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve yerel yönetimler olmak üzere 151 kurum ve kuruluştan yaklaşık 500 uzmanın katıldığı bir ortak akıl arama süreci sonunda kapsamlı ve öz bir strateji belgesi elde edilmiştir. KENTGES’in amacı; dengeli kentleşme ve yaşanabilir şehirler için ilke ve stratejiler geliştirmektir. Nihai hedefi; yerleşmelerin ve şehirlerin yaşanabilirlik düzeylerinin yükseltilmesidir.

Kentleşme Şurasının çalışmaları Mayıs 2008’de başlamış olup; 4–7 Mayıs 2009 tarihlerinde bir Genel Kurul ile sonuçlandırılmıştır. Şura çalışmaları 10 komisyonda yürütülmüştür:

1. Mekânsal Planlama Sistemi ve Kurumsal Yapılanma
2. Kentsel Teknik Altyapı ve Ulaşım
3. Kentsel Dönüşüm, Konut ve Arsa Politikaları
4. Afetlere Hazırlık ve Kentsel Risk Yönetimi
5. Kentsel Miras, Mekân Kalitesi ve Kentsel Tasarım
6. İklim Değişikliği, Doğal Kaynaklar, Ekolojik Denge, Enerji Verimliliği ve Kentleşme
7. Kentsel Yoksulluk, Göç ve Sosyal Politikalar
8. Bölgesel Eşitsizlik, Yerel Kalkınma ve Rekabet Edebilir Bölgeler/Kentler
9. Kentlilik Bilinci, Kültür ve Eğitim
10. Yerel Yönetimler, Katılımcılık ve Kentsel Yönetim

Kentleşme Şurası 2 no.lu Komisyonu olan “Kentsel Teknik Altyapı ve Ulaşım Komisyonu”nun amacı, sürdürülebilir kentleşme hedefi doğrultusunda teknik altyapı ve ulaşım sistemlerine ilişkin çağdaş planlama ilkelerini ortaya koymak için ülkemiz kentlerindeki mevcut durumu değerlendirmek ve öncelikli sorunları saptayarak, bu sorunların çözümüne yönelik strateji ve eylemler geliştirmektir. Komisyon, kentsel teknik altyapı ve ulaşım ile ilişkin geliştirdiği sorun, strateji ve eylemleri 5 ana alanda gruplamıştır:

- Kentsel teknik altyapı ve kentsel ulaşım ile ilişkin planlama ilke ve politikaları,
- Kurumlaşma, karar verme süreçleri ve yasal yapı,
- Finansman,
- İşletme,
- Bilinç düzeyi.

Kentleşme Şurası sonrası belirlenen 437 sorun alanı, 701 strateji ve 1200 adet eylem birleştirilerek nihai belge olan KENTGES’de 100 eyleme indirilmiştir. KENTGES kapsamında yer alan 19 hedef ve 42 strateji kapsamındaki 100 ayrı eylemin gerçekleştirilmesinden sorumlu kurum sayısı 16’dır. Gerek merkezi gerekse yerel

yönetimlerin sorumluluğunda olan farklı strateji ve eylemler bulunmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 41 eylemle ilk sırada yer alırken, yerel yönetimler 28 eylemle ikinci sıradadır. Diğer taraftan, bahse konu 100 ayrı eylemden 11 eylem ulaşım, 7 eylem ise kentsel altyapı ile ilgilidir [4].

Öte yandan, bilindiği üzere KENTGES Belgesi'nde mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın sorumlu olduğu eylemler 4 Temmuz 2011 Çarşamba günü 27984 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 644 sayılı Kanun Hükmünde Kararnameyle kurulan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na geçmiştir. Ayrıca; belgede bulunan başka sorumlu kurumlar ile eylemlerinde de değişiklik söz konusu olup; bu doğrultuda KENTGES Belgesi revize edilecektir.

3. KENTLEŞME ŞURASI ÇALIŞMALARINDA KENTSEL ULAŞIM

3.1. Kentsel Ulaşım Planlaması İlke ve Politikaları

Sürdürülebilir bir kentsel ulaşım sistemi elde etmek için temelde uygulanması gereken stratejileri 4 başlık altında toplanabilir. Arazi kullanım planlaması ve ulaşım politikasının entegrasyonunun sağlanması, özel otomobili temel alan politikaların önlenmesi, toplu taşıma politikalarının teşviki, bisiklet ve yaya ulaşımının desteklenmesi.

Arazi Kullanım Planlaması ve Ulaşım Politikasının Entegrasyonu: Her kent veya kentsel bölge, belirli bir kentsel form içinde çeşitli arazi kullanım türlerinin mekânsal dağılımından oluşur. Bu kentsel formlar, farklı ulaşım türlerinden oluşan ulaşım bağlantıları veya ağlarıyla şekillenir. Kentsel ulaşım ise kentteki farklı arazi kullanım türleri arasındaki etkileşimin sonucudur.

Kentsel ulaşım ve arazi kullanım arasında “çift yönlü” bir etkileşim vardır. Kentsel ulaşım olanakları kentsel aktivitelerin yer seçiminde ve kent formunun oluşumunda etkin bir faktördür. Örneğin, artan motorlu araç trafiğinin daha kesintisiz akabilmesini sağlamak için yapılan yollar, köprüler, köprülül kavşaklar başlangıçta motorlu araç trafiğinin hızını biraz arttırsa da, bu politika otomobil kullanımını arttıracığından, kısa bir süre sonra durum eskisinden daha kötü hale gelecektir. Yine plansız bir şekilde yeni yol güzergâhları açıldığında, bu yaklaşım insanları yürüme seçeneğinden veya bisiklet kullanımından caydırarak araç kullanımına yönlendirmekte olup, kentliler daha temiz ve daha az gürültülü olan kentin çeperlerine ya da şehir dışına (banliyö) yerleşme eğilimine girecek, *kentsel yayılma* (urban sprawl) artacak ve kentleşme, kent çevresindeki tarım arazileri, ormanlık alanlar gibi doğal eşikleri tehdit edecektir. Bu çerçevede, ulaşım planlarının arazi kullanım planları ile **eş zamanlı** olarak hazırlanması ya da ulaşım planlaması çalışmalarında kentin geçerli arazi kullanım plan kararlarına göre planlama yapılması, hem arazi kullanım planlarının hem de ulaşım planlarının başarıya ulaşması açısından büyük önem taşımaktadır [3][2][5].

Ulaşım planları ile kent planlarının örtüşmemesi, kent planları üzerinde yapılan noktasal plan tadilatları ile getirilen arazi kullanım değişiklikleriyle plan bütününde sağlanan konut-istihdam dengesini bozulması ve kent yoğunluğun artırılması ulaşım sistemi bütününde önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu şekilde plan değişiklikleriyle oluşturulan yeni konut alanları, iş ve eğlence merkezleri, alışveriş merkezleri, bulundukları bölgedeki kentsel teknik altyapı ile ulaşım altyapısını da olumsuz etkilemekte, trafik sıkışıklığı ve

kazalara yol açmaktadır. Bu tür plan değişikliklerine göre artan trafikten kaynaklanan sorunların çözümü için yapılan yeni yol ve kavşak yatırımları gerek ulaşım altyapısının gerekse kentlerin mekânsal gelişmesinin kontrolsüz ve plansız olarak gerçekleşmesine neden olmaktadır [7][8].

Özel Otomobili Temel Alan Politikaların Önlenmesi: Kentsel alanlarda temel hedef taşıt araçlarının değil insanların hareket özgürlüğünü sağlayarak kentsel fonksiyonlara kolay erişmelerini sağlamak olmalıdır. Öte yandan, günümüzde çoğu zaman otomobil kullanımını teşvik eden ulaşım ve planlama stratejileri izlenmektedir. Newman ve Kenworthy (2000) yaptıkları bir çalışma ile otomobile bağımlı kentlerin sürdürülebilir olamayacağını vurgulamış; araba bağımlılığının yarattığı ve sürdürülebilir ulaşım için hayati öneme sahip çevresel, ekonomik ve toplumsal sorunları yüksek miktarda sera gazı emisyonları, trafikten kaynaklanan problemler (kazalar, gürültü), kentin düzensiz yayılması/saçaklanması, petrol bağımlılığı, yaşama alanlarındaki can güvenliğinin azalması, vb. olarak tanımlamışlardır. Bu nedenlerle, sürdürülebilir bir ulaşım sistemi için özel otomobil kullanımını caydırıcı politikalar benimsenmeli, çevre dostu olan yeşil ulaşım modları (Toplu taşıma, bisiklet, yürüme) teşvik edilmelidir [1][6].

Toplu Taşıma Politikaları: Kentlerde çevreye daha az zarar veren, verimli sosyal ve ekonomik gelişmeyi sağlayan sürdürülebilir kentsel gelişme ve daha sürdürülebilir ulaşım sistemleri için hızlı, konforlu, güvenli, erişilebilir ve toplumun her kesimi tarafından maliyeti karşılanabilir toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi ve bu sistemlerin kullanımının özendirilmesi başlıca ulaşım planlama hedefleri arasında yer almalıdır. Öte yandan ülkemizde metropoliten kentlerimizde deniz ve nehir ulaşımı potansiyeli olan kentlerimizde bu türlerin yeterince geliştirilemediği; demiryolu altyapısının sunduğu olanakların ise farkında olunmadığı, banliyö hizmetinin yanı sıra bölgesel metro standardında hizmet verilmesine olanak sağlayacak bu altyapılardan yeterince yararlanılmadığı görülmektedir [1][5].

Bisiklet ve Yaya Ulaşımının Teşviki: Yeşil modlar olarak da bilinen motorsuz ulaşım modları olan yürüme ve bisiklet ulaşımı en ekonomik ve çevre-dostu türler olarak çeşitli planlama ve tasarım stratejileri ile teşvik edilmelidir. Yaya ve bisiklet ulaşımı tüm dünyada ulaşım politika belgelerinde sürdürülebilir ulaşım hedefi açısından başlıca ulaşım türü olarak tanımlanmasına rağmen ülkemizde kent planlarında, ulaşım plan, politika ve yatırımlarında yeterince dikkate alınmayan bir konu olmuştur. Öte yandan, geliştirilen tüm kentsel düzenlemelerde ve ulaşım sisteminde herkes için erişilebilir (bebekler, çocuklar, çocuklular, hamileler, yaşlılar) bir yaklaşımın benimsenmesi büyük önem taşımaktadır [1][5].

3.2. Kentsel Ulaşım Planlamasında Kurumsallaşma, Karar Süreçleri ve Yasal Yapı

Kurumsallaşma

Kentsel ulaşımındaki sorunların çözülmemesinin temel nedenlerinin başında kentsel ulaşım konusunda ulusal düzeyde öncelik, hedef ve politikaları belirleyecek, merkezi ve yerel kurumlar arasında eşgüdüm sağlayacak, merkezi düzeyde kaynak dağıtımını yapacak, yerel projeleri yönlendirecek ulusal düzeyde kentsel ulaşımından sorumlu bir kurumun bulunmamasıdır. Öte yandan, kentler arasındaki kurumsal yapı ve kapasitelerde farklılıklar olup; kentlerin çoğunda ulaşım konusundaki yapılanma, planlama bilinci, personel sayısı ve niteliği, kullanılan teknoloji ve yöntemler, yazılım ve donanım konusunda büyük

eksiklik ve yetersizlikler bulunmaktadır. Ayrıca, merkezi ve yerel yönetimlerin yanı sıra kentlerde ulaşımın diğer iki unsuru olan özel işleticilerin ve kullanıcıların kurumsallaşma düzeyleri de yetersizdir [1].

Karar süreçleri

Ulusal düzeyde net bir şekilde konulmuş politika ve stratejilerin eksikliği, yerel düzeyde yanlış ve çelişkili uygulamalara ve projelere yol açmaktadır. Ulaşım kaynaklı sorunların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılması gereken bilimsel araştırma çalışmaları için yeterli nicelik ve nitelikte verileri de mevcut değildir. Bir başka sorun ise, ulaşım ile ilişkili kararların bir ana plana ve tutarlı bir ulaşım politikasına göre değil, karar-vericilere göre, proje bazında ve acele olarak alınıp uygulamaya geçilmesidir. Aslında bu konu çok parçalı yönetim yapısı veya birden fazla otoritenin yetki sahibi olmasından da kaynaklanmaktadır [1].

Yasal yapı

Günümüzde kentsel ulaşım konusundaki yasal çerçeve günümüzde 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu, 5393 sayılı Belediye Kanunu, 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu, Taşıt Kanunu, Esnaf ve Küçük Sanatkarlar Kanunu, Harcırah Kanunu gibi çeşitli yasalar ve Bakanlar Kurulu Kararları ile çok sayıda yönetmelik ile belirlenmektedir. Bu yapı, ulaşım planlamasında kavram karmaşasına ve parçalı bir yaklaşıma neden olmaktadır.

Öte yandan ülkemizde henüz bir “Kentsel Ulaşım Yasası”nın bulunmaması, ulaşım ile ilgili yasal çerçevenin yetersizliği ve ulaşım ana planı hazırlama ilkelerinin belirlenmemiş olması önemli birer sorun alanıdır [1].

3.3. Kentsel Ulaşım Planlamasında Finansman

Kentlerde yaşanan ulaşım sorunlarının çözümü için ulaşım alanında birçok yatırım yapılması gerekmektedir. Öte yandan kentlerdeki ulaşım projeleri için ciddi büyüklükte finansman gerekmektedir ve söz konusu yatırım projeleri çok çeşitli olduğundan, finansman yöntemlerinin de çeşitlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle projelerin mevcut finansman modellerinin dışında farklı modellerle finanse edilmesi ihtiyacı görülmektedir. Ulaşım projeleri için dünyada yaygın olarak kullanılan Yap-İşlet-Devret, Yap-İşlet, Tasarla-Yap-Finansla-İşlet, Yap-Sahiplen-İşlet-Devret, Yap-Sahiplen-İşlet, Yap-Kirala-İşlet-Devret, Kamu Özel Sektör Ortaklığı (KÖSO) (Public Private Partnership - PPP) ve Menkulleştirme finansman modelleri sayılabilir.

Ayrıca, kentsel ulaşımındaki karar mekanizmaları ve süreçlerinde kaynakların toplanması ve dağıtımındaki yöntem, kural ve ölçütler çok önemlidir. Şu an Kalkınma Bakanlığı iken, ileride ulusal düzeyde kentsel ulaşım konusunda yetkili kılınacak yeni bir kuruluş tarafından hangi konuların öncelikli olduğu, orta ve uzun dönemde hangi konuya ne kadar kaynak ayrılacağı, bu kaynakların hangi ölçütlerle ve süreçlerle dağıtılacağı ortaya konarak, süreçler açık ve tarafsız şekilde uygulanmalıdır [1].

3.4. Kentsel Ulaşım Planlamasında İşletme

Ulaşım sisteminin bir bütün olarak işletilmesinde temel ilkelerden biri kentsel, çevresel, toplumsal ve sosyoekonomik maliyetlerin en aza indirilmesidir. Kullanıcıya yani taşıyan

kişiyeye göre para, zaman ve konfor açısından maliyet ulaşım istemlerinin, yolculuk miktar ve türlerinin değıştirilmesinde, istenen türe doğru yönlendirilmesinde önemli bir planlama ve işletme aracıdır. Bu bağlamda “yolculuk talep yönetimi” ulaşım sisteminin giderek artan maliyetlerle genişlemesini engellemeye çalışan ve bu nedenle yolculuk davranışlarını sınırlamayı ve düzeltmeyi amaçlayan bir uygulama aracıdır. Bu yöntem ile toplu taşıma, bisiklet ve yaya yolculuklarının her anlamdaki maliyetlerinin en aza indirilerek bu türlerin daha çekici kılınmasına, otomobil kullanımının ise para, zaman ve kolaylık/konfor gibi maliyetleri arttırılarak ve böylece gerçek maliyetleri (çevresel, ekonomik, kentsel, toplumsal, vb.) yansıtılarak daha az çekici hale getirilmesine olanak tanımaktadır. Öte yandan, toplu taşıma sistemlerinin verimliliğini arttırmak amacıyla, otobüs sistemlerinin güzergahlarının ve duraklarının da akılcı biçimde tasarlanması, kentsel ulaşım da yolculuk istemlerinin yüksek olduğu ve raylı sistem seçeneklerinin kapasitesine uygun istemlerin gerçekleştiği ana arterlerde metro, banliyö, hafif raylı sistemlerin kullanılması planlamada dikkate alınmalıdır.

Ayrıca, kentsel ulaşım hizmetlerinin etkinliği ve güvenilirliğinin arttırılması, denetimlerin arttırılması ve kent bilgi sistemleri kullanılarak ulaşım ile ilgili tüm bilgilerin sayısal ortamda toplanması, sürekli güncel tutulması ve toplanan bilgilerin etkin yönetimi ulaşım işletmesi alanında öncelikli konular arasındadır [1].

3.5. Kentsel Ulaşım Planlamasında Bilgi ve Bilinç Eksikliği

Ülkemizde daha sürdürülebilir kentsel gelişme ve ulaşım modelleri elde edebilmek adına ulaşım talebinin azaltılması, motorlu taşıtlar yerine yaya ve bisiklet ulaşımının desteklenmesi, yolculuklarda otomobil kullanımını caydırıcı ve toplu taşımayı özendirici politikaların geliştirilmesi konularında bilgi ve bilinç eksikliğinin giderilmesine ihtiyaç vardır. Kentlerimizde yaşayan toplumun her yaş grubunu içeren geniş bir kitlenin bilinçlendirmesinde, yüz yüze görüşmelerin yanı sıra kitle iletişim araçlarının kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Bu çerçeve içinde, eğitim programlarından, konferans ve sergilere, fikir projeleri veya film yarışmalarına, radyo ve televizyon programlarına ve internet sayfaları ile elektronik posta dağıtımına değin çok çeşitli aracın etkin kullanımı mümkündür. Ulaşım yatırımları ile hizmetlerinden sorumlu merkezi ve yerel yönetimdeki karar vericiler ile uygulamacılar için ise merkezi ve yerel yöneticilere ziyaretler yapılması, ulaşım ile ilgili kamu kurumlarının personeli için kısa süreli eğitim programları düzenlenmesi, ilgili kurumların katılımıyla ortak forumlar düzenlenmesi gibi daha çok doğrudan iletişim kanallarının kullanılması yararlı olacaktır [1].

3.6. KENTGES Belgesinde Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım

KENTGES Belgesi, sürdürülebilir kentsel ulaşım sistemini oluşturma konusunda 5 temel konuya vurgu yapmaktadır:

Arazi kullanım planlaması ile ulaşım politikasının entegrasyonu

KENTGES’in 5. Hedefi olan “Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım Sistemini Oluşturmak” kapsamındaki 1. Stratejisi, mekansal planlama ile ulaşım planlamasının entegrasyonu üzerinedir. Bu stratejinin ilk eylemi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın sorumluluğunda kent planlama sürecinde mekânsal planlarla bütünleşik olarak ulaşım planları

hazırlanmasını ve onanmasını zorunlu kılacak, kentsel ulaşım, politika, strateji, öncelik, ilke ve standartları da içeren mevzuat düzenlemesi yapmak iken; ikinci eylemi belediyelerce yapılan kentsel ulaşım planlarının temelde çevre duyarlı, erişebilirliği etkin kılacak, yaya ve hareket kısıtlılığı bulunanları gözeterek, nazım ve uygulama imar planlarıyla uyumlu olarak hazırlanmasıdır [4].

Kentçi ulaşımında motorsuz taşıt ulaşımının (yaya ulaşımı ve bisiklet kullanımı) desteklenmesi

5. Hedef'in 2. Stratejisi, kent içi ulaşımında motorsuz taşıt ulaşımının (yaya ulaşımı ve bisiklet kullanımı) desteklenmesi olup; eylemlerin içeriği Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca Ulaşım Ana Planı ile kent planları kapsamında bisiklet ve yaya yollarının yer alması için rehber ve tasarım kriterlerinin geliştirilerek, ilgili yönetmeliklerde düzenlemeler yapılması ile Belediyelerce yaya ve bisiklet yollarının yaygınlaşması için plan kararları geliştirilmesidir [4].

Kentteki yük taşımacılığı ve lojistik hizmetlerin kentsel ulaşımı olumsuz etkilemesini önleyici düzenlemeler yapılması

5. Hedef'in 3. Stratejisi, kentteki yük taşımacılığı ve lojistik hizmetlerin kentsel ulaşımı olumsuz etkilemesini önleyici düzenlemeler yapılmasıdır. Bu strateji kapsamındaki eylemin içeriği belediyelerin mekânsal planlarda kent içi yük taşımacılığı ve lojistik hizmet merkezleri yer seçiminin ulaşım planlarıyla bütüncül olarak planlanması sağlamaktır [4].

Kentsel ulaşım hizmetlerinin etkinliği ve güvenilirliğinin artırılması

5. Hedef'in 4. Stratejisi, kentsel ulaşım hizmetlerinin etkinliği ve güvenilirliğinin artırılması üzerine olup; eylemlerin içeriği belediyelerce kent içi ulaşım ve trafik hizmetlerinin etkinleştirilmesi için gerekli düzenlemelerin (sinyalizasyon, trafik durultma, yol boyu araç parkına izin verilmemesi, vb.) yapılması ve Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından ulaşım sistemleri ve önemli ulaşım tesislerinin afetlere dirençli bir biçimde projelendirilmesi, bakımı ve denetimi için düzenlemeler yapılmasıdır [4].

Kentsel ulaşım sistemlerinin herkes için erişilebilir olacak şekilde tasarlanması

5. Hedef'in 5. Stratejisi, kentsel ulaşım sistemlerinin herkes için erişilebilir olacak şekilde tasarlanması olup; eylemlerin içeriği Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca ulaştırma hizmetlerinin hareket kısıtlılığı bulunanlar tarafından da kullanılabilmesine yönelik standartları belirleyecek kılavuz ve yönetmelik hazırlanması, belediyelerce toplu taşıma sistemlerinin hizmet kalitesi ile teknolojik düzeyinin artırılması, çevre duyarlı hale getirilmesi ve kent içi ulaşımında bilgi teknolojilerinin (Ulaşım Kontrol Merkezleri) etkin kullanımının sağlanmasıdır [4].

4. KENTLEŞME ŞURASI ÇALIŞMALARINDA KENTSEL TEKNİK ALTYAPI

4.1. Kentsel Teknik Altyapı Planlaması İlke ve Politikaları

Kentleşme Şurası komisyon çalışmalarında kentsel altyapı ilke ve politikaları üç başlıkta incelenmiştir; i. Kent planlama ve altyapı planlamasının eşgüdümü, ii. Ulusal coğrafi veri

altyapısı ve kent bilgi sistemlerinin oluşturulması ve iii.Teknik altyapı yatırımlarının planlanması.

Kent planlama ve altyapı planlamasının eşgüdümü

Kontrolsüz, plansız kentleşme ve kentlerin mekansal ve nüfus olarak hızla büyümesi doğal olarak beraberinde teknik altyapı sorununu da gündeme getirmektedir. Plansız kentsel büyüme ve kaçak yapılaşmanın yanı sıra, gecekondu afları da kentsel teknik altyapının yeterliliği açısından önemli sorunlar yaratmaktadır. Son yıllarda gündeme gelen kentsel dönüşüm projelerinde de benzer bir yaklaşım benimsenmekte, özellikle kentlerin merkezi alanlarındaki gecekondu alanlarında veya eskiyen dokuda geçmişte olmayan bir nüfus ve yoğunluk önerilmekte, kentsel altyapı sisteminin durumu ve yeterliliği açısından plan önerilerinin olasırlılığı irdelenmemekte, önerilerin kent bütününde altyapı sistemine olumsuz etkileri göz ardı edilmektedir.

Altyapı faaliyetlerinin etkin bir şekilde koordine edilmesini, imar planlarından başlayan bir süreç olarak değerlendirmek gerekmektedir. İmar planı çalışmaları sırasında, altyapı tesislerinin mevcut durumu ve planlanan ölçekte ortaya çıkacak gereksinim tespit edilerek altyapı planlaması yapılmalıdır. Altyapının kurulması, yenilenmesi ve değiştirilmesinde, imar özellikleri dikkate alınarak öncelikler belirlenmeli, çalışmalar planlı ve eşgüdüm içinde yürütülmelidir.

Ulusal coğrafi veri altyapısı ve kent bilgi sistemlerinin oluşturulması

Belediyelerce oluşturulan altyapı bilgileri, araziye ilişkin tüm yatırım ve mühendislik hizmetlerinde temel oluşturmaktadır. Ancak ülkemizde altyapıya ilişkin sağlıklı mekânsal veri elde edilememekte; bunun temel sebebi ise altyapı kadastrosunun bulunmamasıdır. Çünkü, teknik altyapı tesisleri ve bileşenleri Türk Medeni Kanununa göre taşınmaz kapsamında olmadığı için kadastroya konu olmamakta ve tapuya tescili yapılmamaktadır. Teknik altyapı çalışmalarının Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin temelini oluşturan tapu ve kadastro bilgileri ile ilişkilendirilebilmesi gerekmektedir. Bunun yapılabilmesi de günümüzde coğrafi bilgi sistemleri sayesinde olabilmektedir. Ancak, CBS ülkemizde henüz yeterince yaygınlaşmamıştır.

Teknik altyapı yatırımlarının planlanması

Kentsel teknik altyapı ilke ve politikalarında önemli bir diğer konu plansızlık ve buna bağlı olarak belediyelerin altyapı yatırımlarının kapsamlı plan yaklaşımından ve kaliteden yoksun oluşudur. Altyapı yatırımlarının planlanması aşamasında doğru fizibilite yapılması ve kent planlamada topografyanın dikkate alınması altyapının zamanında ve etkin bir şekilde hayata geçirilmesinde oldukça önemlidir [1].

4.2. Kentsel Altyapı Planlamasında Kurumlaşma, Karar Süreçleri ve Yasal Yapı

Kurumsallaşma

Kent planlama ile teknik altyapı planlaması arasında eşgüdüm eksikliği, temelinde kurumsal yapıya ilişkin bir konudur. Aslında altyapı sistemlerinin kendi arasında da planlamada eşgüdüm eksikliği önemli bir sorundur. Bu sorun, altyapı tesisleri, yol ve kaldırımların sık sık tahrip edilmesi ve bu nedenle ekonomik ömrünü doldurmadan bu

tesislerin yenilenmesi, aynı alanda çeşitli kurumlar tarafından yapılan mükerrer kazılar ve maliyetler gibi diğer önemli sorunlara da yol açmaktadır.

Karar süreçleri

Kent planlamada karar alma süreçlerine kentlilerin katılımının sağlanması çağdaş planlama ilkelerinin bir gereğidir. Katılımın gerçekleşebilmesi için bilimsel kriterlerle belirlenmiş ilkeler ışığında hareket eden tasarlayıcı uygulayıcılar ile yerel halkın süreçte aktif, belirleyici özneler olması gerekmektedir.

Yasal yapı

Kentsel teknik altyapıya ilişkin olarak ülkemizde mevzuat dağınıklığı, eksikliği ve yetki karmaşası bulunmaktadır. Teknik altyapıya yönelik olarak 3194 Sayılı İmar Kanunu ve bu yasa kapsamında çıkartılan yönetmeliklerde çeşitli düzenlemeler bulunmaktadır. Öte yandan yayınlandığı günden bu yana birçok defa değiştirilen İmar Kanununun bilim ve teknolojik gelişmeler çerçevesinde gelişen ve değişen kent ihtiyaçları karşısında güncelleştirilmesi gerekmektedir. Kentsel uygulamalarla ilgili mevzuata ve yetki düzenine bakıldığında bir karmaşanın ve standartsızlığın olduğu gözükmemektedir. Birçok kurum ve kuruluşa hem planlama hem de alt yapı hizmetleri yapma yetkisi verilmiştir. Bu kurumların kendi mevzuatı dâhilinde oluşturduğu teknik uygulamaları bulunmaktadır ve bunların ortak bir koordinasyon alanı ya da standardı yoktur. Bu konuda yetki ve teknik uygulama karışıklığını ortadan kaldırmak için standart ve üst ölçekte bir mevzuat oluşturulmalıdır [1].

4.3. Kentsel Teknik Altyapı Planlamasında Finansman

Altyapı yatırımlarının finansmanına ilişkin olarak iki önemli konu vardır: Yatırım maliyetlerinin doğru tespit edilmemesi ve yeterli kaynak yaratılamaması veya aktarılamaması.

Ülkemizde altyapı yatırım maliyetleri doğru tespit edilmemektedir. Yatırımların tasarım ve proje aşamaları yeterli düzeyde fizibilite yapılmaması ya da eksik yapılması gibi nedenlere bağlı olarak yatırım faaliyetlerinin maliyet boyutu gerçekçi bir şekilde belirlenememektedir. Bu husus da ilgili yatırımların öngörülen süreler içerisinde bitirilememesine ve en önemlisi sürekli maliyet artışları nedeniyle öngörülen ve gerçekleşen harcamalar arasında derin uçurumlar olmasına neden olmaktadır.

Bir diğer konu altyapı yatırımlarına yeterince öncelik verilmemesi ve kamu bütçelerinden (merkez ve yerel düzeyde) altyapı yatırımları alanına yeterli düzeyde kaynak aktarılmamasıdır. Kentsel altyapı yatırımlarının çoğu belediyelerin sorumluluğundadır, ancak Belediyelerin bu alanda kaynakları sınırlıdır. Kaynakların yetersizliğinin yanı sıra, doğru kullanımı açısından da sıkıntılar vardır. Kentlerimizde gerekli fizibilite çalışmaları yapılmadan, ihtiyaç tespitleri yeterince yapılmadan büyük altyapı yatırımlarına girilmektedir [1].

4.4. Kentsel Teknik Altyapı Planlamasında İşletme

Kentleşme Şurası komisyon çalışmalarında Teknik Altyapı işletmesi; içme suyu, atık su ve katı atık, doğalgaz, elektrik, yağmur suyu yönetim sistemi eksikliği denetim sistemi eksiklikleri başlıkları altında incelenmiştir.

İçme suyu

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından, belediye teşkilatları kurulmuş olan tüm belediyelerden elde edilen “Belediye İçme ve Kullanma Suyu Temel Gösterge Sonuçları” kapsamında; 2004 verilerine göre yaklaşık %59 oranında nüfus, içme ve kullanma suyu arıtma tesisi hizmetinden yoksundur. Öte yandan son yıllarda özellikle büyük kentlerimizin yüz yüze kaldığı su yoksunluğu, içme suyu şebekesine sızıntı nedeniyle ortaya çıkan hastalıklar ve salgınlar ülkemizin bu konudaki altyapı eksiklerini ve işletme-yönetme yetersizliklerini ortaya koyan önemli örneklerdir.

Atık su ve katı atık

Atık su açısından, TÜİK’in “Belediye Atık Su Temel Gösterge Sonuçları”na göre; 2006 yılı verilerine göre toplam nüfusumuzun %58’ine atık su arıtma tesisi hizmeti verilememektedir. Kanalizasyon tesislerine ilişkin bir diğer sorun şebeke ve arıtma tesisleri projelendirilirken projelendirmeye esas nüfusun gerçek nüfus ve tahmin değerlerinin çok üstünde alınmasıdır. Ayrıca, kentlerimizin yoğunluğunda mevcut kanalizasyon sistemi bileşik sistem olarak çalıştığından fazla yağışlı zamanlarda gelen yağmur suyuna kanalizasyon hatları yetersiz kalmakta, yağmur suyuyla sisteme giren rüsubat tıkanma ve taşmalara yol açmaktadır. Atık su arıtma tesisi olan kentlerimizde yukarıdaki durum nedeniyle arıtma tesisleri aşırı yüklenerek tesiste arızalara ve gereksiz enerji tüketimine neden olmaktadır. Türkiye’de katı atık sorunu da en önemli kentsel altyapı ve kentsel çevre sorunları arasındadır. Ülkemizde katı atık depolama tesisleri sayısı yalnızca 22’dir.

Bu bağlamda, öncelikle mevcut kanalizasyon tesisi bileşik sistem olan tesislerden yağmur suyunun ayrılması, yeni yapılacak projelendirmelerin ayırık sistem olarak yapılması konusu önem kazanmaktadır. Ayrıca birbirine yakın olan yerleşmelerde, arıtma tesisi ve benzeri altyapı tesislerinin ortak yapılması işletmede ekonomi ve devamlılık sağlayabilecektir.

Doğalgaz

Doğalgaz sistemlerine ilişkin ülkemizdeki en temel sorunlar şebeke işletme planlarının olmaması veya güncelliğini yitirmiş olmasından dolayı kontrolsüzlüklerin yarattığı işletme problemleridir. Kaçak ve bilinçsiz kazaların doğalgaz hatlarına zarar vermesinin engellenmesi için fiziksel olarak tüm doğalgaz boru hattı güzergâhlarının, özellikle yerleşim alanlarında, bilinmesi ve belgelenmesi gereklidir. Sistemin planlı geliştirilmesi gereksiniminin yanı sıra, doğalgaz şebekelerinin projelendirilmesinde ve yapımında konu ile ilgili teknolojik gelişmelerin takip edilerek çağdaş ve güvenli işletim ve yönetim yaklaşımları benimsenmelidir.

Elektrik

Kentsel teknik altyapıya ilişkin bir diğer önemli konu da, kentlerin büyük çoğunluğunda elektrik şebekesi dağıtım master planının bulunmayışıdır. Dağıtım şebekesindeki

genişleme yatırımları kent planlarındaki ani-kısmi değişiklikler göz önüne alınarak yapılmaktadır. Kapasite artırılması veya iyileştirme yatırımlarına ise şebekenin yetersizliği ve ekonomik ömrünü doldurmuş olması neden olmaktadır. Kısacası yapılan yatırımlar günlük ihtiyaçlar göz önüne alınarak planlanmakta ve kısa erimli olmaktadır.

Yağmur suyu yönetim sistemi eksikliği

Doğal topografik yapı yüzeysel yağmur suyu drenajını çözmektedir. Öte yandan, ülkemizde genelde atık su hattı olarak projelendirilen hatlar birleşik sistem olarak kullanılmaktadır. Bu da yağışta hatların yetersiz kalmasına, arıtmaya deşarj edilmeleri durumunda gereksiz enerji giderlerine ve arıtım kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Kentlerde birleşik sistem olarak çalışan hatlar kesinlikle ayrılmalı, atık su ve yağmursuyu kapalı sistemleri ayrı ayrı projelendirilmeli ve sistemler bunlara göre inşa edilerek işletilmelidir.

Denetim eksiklikleri

Teknik altyapı alanında denetimin önemi özellikle su şebekesinde ortaya çıkmaktadır. Su kayıplarının, fiziksel ve fiziksel olmayan kaçakların önlenmesi için etkili bir denetim sistemi şarttır. Öte yandan denetim konusu altyapı tesislerinin çevresel etkilerinin kontrol altına alınması ve önlenmesi açısından da önemli bir konudur. Örneğin sanayi kuruluşlarının büyük çoğunluğu proses atık sularını herhangi bir arıtma işlemi yapmadan doğrudan atık su şebekesine deşarj etmektedir [1].

4.5. Kentsel Altyapı Planlamasında Bilgi ve Bilinç Eksikliği

Kentsel teknik altyapının sunumunun, aslında kentsel yaşamda önemli bir kaynak kullanımı meselesi olduğu dikkate alındığında, planlama, işletme ve denetim kadar önemli bir konu da kullanıcılar yani kentlilerdir. Kentlilerin altyapı sistemini ve kaynakları bilinçli kullanım şekli, kentsel teknik altyapı sunumunu, sistem işletme maliyetlerini, ancak daha da önemlisi uzun dönemde kaynak kullanımını/tüketimini ve çevresel kirlenmeyi etkileyen konulardır. Bu nedenle kullanıcıların bilgi ve bilinç düzeyi ve tüketici olarak yaptıkları seçimler de kentsel teknik altyapı sisteminin niteliği, yeterliliği ve verimliliği açısından büyük öneme sahiptir. Dolayısıyla hem tüketiciler olarak kentlilere, hem de karar vericiler, uzmanlar ve işleticilere yönelik eğitim ve bilinçlendirme kampanya ve etkinliklerinin gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır [1].

4.6. KENTGES Belgesinde Sürdürülebilir Kentsel Teknik Altyapı

Kentsel Altyapı Plan, Proje ve Uygulamalarının Kent Planlarıyla Birlikte Hazırlanması ve Yürütülmesi

KENTGES'in 6. Hedefi olan "Kentsel Altyapı Plan, Proje ve Yatırımlarını Mekânsal Planlarla Bütünleştirmek" kapsamındaki 1. Strateji kentsel altyapı plan, proje ve uygulamalarının kent planlarıyla birlikte hazırlanması ve yürütülmesidir. İlgili eylemlerin içeriği büyükşehir belediyelerinde altyapı ana planları hazırlanması ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmeliğe, her tür ve ölçekte plan değişikliği önerisinin kentsel teknik altyapıya yönelik etkilerinin değerlendirileceği "kentsel teknik altyapı etki değerlendirmesi raporu" koşulu eklenmesi üzerinedir [4].

Kentsel Altyapı Hizmet Kalitesinin Yükseltilmesine Yönelik Yöntemler Belirlenmesi

6. Hedef'in 2. Stratejisi ise kentsel altyapı hizmet kalitesinin yükseltilmesine yönelik yöntemler belirlenmesi olup; ilgili eylemleri belediyelerce altyapı proje ve yatırımlarında SCADA sistemlerinin kullanılması ve kentsel enerji taleplerinin mümkün olduğunca yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanmasına yönelik araştırma yapılmasıdır. Ayrıca, Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca gri su sisteminin farklı yerleşme, yapı ve tesis türlerinde kullanımının yaygınlaşması için fayda-maliyetlerinin tespit edilmesine yönelik araştırma yapılması, Çevre ve Orman Bakanlığınca yağmur suyu depolama ve kullanımının yaygınlaştırılması için mevzuat hazırlanacak ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca kentlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması için mevzuat düzenlenmesidir [4].

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Günümüzde kentlerimizde yaşanan altyapı ve ulaşımdan kaynaklanan sorunların çözülmesi için büyük bütçeler ayrılarak, çeşitli altyapı yatırımları yapılmaktadır. Mevcut uygulamalarda kentsel teknik altyapı ve ulaşım alanında yapılan yatırım ve düzenlemelerin mekânsal anlamda kente etkileri yeterince dikkate alınmamaktadır. Oysa ulaşımın ve altyapının sadece teknik boyutta ele alınması yeterli olmamakta; mekânsal, sosyal ve ekonomik boyutları ile birlikte planlanması akademik çevrelerce daha uygun bulunmaktadır. Son dönemde hâkim olan genel düşünceye göre, ulaşım ve altyapı sorunlarının temelden çözülebilmesi ve daha sürdürülebilir bir kentsel ulaşım ve altyapı sistemi elde edilebilmesi için kent planları ile ulaşım ve altyapı planlarının birlikte çözülmesi gerekmektedir.

Nitekim Kentleşme Şurası Komisyon çalışmaları ve KENTGES belgesinin hazırlanması sürecinde yapılan çalışmalar, hem kentsel teknik altyapı hem de kentsel ulaşım alanında, öncelikli sorunlardan bir tanesinin ve belki de en önemlisinin kent planlama ile teknik altyapı ve ulaşım arasında eşgüdüm eksikliği olduğuna işaret etmektedir. Kentsel teknik altyapının mevcut durumu ve geliştirilme olanaklarının kent planlama çalışmalarında yeterince dikkate alınmadığı; kent planları hazırlanırken önerilen kent formu ve arazi kullanım kararlarının ulaşım sistemine etkilerinin yeterince veya hiç analiz edilmediği görülmektedir.

Öte yandan, kurumlaşma ve özellikle yasal yapıdaki yetersizlikler bir başka sorun alanıdır. Teknik altyapı ve ulaşım alanında evrensel planlama ilke ve yaklaşımlarıyla bağdaşmayan yatırım ve uygulamaların hayata geçirilmesi ve bu yatırımların çoğu zaman plansız veya planlara aykırı şekilde gerçekleştirilmesi, planlama sürecinde katılımcı bir yaklaşımın izlenmemesi gibi pek çok sorunun temelinde yasal yapıdaki eksiklikler ile ulusal düzeyde bu alanlardaki ilke ve politika önceliklerini belirleyecek bir kurumun ve çerçeve belgenin bulunmaması sorunsalı yatmaktadır.

Ayrıca, kentsel teknik altyapı ve ulaşım sistemlerinin işletimi, yönetimi ve denetimindeki eksiklikler sonucu öz kaynakların verimli kullanılmaması, yeni finansman modellerinin geliştirilememesi ve finansman dağıtım ölçütlerinin ulusal politika öncelikleri doğrultusunda şeffaf biçimde dağıtılamaması diğer sorun alanlarıdır.

Yine sürdürülebilir kentleşme ve bu kapsamda kentsel teknik altyapı planlaması ve kullanımı ile sürdürülebilir ulaşım planlaması konularında toplum ile merkezi ve yerel yönetimdeki karar verici ile uygulamacılarında farkındalığın artırılması da önemlidir.

Tüm bu sorun alanlarının çözümü için bu alanlardaki ilke ve politika önceliklerini belirleyecek ve yol gösterici nitelikte ulusal düzeyde bir kurumun ve çerçeve belgenin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. KENTGES, kentleşmeyle ilgili diğer sorun alanları ile birlikte, kentsel teknik altyapı ve ulaşım konusunda da tespitler, sorunlar ve fırsatları belirleyerek ülkemizdeki merkezi ve yerel otoriteler için uygulanabilir ve birbiri ile tutarlı hedef, strateji ve eylemler ortaya koymuştur. Kentlerimizdeki ulaşım ve teknik altyapıyla ilgili sorunların çözümü için ortaya konulan hedef, strateji ve eylemlerin tüm merkezi ve özellikle de yerel idareler tarafından benimsenmesi, uygulanmanın ilgili tüm kurum ve kuruluşların “ortak uygulama sorumluluğunda” olduğunun bilincine varılması hayati önem taşımaktadır. KENTGES belgesi, daha sürdürülebilir ve yaşanabilir kentlere ulaşabilmek amacıyla mevzuat çalışmalarına temel olacak ve tüm kurum ve kuruluşların yapılaşma ve kentleşme alanındaki uygulamalarını yönlendirecek bir referans olarak kabul edilmeli ve sektörde faaliyet gösteren tüm teknik personelin ve idarecilerin elinin altında bulunmalıdır.

Kentleşme Şurası 2 No’lu Kentsel Teknik Altyapı ve Ulaşım Komisyonu uzun bir hazırlık ve bilimsel çalışma sonucunda ülkemizin kentsel teknik altyapı ve ulaşım alanında yaşadığı sorunları ve bu sorunların çözümü için alınması gereken önlemleri detaylı bir şekilde ortaya koymuştur. Ancak; Kentleşme Şurası sonrasında Şura verilerine dayanarak hazırlanan ve yayımlanan KENTGES Belgesinde; kentsel ulaşım ve teknik altyapı konuları istenen ve gereken detayda ele alınmamış, Komisyonca ortaya konulan çıktılar (hedef, strateji, eylem bazında) tam anlamıyla KENTGES Belgesi’ne yansıtılamamıştır. Özellikle teknik altyapı ile ilgili hususlar yeterince KENTGES eylemlerine aktarılamamıştır. Bu durum, KENTGES stratejilerinin uygulamasından sorumlu idarelerin ulaşım ve özellikle kentsel teknik altyapı alanındaki sorunların çözümünde eksikliğe neden olacaktır.

Belgenin uygulamasından sorumlu kuruluşlar arasında bulunan Belediyelere büyük pay düşmekte olup; belediyelerin KENTGES eylemlerini hayata geçirmelerini sağlamak, eylemlerin gerçekleştirilme yüzdelerini takip etmek için iyi bir izleme modelinin kurulmasına da ihtiyaç vardır. Ayrıca, Belgenin bağlayıcılığı konusunda yerel idarelerde bazı tereddütler hâsıl olduğu görülmektedir. Eylemlerin gerçekleştirilebilmesi için itici bir güç olarak gerekli finansman kaynağının henüz sağlanamaması, çoğu belediye teknik kapasitedeki yetersizlikler gibi sorunlar vardır. Bu konuda KENTGES’i tanıtıcı ve belediyelerin sorunlarının tespiti amacıyla ülke çapında seminerler düzenlenebileceği gibi web tabanlı bir portal oluşturulabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2009). Kentsel Teknik Altyapı ve Ulaşım Komisyonu. *Kentleşme Şurası 2009. 1. Cilt*, s. 121-245. Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- [2] Cervero, R. (2003). Growing Smart by Linking Transportation and Land Use: Perspectives from California. *Built Environment* , No:1 (Sayı:29), s. 66-78.
- [3] Gerçek, H. (2010, Şubat 4). *Kent planları ile ulaşım planlarını birlikte çözülemiyor*. Mart 8, 2011 tarihinde Mimarizm:Mimarlık ve Tasarım Yayın Platformu Web Sitesi: <http://www.mimarizm.com/KentinTozu/Makale.aspx?id=1213&sid=1205> adresinden alındı.
- [4] KENTGES. (2010). *Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (2010-2023)*. Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- [5] Nal, S. (2008). *Sustainable Transport In City-Regions: The Case of Izmir City Region*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bölge Planlama Yüksek Lisans Programı. Ankara: ODTÜ.
- [6] Newman, P. and Kenworthy, J. (2000). The Ten Myths of Automobile Dependence. *World Transport Policy & Practice*, No:6, (Sayı:1), s. 15-25.
- [7] Özalp, M. (2007). *Türkiye’de Kentsel Ulaşım Planlaması Çalışmalarında Benimsenen Yaklaşımlar; Sorunlar ve Çözüm Önerileri*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması ve Uygulaması. Ankara: Gazi Üniversitesi.
- [8] Petersen, R. (2002). Module 2a: Land Use Planning and Urban Transport. D. G. (GTZ) içinde, *Sustainable Transport: A Sourcebook For Policy-Makers In Developing Cities* (s. 1-41). Eschborn, Germany.

KENT VE TEKNİK ALTYAPI PLANLAMASINA İLİŞKİN EŞGÜDÜMLÜ BİR YÖNETİM YAKLAŞIMI

Hilmi Evren ERDİN*

* Dokuz Eylül Üniversitesi, Şehir ve Bölge Plan. Böl., İzmir – evren.erdin@deu.edu.tr

ÖZET

Bugün kentlerimizde teknik altyapı hizmetlerinin hazırlanmasına ve sunulmasına ilişkin yaşanan sorunların ağırlıkla imar planları ve altyapı projeleri arasındaki eşgüdüm-süzlük ile ilişkili olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Özellikle kentsel arsa üzerindeki baskılar ve son dönemde gündemde yer alan kentsel dönüşüm projeleri gibi çeşitli parçacı planlama yaklaşımlarının sonucu olarak kent planlarında ve plan kararlarında yapılan değişiklikler mevcut teknik altyapı hizmetlerinin yetersiz kalmasına yol açmaktadır. Bu bildirinin, kentsel teknik altyapı hizmetleri ile kent planlama arasındaki çeşitli iş aşamalarında eşgüdüm eksikliğinden kaynaklanan sorunların ortadan kaldırılmasına yönelik ortak ve eşgüdümlü planlama ve yönetim yaklaşımını ortaya koyması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda bildiri, gerek altyapı-üstyapı ilişkisinin kurulması ve sorunların tespit edilmesi, gerek iş, süre, yatırım programının yapılması, gerekse de teknik altyapı hizmetlerine ve kente ilişkin ortak projelerin, planların, stratejilerin üretilmesi veya bunlarda eşgüdümlü ve eşzamanlı iyileştirmelere, yenilemelere en doğru ve kısa sürede gidilmesi için ihtiyaç duyulan bilgi sistemlerine, organizasyon ve yönetim yapısına ilişkin önerileri içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kent yönetimi, teknik altyapı, kent planlama.

1. GİRİŞ

Kentsel teknik altyapı hizmetlerinin hazırlanmasında ve sunulmasında, mühendislik, kent planlama, kent yönetimi ve kent ekonomisi gibi disiplinlerin uzmanlıkları ve sorumlu kurumlar arasında ortak ve eşgüdümlü bir yönetim yaklaşımına ihtiyaç bulunmaktadır. Dolayısıyla bu hizmetlerin sağlıklı ve sürekli bir şekilde kente ulaştırılabilmesi, bu farklı disiplinlerden uzmanlıkların ortak ve eşgüdüm içinde hareket edebilmelerini gerektirmektedir. Aksi takdirde, bu hizmetlerin kentin fiziksel ve mekansal gereksinimlerini karşılamada yetersiz kalması kaçınılmaz olmaktadır. Bu durum, yaşam kalitesi ve kent sağlığı açısından eşitsiz koşullar oluşturmakta ve çeşitli altyapı sorunlarını beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte, hizmetlerin hazırlanmasında ve sunulmasında

çeşitli fiziksel, mekansal, toplumsal ve ekonomik maliyetler ile karşı karşıya kalınmasına da yol açmaktadır.

Kentsel teknik altyapı hizmetlerine ilişkin yaşanan sorunların büyük bir kısmında, mühendislik ile kent planlama disiplinleri ve imar planları ile teknik altyapı projeleri arasında yaşanan eşgüdüm eksikliğinin önemli bir şekilde rol oynadığı görülmektedir. Teknik altyapı projeleri, imar planı öngörülerine, kararlarına ve gereksinimlerine göre uzun vadeli olarak projelendirilmekte ve uygulanmaktadır. Dolayısıyla imar planları bu hizmetlerin standardını belirleyen en önemli değişkenlerden biridir. Kentsel arsa üzerindeki baskılar ve son dönemde gündemde önemli yer kaplayan kentsel dönüşüm projeleri gibi çeşitli parçacı planlama yaklaşımlarının sonucu olarak kent planlarında ve plan kararlarında yapılan değişiklikler mevcut teknik altyapı hizmetlerinin yetersiz kalmasına yol açmaktadır. Bu yüzden, kent planlama ile teknik altyapı planlaması arasında ortak-eşgüdümlü ve eşzamanlı bir planlama ve yönetim yaklaşımının geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu kapsamda bildirinin, kentsel teknik altyapı hizmetleri ile kent planlama arasındaki eşgüdüm eksikliğinden kaynaklanan sorunları ortadan kaldırmaya yönelik kent yönetiminde, kent ve altyapı planlamasına ilişkin eşgüdümlü ve ortak gerçekleştirme-programlama yönetim yaklaşımını ortaya koyması amaçlanmaktadır. Bu eşgüdümlü yönetim yaklaşımının, altyapı-üstyapı ilişkisinin kurulması, sorunların tespit edilmesi, iş, süre, para programının yapılması, teknik altyapı hizmetlerine ve kente ilişkin ortak projelerin, planların, stratejilerin üretilmesi veya bunlarda eşgüdümlü ve eşzamanlı iyileştirmelere, yenilemelere en doğru ve kısa sürede gidilmesi hususunda mevcut organizasyon ve yönetim yapısı, bilgi sistemleri ve altyapısı gibi çeşitli konularda öneriler geliştirmesi ve ortaya koyması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, yazının ilk bölümünde uygulanmakta olan mevcut sürece yönelik teknik altyapı hizmetleri ile kent planlaması arasındaki karşılıklı ilişki ve bunlardan sorumlu kurumların organizasyon ve yönetim yapıları üzerinde durulmakta, karşılıklı ilişkileri tarif edilmektedir. Daha sonra teknik altyapı hizmetlerinde kent planlamaya bağlı olarak ortaya çıkan ve mevcut organizasyon ve yönetim yapısından kaynaklanan sorunlara ilişkin tespitler ortaya konulmaktadır. Son bölümde ise, sorunlara ilişkin yapılan bu tespitlerden yola çıkarak sorunları ortadan kaldırmaya veya azaltmaya yönelik bir eşgüdümlü yönetim yaklaşımının nasıl olması gerektiği üzerine tartışmalar yürütülerek çözüm önerileri ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Bu çözüm önerilerinin, bilgi sistemleri ve altyapı projelerinin temel iş aşamaları ve iş ayrıntılarına ilişkin organizasyon ve yönetim yapısını ve şemasını ortaya koyması da beklenmektedir. Tarif edilen yönetim yaklaşımına ilişkin çözüm önerileri, kent planlama ve teknik altyapı projelerinin hazırlanma ve sunulma sürecinin yanı sıra mevcut kurumsal yönetim yapısına ve yasal mevzuatlara ilişkin yapılan sorgulamalar ve tartışmalardan elde edilen bulgular ışığında ortaya konulmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma; özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde yaşanan plansız ve hızlı kentleşmeye bağlı yerleşmelerde teknik altyapı hizmetlerinin kentlilere etkin, kaliteli, eşit, adil ve sağlıklı olarak hazırlanamaması ve sunulamaması sonucunda ortaya çıkan sorunların çözülmesine yönelik, kent yönetimine ilişkin yapılacak olan yapısal ve yasal düzenlemelerle eşgüdümlü ve eşzamanlı ortak karar mekanizmalarının oluşturulması gerekliliğini ve bu gereklilikten yola çıkarak çözüm önerilerini içerecek eşgüdümlü bir yönetim yaklaşımını ortaya koymaktadır. Özellikle, merkezi ve yerel yönetimlerin sınırlı finansal kaynakları ile bu hizmetleri ulaştırmaya çalıştığı göz önüne alındığında, politika, program, plan, proje ve yatırım gibi kapsamlı bir organizasyonu içine alan ortak-

eşgüdümlü ve eş zamanlı bir planlama ve yönetim yaklaşımının geliştirilmesine duyulan ihtiyaç daha da açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

2. KENTSEL TEKNİK ALTYAPI VE KENT PLANLAMA İLİŞKİSİ

Bir yerleşmenin iskâna açılması ve iskân sonrasında, mekânsal ve fiziksel olarak sağlıklı bir kentsel yaşama ortamının, çevresinin sağlanabilmesi için gerekli tüm iletim kanalları (yol, içme ve kullanma suyu, kanalizasyon (pis su), yağmur suyu drenajı, katı atık ve çöpler, elektrik, doğalgaz, merkezi ısıtma, telekomünikasyon gibi) ve bunlara ilişkin tesisler olan kentsel teknik altyapı sistemleri ya da hizmetleri kentlerin en önemli bileşenlerinden biridir. Bir başka deyişle, kentsel üstyapının oluşumu, altyapının oluşumuna ihtiyaç duymakta ve ona bağlı olarak şekillenmektedir [1]. Ancak plan dışı ve kaçak yapılaşmanın olduğu, kentsel arsa üzerindeki baskılara bağlı olarak kentsel dönüşüm taleplerinin ve uygulamalarının fazla olduğu alanlarda, yapılaşma ve gelişme kontrol edilememekte ve bunun sonucu olarak teknik altyapı hizmetlerinin ulaştırılma koşulları sağlanamamakta ya da zorlaşmaktadır. Böylece, bir yerleşmenin iskâna açılmasının temel koşulu olan altyapı hizmetlerinin hazırlanması, sunulması süreci uygulanamamakta ve altyapıya bağlı olarak üstyapının gelişimi süreci tersine dönerek üstyapıya uygun altyapı üretilmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle de, bu durum, kentlerin gelişim planlarına yani imar planlarına göre projelendirilen teknik altyapı hizmetlerinin yetersiz kalmasına yol açmaktadır.

Görüldüğü gibi kentsel üstyapı ve altyapı arasında karşılıklı ve sürekli bir ilişkiden söz etmek mümkündür. Bu noktada imar planları ile teknik altyapı projelerinin ilişkisi büyük önem taşımaktadır. Çünkü teknik altyapı projeleri ve hizmetleri ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına da bağlı olarak imar planlarına ve öngörülerine göre uzun ömürlü ve uzun vadeli hazırlanmakta ve sunulmaktadır. Dolayısıyla bu projelerin iş aşamalarını oluşturan etüt, projelendirme, finansman sağlanması, uygulama, denetim, bakım ve işletme gibi aşamalarının programlanması ve gerçekleştirilmesi imar planları ve onu belirleyen değişkenlerle bağlantılı olarak şekillenmektedir. Bu nedenle hizmetlerin hazırlanması ve sunulması, yerleşme planının olup olmaması, planın uygulanıp uygulanmaması ve gerçekleştirme oranına bağlı olarak değişmektedir. İmar planlarının ve öngörülerinin dışında meydana gelen mekânsal değişim ve dönüşüm, yapılan mevcut altyapı yatırımının ömrünü azaltan ve altyapı hizmet standardını olumsuz etkileyen bir etken olarak ortaya çıkmaktadır. Bu noktada, ortaya çıkan olumsuz etkenlerin ortadan kaldırılmasında ve kent yaşamının ve bu hizmetlerin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilirliğinin sağlanmasında, hem imar planlarını hem de teknik altyapı projelerini hazırlamakla yükümlü yönetsel yapıyı oluşturan kurum ve kuruluşlara büyük sorumluluklar düşmektedir.

Kentlerde teknik altyapı hizmetleri ile ilişkili mevcut yönetsel yapılanmayı oluşturan kurum ve kuruluşları planlama faaliyetleri ile teknik altyapı faaliyetleri olmak üzere iki ana kategoride ele almak mümkündür.

- **Kent planlama faaliyetleri (imar ve şehircilik faaliyetleri):** Genel olarak Büyükşehir belediyeleri ve belediyelerin, İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı veya Müdürlüğü tarafından 3194 sayılı İmar Kanunu'na göre gerçekleştirilmektedir. Ancak bunların dışında Devlet Planlama Teşkilatı, İl Özel İdaresi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Kurulu Başkanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Başbakanlık Özelleştirme İdaresi Başkanlığı'nın da farklı ölçek ve türlerde plan yapma

yetkisine sahip kurumlar olarak ortaya çıktığı görülmektedir [2]. Bu çerçevede bu kurum ve kuruluşların tanımlanan planlama faaliyetleri; üst ölçekten alt uygulama ölçeğine kadar çeşitli planların (metropoliten plan, bölge planı, stratejik plan, çevre düzeni planı, nazım plan, uygulama imar planı gibi) hazırlanmasıdır. Plan yapma ve onama yetkisine sahip kurumlara ilişkin bu geniş çerçeve, teknik altyapı hizmetlerinin uygulanmasında değil, sadece planların uygulanmasında bile sorunlarla karşılaşılmasına yol açmaktadır.

- **Teknik altyapı hizmetleri:** Teknik altyapı türü, projenin niteliği, kentin nitelikleri gibi çeşitli özelliklere bağlı olarak farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yerine getirilmektedir. Teknik altyapı hizmetlerini hazırlamak ve sunmakla yükümlü kurum ve kuruluşlar, sorumlu oldukları teknik altyapı hizmet alanları ve temel iş aşamaları ve ayrıntılarını Çizelge 1’deki gibi kısaca belirtilmek mümkündür.

Çizelge 1. Teknik altyapı projelerini hazırlanması ve sunulmasından sorumlu kurumsal yapı.

Sorumlu Kurum ve Kuruluşların İdari Birimleri	Sorumlu Olduğu Teknik Altyapı Hizmet Alanı	Sorumlu Olduğu Temel İş Aşamaları ve/veya İş Ayrıntıları
BELEDİYE VE BÜYÜKŞEHİR BELEDİYELERİ		
Fen İşleri Daire Başkanlığı veya Fen İşleri Müdürlüğü	Yollar	Yolların kırmızı kot projelerinin hazırlanması, uygulanması ve inşası
Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü veya Su ve Kanalizasyon İşleri Müdürlüğü	İçme Suyu	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü veya Su ve Kanalizasyon İşleri Müdürlüğü	Kanalizasyon	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü veya Su ve Kanalizasyon İşleri Müdürlüğü	Yağmur Suyu Drenajı	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
Çöp ve Temizlik İşleri Müdürlüğü veya Katı Atık İşletmeler Şube Müdürlüğü	Çöp ve Katı Atıkların Toplanması ve	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
Belediyeye bağlı Şirketler	Jeotermal (Merkezi Isıtma)	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
İLLER BANKASI		
İller Bankası İçme Suyu Dairesi Başkanlığı	İçme Suyu	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
İller Bankası Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı	Kanalizasyon	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
DEVLET SU İŞLERİ (DSİ)		
İçmesuları ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı	İçme Suyu Kanalizasyon	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
TÜRK ELEKTRİK DAĞITIM AŞ. (TEDAŞ)		
TEDAŞ İl Müdürlüğü	Elektrik Dağıtım	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
TEDAŞ İşletme Müdürlüğü	Elektrik Dağıtım	Uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
TÜRK TELEKOM AŞ.		
Türk Telekom AŞ İl Müdürlüğü	Telekomünikasyon	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
Türk Telekom AŞ İşletme Müdürlüğü	Telekomünikasyon	Uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
DOĞALGAZ DAĞITIM ŞİRKETLERİ		
Özel Şirketler	Doğalgaz	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi
MERKEZİ ISITMA / JEOTERMAL ŞİRKETLER		
Özel Şirketler	Jeotermal (Merkezi Isıtma)	Etüt, proje, uygulama/inşaat, işletme ve bakım aşamalarının gerçekleştirilmesi

Planlama faaliyetlerinde olduğu gibi teknik altyapı faaliyetlerinde de aynı veya farklı hizmetleri hazırlamak ve sunmakla yükümlü çok sayıda kurum ve kuruluşun olması, hizmetlerin iş aşamalarının ve ayrıntılarının gerçekleştirilmesine yönelik çeşitli sorunlarla karşılaşılmasına yol açmaktadır. Özellikle son dönemde bazı kentsel altyapı hizmetleri alanında kamu kurumlarının dışında özel şirketlerin de sürece dahil olması ile birlikte bu şirketlerin politika, program, plan, proje ve yatırım gibi konularda öncelikleri ile ilişkili olarak çeşitli ve farklı uygulamaların tercih edildiği ve ön plana çıktığı görülmektedir. Bu durum kentsel altyapının yönetiminde, kurum çeşitliliğinin ve sayısının fazla olmasının yanı sıra kamu-özel yönetim anlayışı arasındaki farklılıktan kaynaklanan zorluklarla karşılaşılmasına yol açmaktadır. Bu yüzden, gerek kent planlama faaliyetleri gerekse de teknik altyapı faaliyetlerini yerine getirmekle yükümlü kurum, kuruluş ve şirketler ve hizmet iş aşamaları ve ayrıntıları arasında eşgüdümü sağlayacak bir yönetsel yapılanmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Bugün kentlerimizin mevcut yönetim yapısı içinde bu işlevi yerine getirmek amaçlı Büyükşehir Belediyeleri bünyesinde Altyapı Koordinasyon Merkezi (AYKOME) adıyla bir idari birim bulunmaktadır. Kısaca AYKOME'nin görevi; altyapı hizmetlerini gerçekleştirmekle yükümlü kamu ve/veya özel kurum ve kuruluşların yatırımlarını üstyapı programı, çalışmaları ve birbirleriyle uyumlu ortak programlar çerçevesinde gerçekleştirmesini sağlamak ve uygulamaları denetlemektir [3]. Mevcut yapı içinde bu birimin kurumlar arası eşgüdümün sağlanmasında faaliyetlerini ne ölçüde uygulayabildiği, süreci nasıl yönettiği ve ne kadar başarılı olduğunun tartışması bir yanda durmakla birlikte, Büyükşehir belediyeleri dışında yer alan belediyelerde eşgüdümü sağlayacak bu nitelikte bir idari yapılanmadan söz etmek mümkün bile değildir.

Kentlerin niteliklerine bağlı olarak kurum sayısı değişmekle birlikte teknik altyapı projelerine ilişkin genel olarak her kent için buna benzer bir kurumsal yapılanmadan bahsetmek mümkündür. Kentlerin büyümesi ile ilişkili büyük kentlerde hizmetlere olan gereksinimlerin arttığı ve hizmet yelpazesinin genişlediği ve buna bağlı olarak kurum sayısının arttığı ve altyapı yönetiminin karmaşıklaştığı görülmektedir. Bu durum kent yönetiminde, altyapı yönetiminin öneminin artmasına ve ön plana çıkmasına yol açmaktadır. Orta ve küçük ölçekli kentlerde ise kent yönetiminde gerek yeterli finansal kaynaklarının olmaması gerekse de uzmanlaşmış kadronun sınırlı olması nedeniyle bu altyapıya ilişkin kurumsal yapılanmada İller Bankasının ilgili birimleri ve kurumların işletme müdürlükleri kadar il müdürlükleri de yer almaktadır. Altyapı hizmetlerine ilişkin kurumsal yapıyı oluşturan organizasyon ve yönetim yapıları kentin nitelikleri kadar altyapının türü ve özellikleri ile de doğrudan ilişkilidir. Altyapı hizmetinin türü ve özellikleri kurumlar arası ilişkileri de oluşturan ve belirleyen önemli bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla da, bazı altyapı türleri arasındaki ortak iş aşamalarına ve ayrıntılarına sahip olmanın getirdiği karşılıklı ilişkiye bağlı olarak eşgüdümlü yönetim yaklaşımı ön plana çıkarken, bazı altyapı türleri için diğerlerine göre daha bağımsız yönetim yaklaşımı söz konusu olabilmektedir. Bu durumun altyapı yönetimini karmaşıklaştıran ve hizmetler arasında eşgüdümü zorlaştıran bir unsur olarak ortaya çıktığı görülmektedir.

Altyapı hizmetlerine ilişkin kurumsal yapılanma içinde hizmetlerin yönetimini üç aşamalı olarak tarif etmek mümkündür. Bu aşamaların birincisi, kent planlama ve teknik altyapı hizmetlerinin yönetimi, ikincisi ortak iş aşamaları ve iş ayrıntılarına sahip altyapı hizmetlerinin yönetimi ve üçüncüsü ise teknik altyapı hizmetlerini hazırlamakla sorumlu bütün kurumların yönetimidir. Bu üç aşama altyapı hizmetlerinin sağlıklı ve sorunsuz bir şekilde kente ulaştırılabilmesi ve gerçekleştirilebilmesi için dikkate alınması gereken yönetim aşamaları olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla altyapı hizmetlerine ve kent yönetimine ilişkin geliştirilecek yönetim yaklaşımlarının bu aşamaları ve aşamalara ilişkin

sorunlardan ve sorgulamalardan yola çıkarak bütüncül ve akılcı çözümlmeleri içermesi gerekmektedir.

3. TEKNİK ALTYAPI HİZMETLERİNDE KENT PLANLAMAYA BAĞLI ORTAYA ÇIKAN SORUNLAR

Kentlerde teknik altyapı hizmetlerinin hazırlanması ve sunulması, bu hizmetlerle ilişkili mühendislik, kent planlama, kent ekonomisi ve kent yönetimi gibi farklı disiplinler ve bunları belirleyen değişkenlerle ilişkili olarak çeşitlilik göstermektedir. Dolayısıyla teknik altyapı hizmetlerine ilişkin yapılacak irdelemelerin, sorun tespitlerinin ve bunlara ilişkin çözüm önerilerin bu çerçevede ele alınması gerekmektedir. Mevcut kurumsal yapılanma ve bunların organizasyon ve yönetim yapısı da, hem teknik altyapı hizmetlerinin gerçekleştirilmesinde yaşanan sorunları ortadan kaldırmak hem de altyapı yönetiminde eşgüdüm sağlamak için bu disiplinlerden bağımsız düşünülmemekte ve onların uzmanlıklarına ihtiyaç duymaktadır. Bu yazı kapsamında tartışmalar her ne kadar teknik altyapı hizmetleri ve kent planlama ilişkisi özelinde ele alınsa da, yürütülecek bu tartışmaları kent ekonomisi ve kent yönetiminden bağımsız düşünmemek gerekmektedir.

Kentlerimizin mevcut gelişme yapısı ve planlama anlayışı kente ilişkin birçok ikilemi de beraberinde getirmekte ve bunun sonucu olarak ikili bir altyapı dağılımını ortaya çıkarmaktadır. Bu ikili altyapı dağılımı kendisini düzenli (planlı) konut ve gecekondu bölgeleri ayırımında göstermektedir. Her birinin yapılma ve gelişme süreci farklıdır. Ortaya çıkardığı sorunlar da çok değişiktir. Gecekondu bölgelerinde önce üstyapı diyebileceğimiz konut ve diğer kullanışlar oluşmakta, daha sonra bu emrivakiler halinde üstyapı gelişmelerinin gerekli kıldığı altyapı yer almaktadır. Böyle bir gelişmede altyapı, üstyapının gelişmesinden sonra geldiği için birçok teknik ve ekonomik sorunu da beraberinde getirmektedir. Birçok halde bu tür altyapı önceden planlanmadan yerinde uygulanmaktadır [4]. Düzenli konut alanlarında ise, önce altyapının kurulduğu sonra üstyapının oluşturulduğu bir gelişme sürecinden söz etmek mümkündür. Ancak hızlı kentleşmeye bağlı olarak kentsel arsa üzerindeki spekülasyonlar ve talepler bu planlı ve düzenli konut alanlarında yoğunluk artışlarına ve hızlı dönüşümlere yol açmaktadır. Bunun sonucu olarak mevcut altyapı hizmetleri üzerine yük binmesine ve hizmet seviyesinin düşmesine veya yetersiz kalmasına yol açmaktadır. Ayrıca yeni imara açılan gelişme konut alanlarında da, belediye ve sorumlu kurum ve kuruluşların sınırlı finansal kaynaklara sahip olması nedeniyle altyapı hizmetlerinin zamanında ve yeterli seviyede ulaştırıldığından söz etmek mümkün olamamaktadır.

Teknik altyapı hizmetlerinin hazırlanmasında ve sunulmasında çok önemli bir yere sahip olan kent planları, doğal olarak bu hizmetlere ilişkin sorunların meydana gelmesinde de önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamda bu hizmetlerde kent planlamaya bağlı olarak ortaya çıkan, yaşanan sorunları genel hatlarıyla ve kısaca aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Kent planlama sürecinde altyapı projelerinin, standartlarının, eşiklerinin, yatırımlarının ve gelecekteki altyapı gereksinimlerinin değerlendirmeye alınmaması, kentsel altyapının şehrin gelişiminin kontrol edilmesindeki ve yönlendirilmesindeki rolünün dikkate alınmaması,
- Teknik altyapı hizmetlerine ilişkin iş aşamalarının ve ayrıntılarının programlanmasında ve gerçekleştirilmesinde temel oluşturan kentlerin imar planlarında yapılan tadilat ve revizyonların altyapı projeleri ile eşgüdümlü ve eşzamanlı olarak gerçekleştirilememesi,

- Kent planlarının ve teknik altyapı projelerinin oluşturulmasında sorumluluğu bulunan çok sayıda kurum ve kuruluşun bulunması ve bunların arasında bilgi sistemlerinin ve ağının sınırlı olması veya olmamasına bağlı olarak eşzamanlı ve eşgüdümlü proje değişikliklerinin ve uygulamalarının gerçekleştirilememesi,
- Kentsel arsa üzerindeki baskılar ve dönüşüm talepleri sonucunda parçacı planlama yaklaşımı ile planlarda tadilat ve revizyon yoluyla gerçekleştirilen yoğunluk artışlarının teknik altyapı projelerinin işlevsiz ve yetersiz kalmasına yol açması, mevcut altyapı sistemlerinin yenilenmek zorunda kalınması ve buna bağlı olarak hizmet yatırımların artması,
- Plan ile öngörülen yapılaşma ve mekansal değişikliklerin plan ile öngörülen süre zarfında gerçekleşmemesi,
- İmar planı öngörülerinin gerçekleşmemesi sonucunda uzun dönem için planlanan bu hizmetlere ilişkin ölü yatırımların (batık maliyetler) oluşması,
- Kent planlama ve teknik altyapı hizmetlerinin projelendirilmesinde ve inşasında eşgüdüm içinde yatırımların sağlanmaması, yönlendirilmemesi,
- Kent planlarının teknik altyapı hizmetlerine ilişkin finansman, bütçe ve kaynak yaratılması zor, yatırımları arttıracak niteliklere ve uygulamalara sahip olması,
- Teknik altyapı hizmetlerinin uzun ömürlü olması, esnek olmaması ve kısa sürede değiştirilememesine bağlı olarak mekansal değişikliklere zamanında ve kolay bir şekilde uyumlanamaması,
- Kurum ve kuruluşların kamu veya özel sektör olmasına bağlı olarak farklı sorumluluk alanları, organizasyon ve yönetim yapılarına sahip olmaları ve sahip oldukları sınırlı finansal kaynaklar ve öncelikler nedeniyle eşgüdümlü ve ortak gerçekleştirme ve programlama seçeneklerinin kısıtlı olması,
- Kurumlar arası denetim ve eşgüdümü sağlamak amaçlı kurulan birimlerin işlevlerini tam olarak yerine getirememesi, bazı kent yönetim yapılanması içinde bu niteliklere sahip bir birimin bulunmaması,
- Mevcut organizasyon ve yönetim yapısında bu hizmetlerin uygulanmasında kullanılan standartların ve yasal düzenlemelerin günün koşullarının ve pratiklerinin gerisinde kalmasıdır.

Teknik altyapı hizmetlerinde kent planlamaya bağlı olarak yaşanan bu sorunların aslında kent ekonomisi ve kent yönetimine ilişkin çeşitli sorunları da ortaya çıkardığı görülmektedir. Dolayısıyla bu noktada sorunların ortadan kaldırılmasına yönelik, hem kurumlar hem de kent planlaması ve teknik altyapı hizmetleri arasında eşgüdümlü ve ortak yeni bir ilişki şemasının ve yönetim yaklaşımının geliştirilmesi, kent planlaması ve mühendislik uygulamalarının yanı sıra kent ekonomisi ve kent yönetimine ilişkin de çözümlerleri ortaya koyacaktır.

4. ÇÖZÜM ÖNERİSİ OLARAK EŞGÜDÜMLÜ BİR YÖNETİM YAKLAŞIMI

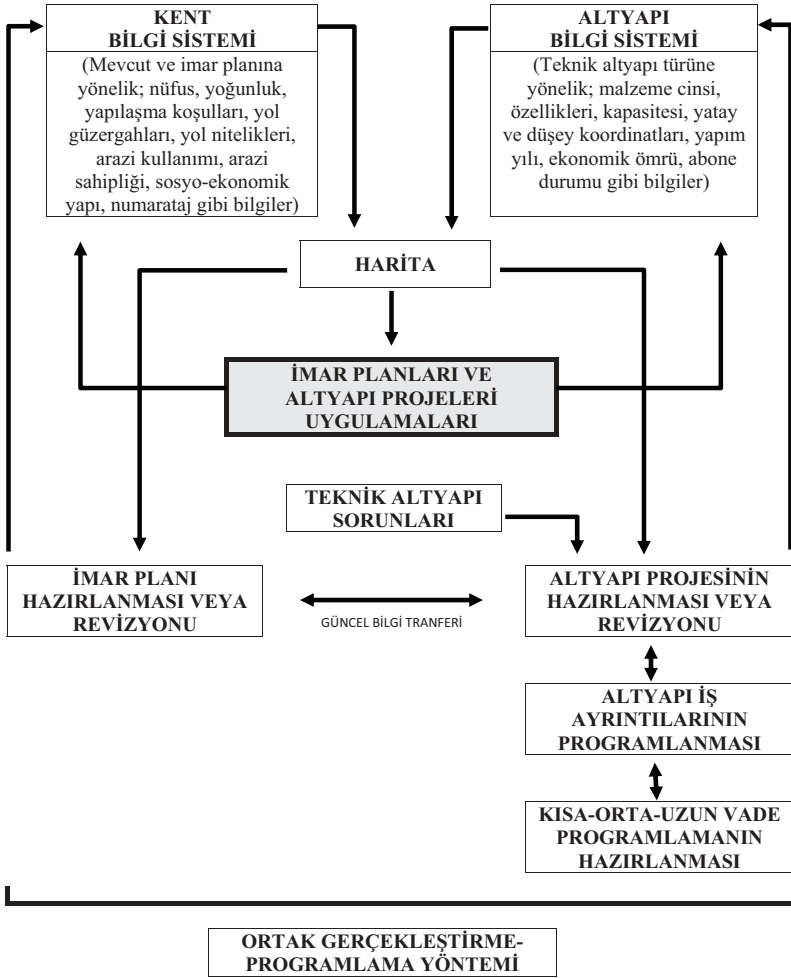
Teknik altyapı hizmetlerinin özellikle kent planlama ve onun sonuç ürünleri olan imar planları ile olan doğrudan ilişkisi düşünüldüğünde kent ve teknik altyapı planlamasına ilişkin ortak ve eşgüdümlü bir yönetim yaklaşımının geliştirilmesi, altyapı hizmetlerine ilişkin kentlerimizde yaşanmakta olan altyapı sorunların çözümünün yanı sıra sınırlı olan kaynakların verimli ve etkin kullanımını sağlanmasında, iş tekrarlarının, zaman ve kaynak kayıplarının, israflarının ve proje uygulamalarında yarım kalma riskinin ortadan kaldırılmasında da büyük önem taşımaktadır. Bu noktada eşgüdümlü yönetim yaklaşımı, teknik altyapı hizmetlerinin sorunlarından hareketle bu hizmetlerin hazırlanması ve

sunulması sürecinde kent planlama ve mühendislik disiplinlerinin uzmanlıkları, iş aşamaları, ayrıntıları ve sorumlu kurum ve kuruluşları arasındaki ilişkiyi düzenleyen organizasyon yapısına ve şemasına ilişkin ve teknik altyapı hizmetlerinde ortak gerçekleştirme ve programlamaya olanak sağlayan yapılanmasına ve bilgi sistemlerine ilişkin olmak üzere iki alanda çözüm önerilerini geliştirmektedir.

Kent planlama ve teknik altyapı planlaması arasındaki ilişkiyi düzenlemeye ve mevcut ilişkiden kaynaklanan sorunların ortadan kaldırılmasına yönelik her iki planlama anlayışına ve süreçlerine ilişkin iş aşamaları ve ayrıntıları arasında eşgüdüm sağlayan yapılanmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Bir başka deyişle teknik altyapı hizmetlerinin hazırlanması ile kent planlamada imar planının hazırlanması, imar planında revizyonların yapılması ve imar planın onaylanması noktalarında karşılıklı, eşgüdümlü ve eşzamanlı bir ortak programlama ve gerçekleştirmeye olanak sağlayan bir yönetsel yapılanmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Çünkü kentin gereksinim duyduğu gerek kent planlama gerekse de teknik altyapı alanındaki kamusal hizmetlerin standardının sağlanması ve artırılması bu şekilde mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla ister kent planlama ister teknik altyapı planlama süreci olsun her iki tarafın karşılıklı olarak birbirlerinin planlama süreçlerine katılmaları, plan ve proje düzenlemelerine ilişkin ortak karar üretmeleri, hizmet kalitesinin ve standardının sağlanması için optimum teknik altyapı planlama yöntemlerini ve seçenekleri belirlemeye, gerçekleştirmeye olanak sağlamaktadır.

Bu hizmetlere ilişkin orta ölçekli bir kentte, kent planlama, temel iş aşamaları ve kurumlar arasındaki karşılıklı ilişkiyi ve katılımı gösteren ortak gerçekleştirme-programlama yönetim yapısı ve şeması Şekil. 1 ile ortaya konulmaktadır. Şekil'den de görüldüğü üzere, altyapı hizmetlerinin uygulanması/inşası, imar planlarının uygulanmasına ve yolların inşasına bağlı olarak eşgüdümlü ve eşzamanlı olarak mümkün olabilmektedir. Yolların inşasında veya imar planlarının uygulanmasında ortaya çıkabilecek aksaklıklar ve sorunlar, altyapı hizmetlerinin inşasının projeye uygun yapılamamasına, geçici uygulamaların yapılmasına veya projelerde değişikliklerin yapılması gibi birçok farklı değerlendirmeyi ve uygulamayı ortaya çıkarmakta, bu da hizmetlerin gerçekleştirilmesini, programlanmasını ve hizmet standardını olumsuz etkilemekte ve düşürmektedir. İşte bu yüzden, gerek hizmetlerin gerekse de kentteki yaşam standardının, kalitesinin artırılması için altyapı hizmetlerinin inşasının, imar planlarının uygulanmasının ve yolların inşasının eşgüdümlü ve eşzamanlı teknik altyapı planlamasında ve ortak gerçekleştirme-programlama yaklaşımlarının uygulanmasında büyük bir rolü bulunmaktadır. Ayrıca iş aşamalarına ilişkin bu eşgüdümlü yönetim yaklaşımı, teknik altyapı hizmetlerinin finansmanına, sınırlı olan finansal kaynakların verimli ve etkin kullanılmasına da olanak sağlamaktadır.

Ortak ve eşgüdümlü bir yönetim yaklaşımının uygulanabilmesi için gerek kent planlamayı gerekse de teknik altyapı hizmetlerini belirleyen değişkenlere ilişkin Şekil 2'deki gibi bir ortak bilgi sistemlerinin ve bilgi altyapısının oluşturulmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu noktada, bilgi sistemlerinde koordinat sorunu yaşanmaması için aynı koordinat sistemini kullanan dijital haritalar üzerinden üretilmesine dikkat edilmelidir. Oluşturulacak olan bu bilgi sistemleri (kent bilgi sistemleri, altyapı bilgi sistemleri), gerek altyapı-üstyapı ilişkisinin kurulması ve sorunların tespit edilmesi gerek iş, süre, para programının yapılması, gerekse de teknik altyapı hizmetlerine ve kente ilişkin ortak projelerin, planların, stratejilerin üretilmesi veya bunlarda eşgüdümlü ve eşzamanlı iyileştirmelere, yenilemelere en doğru ve kısa sürede gidilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2. Teknik altyapı hizmetlerinin ilişkin ortak gerçekleştirme-programlama yöntemlerinde bilgi sistemlerinin rolü.

Özellikle altyapı bilgi sistemleri, teknik altyapı hizmetlerine ilişkin içerdiği bilgiler nedeniyle sorumlu kurumların önceliklerini ve gerekliliklerini tespit ederek, strateji ve kısa-orta-uzun vade programlarını oluşturmalarına ve uygulama/inşaat aşamasında diğer teknik altyapı hizmetlerinin şebeke ve tesislerinde meydana gelen zararların ortadan kaldırılarak bu aşamaya ilişkin iş tekrarlarının, zaman ve kaynak kayıplarının en aza indirilmesine, dolayısıyla da iş ayrıntılarının ortak gerçekleştirilmesine ve programlanmasına olanak sağlamaktadır. Bunların yanı sıra bu bilgi sistemleri, teknik altyapı hizmetlerinin projelerinde hizmet sınırlarına ve alt bölgelerine ilişkin standartların, limitlerin, eşiklerin belirlenmesi, tarif edilmesi ve bu çerçevede imar planlarında gerek

strateji oluşturulması gerekse de yapılması düşünülen plan tadilat ve revizyonlarının çerçevesine, kapsamına ve niteliklerine ilişkin yönlendirici bilgi vermesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Görüldüğü gibi, bu bilgi sistemlerinin oluşturulması hem teknik altyapı hizmetlerine hem de imar planlarına ilişkin eşgüdümlü ve eşzamanlı ortak vizyon, strateji, politika, plan, proje ve program oluşturulmasına olanak sağlaması, hizmet kalitesini sağlayacak standartların, limitlerin ve eşiklerin oluşturulması açısından büyük öneme sahiptir.

Bilgi sistemleri, kurum ve kuruluşların proje ve plan üzerindeki taleplerinin, değişikliklerinin ilgili diğer kurumlar tarafından en kısa sürede değerlendirilmesi, görüşlerinin ve önerilerinin bildirilmesi, paylaşılması açısından da büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, bu noktada bu bilgi sistemlerinin oluşturulması kadar bilginin yönetimine ve yönlendirilmesine yani kurumlar arası bilgi ağını kurarak, hızlı ve doğru bilgi transferini, akışını sağlayacak bir organizasyon yapısına da ihtiyaç bulunmaktadır. Böylece bu organizasyon yapısı içinde bulunan kurumların strateji, vizyon, amaç ve hedeflerinin yanı sıra politika, plan, proje ve programlarının hazırlanması ve kurumların stratejileri çerçevesinde her yıl kesin kısa-orta-uzun vade programlarının paylaşımı ve bunların değerlendirilmesi ile ortak gerçekleştirme-programlama seçenekleri değerlendirilerek yatırımların eşgüdümlü ve eşzamanlı organize edilmesi, yönlendirilmesi ve uygulanması mümkün olabilecektir.

Bugün büyükşehirlerde var olan AYKOME'nin (Altyapı Koordinasyon Merkezi) işleyişinden yaşanmakta olan mevcut sorunları ortadan kaldırmaya yönelik yeni düzenlemelerin ve aynı niteliklere sahip organizasyon yapısının tüm yerel yönetimlerde bulunmasını sağlayacak düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. AYKOME'nin görevi, sadece uygulama/İNŞAAT, denetim ve işletim (bakım/onarım) aşamalarına yönelik kurumlara kazı ruhsatı vermek ve bunları denetlemek, kontrol etmek olmamalıdır. Bu kapsamda, yerel yönetimler kadar diğer teknik altyapı kurum ve kuruluşlarının da sorumluluklarının arttırılması ve bunların içinde de altyapı koordinasyon birimlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu birimlerin yerel yönetim düzeyinde bir araya geldiği altyapı koordinasyon üst kuruluna ihtiyaç bulunmaktadır. Kent planlamanın altyapı projeleri üzerindeki önemli ve yönlendirici etkisi de düşünülerek kent planlama ile ilgili birimlerin de üst kurula katılması gerekmektedir. Aynı şekilde, kent planlama birimi içinde altyapı koordinasyon biriminin de oluşturulması gerekmektedir. Bunun dışında, bütün kurumların altyapı koordinasyon birimlerinde konuyla ilgili yani kent mühendisliği alanında personelin eğitilmesi ve uzman personelin bulundurulması zorunlu tutulmalıdır. AYKOME bünyesinde yer alan, altyapı yatırımlarına ilişkin sınırlı kaynaklara sahip olan kurumların kaynaklarının hem etkin ve verimli kullanılabilmesi hem de ortak gerçekleştirilmesi-programlanması gereken iş aşamaları ve iş ayrıntıları için kurum bünyesinde ve üst kurul tarafından kontrol ve idare edilen ortak bir hesaptan, bütçeden yatırımların finansmanına ihtiyaç bulunmaktadır. Bunun dışında, ortak harita oluşturulması, bilgi sistemlerinin oluşturulması, proje hazırlanması gibi ortak işlere ve bu işlerin niteliklerine göre kurumların bu işlerin finansmanına ortak katılımlarını sağlayan düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

5. SONUÇ

Bugün kentlerimizde teknik altyapı hizmetlerinden sorumlu kurum ve kuruluşların mevcut organizasyon ve yönetim yapısının, teknik altyapı projelerinin hazırlanması ve sunulmasını sürecinde gerek mevcut kent planlama anlayışı gerekse de kentleşme düzeyi ve hızına bağlı

olarak çeşitli altyapı sorunlarını ortaya çıkardığı görülmektedir. Dolayısıyla bu mevcut yapı içerisinde, kent planlama ile teknik altyapı planlaması ilişkisinin kurulması ve sorunların tespit edilmesi, iş, süre, yatırım programının yapılması, teknik altyapı hizmetlerine ve kente ilişkin ortak projelerin, planların, stratejilerin üretilmesi veya bunlarda eşgüdümlü ve eşzamanlı iyileştirmelere, yenilemelere en doğru ve kısa sürede gidilmesi için bilgi sistemlerine, organizasyon ve yönetim şemasına ilişkin düzenlemelere ve yapılanmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu yazıda ortaya konulan eşgüdümlü yönetim yaklaşımı, bu çerçevede ortak çözüm önerilerini içermekte ve tartışmaktadır.

Ayrıca, bu eşgüdümlü yönetim yaklaşımı, kentsel arsa üzerindeki spekülasyonlar, yoğunluk artışına yönelik baskılar ve son dönemde gündemde yer alan kentsel dönüşüm talepleri, projeleri gibi çeşitli parçacı kent planlama yaklaşımlarının sonucu olarak teknik altyapı projeleri ile kent planlarının eşgüdümsüzlüğünden kaynaklanan sorunların önüne geçilmesine de olanak sağlayacaktır. Bu yönetim yaklaşımının ortaya koyduğu kurumsal yapılanma ve örgütlenme ortak politika, plan, proje ve program hazırlanmasına ve üretilmesine yönelik fırsatları ortaya koyacaktır.

Bunun dışında, bu çerçevede yürütülen tartışmalar ve geliştirilen öneriler, mühendislik uygulamaları, kent planlaması, kent ekonomisi ve kent yönetimine ilişkin ortak bir uzmanlık, deneyim ve paylaşım alanının ortaya çıkmasına da yol açabilecektir. Geniş kapsamlı ve bütüncül bir çerçevede altyapı hizmetlerinden sorumlu bütün kurum ve kuruluşların katıldığı bir süreç ile altyapı sorunların ele alınması, hizmetlerin hazırlanması ve sunulması, akılcı çözümlerin üretilmesinde, sınırlı finansal kaynakların verimli ve etkin kullanılmasında, hizmetlerin kente kaliteli, eşit, adil, sağlıklı bir şekilde ulaştırılmasında ve sürekliliğinin sağlanmasında önemli rol oynayacaktır. Sonuç olarak, sağlıklı, yaşanabilir ve sürdürülebilir kentsel mekanların oluşturulması için üstyapı ile altyapının birlikte bir bütün olarak ele alınmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] E. Erdin, 2009, Şehrsel Yerleşmelerde Teknik Altyapı Projelerinin Ortak-Eşgüdümsel Niteliklerinin Belirlenmesi Örnek Alan: Tire Belediyesi / İzmir, DEÜ FBE Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir.
- [2] L. Ünverdi ve H.E. Erdin, 2010, “Plan Yetkisine Sahip Farklı Otoritelerin Planlamaya Etkisi: İzmir Örneği”, Peyzaj Mimarlığı IV. Kongresi 21-24 Ekim 2010, Selçuk, İzmir.
- [3] 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu, 2004.
- [4] İ. Tekeli, 1991, “Şehirlerimizdeki Altyapı Sorunları”, Kent Planlaması Konuşmaları, Ankara.

İNTERNET CBS İLE ALTYAPI BİLGİ SİSTEMİ ÇÖZÜMLERİ

Erk EKİN*, Alper ÇABUK**

*Anadolu Üniversitesi, Uydu ve Uzay Bil. Araş. Ens., Eskişehir – erkekin@gmail.com

**Anadolu Üniversitesi, Uydu ve Uzay Bil. Araş. Ens., Eskişehir – acabuk@anadolu.edu.tr

ÖZET

Türkiye’de altyapı sistemleri, çoğu üstyapı projesinde olduğu gibi plansız ve çarpık bir şekilde inşa edilmektedir. Ayrıca altyapı inşaatlarında tüm çalışma yerin altında olduğu için çalışmalar, üstyapılar kadar dikkat çekmemektedir. Gelişigüzel ve yerinde projelendirilen altyapı tesislerinin inşası sırasında başka kurumlara ait aynı mahalde bulunan tesisata zarar verilebilmekte ve bu zarar önemli ölçüde hizmet aksamasına yol açabilmektedir. Bu noktada altyapı işleri yapan kurumlar, ortak kullanabilecekleri, konumsal veri sorgulaması yapabilecekleri, bu verileri ekleyip silebilecekleri ve sunucu kurulumu ile bakımı dışında hiç bir ek mali gider barındırmayacak, tamamen internet tarayıcıları üzerinden işleyen ve kullanıcı dostu bir sisteme ihtiyaç duymaktadırlar. Eğitimli operatörler çevrim içi sunulan haritalar üzerindeki katmanlarda, kurumlarına ait özellikleri değiştirebilecek, aynı zamanda diğer kurumların tesisleri ve konumları hakkında bilgi sahibi olabileceklerdir. Çalışma dâhilinde geliştirilecek sistem, bu ihtiyaçlara yanıt verebilen, coğrafi bilgi sistemleri tabanlı, kapsamlı bir web uygulamasını kapsamaktadır. Anahtar Kelimeler: Altyapı bilgi sistemi, Internet CBS, web tabanlı CBS

1. GİRİŞ

Daha çok altyapı sistemlerine yönelik uygulamaları konu alanbu araştırma, internet tarayıcıları üzerinden hizmet veren bir konumsal veri entegrasyonu uygulamasını tanıtarak çarpık ve plansız altyapı inşaatlarının teşkil ettiği sorunlara dikkat çekmekte ve bu sorunlara çağdaş çözümler arama amacı gütmektedir.

Uzaktan algılama teknolojilerinin getirdiği yenilikler sayesinde günümüzde kişisel bilgisayarlar ile yaşadığımız gezegene kuşbakışı bakmak mümkün hale gelmiştir. Bu gözlemler sonucunda daha belirgin olarak fark edilmektedir ki, şehirlerimiz çarpık kentleşme sorunuyla yüz yüzedir.

Çarpık kentleşmenin doğal bir sonucu da çarpık altyapı sistemleridir. Düzensiz yerleşkelerin altyapı planlamaları da sağlıklı olmamaktadır. Altyapı inşaatı yapan kurumlar sistemsizce çalışmakta, bu durum da istenmeyen birçok kazanın yaşanmasına sebep olmaktadır. En sık görülen kaza tipi, bir firmanın istemeden başka bir firmanın yeraltı tesisatına zarar vermesidir. Örneğin bir doğal gaz şirketi kendi boru hatlarını caddenin 1,5 metre alt kotuna yerleştirmiştir. Aylar sonra belediyenin su ve kanalizasyon işlerinden sorumlu kurumu aynı caddede tesisat döşeme çalışması yapmaktadır. Kazı aşamasında bir kepçe, gaz şirketinin döşemiş olduğu doğal gaz hattına zarar verebilmektedir. Aynı şekilde bir elektrik firmasının da bir telekomünikasyon şirketinin tesislerine zarar vermesi olasıdır.

Çarpık altyapı sistemlerinin bir diğer olumsuz sonucu da boru hattı bakım ve yenileme çalışmaları için, caddelerin üstünü kaplayan asfalt tabakasının yıl içinde sayısız kez kaldırılmasıdır. Kaldırılan yol tabakasının yerine dökülen asfalt, önceki kadar kalıcı olmamaktadır. Kışın belediyelerce donmaya karşı yapılan tuzlama çalışmaları veya ağır araçların sürekli baskısı yüzünden bu tabaka zarar görmekte ve caddelerde çukurlar oluşmasına neden olmaktadır. Oluşan bu çukurlar taşıtların amortisör sistemlerine zarar vermektedir. Sonuç olarak araçların yıpranması ülke ekonomisinde önemli bir zarara neden olmaktadır.

Kentlerde plansızlıktan kaynaklanan kayıpların bilançosu yılda milyonlarca Türk lirasını aşmaktadır. Kazalar sonucu şehirde oluşabilecek elektrik, su veya iletişim kesintisi gibi olaylar toplumsal rahatsızlık yaratmaktadır. Bir kurumun, yeraltı inşaatı sırasında başka bir kurumun tesisatına zarar vermemesi için, o kurumun tesislerinin konumsal verilerine ihtiyacı olmaktadır. Dolayısıyla altyapı inşaatlarında düzen ve plandan ancak, yeraltı inşaatını üstlenen tüm kurumların, birbirlerinin altyapı hatlarından konumsal anlamda haberdar olduğu bir durumda söz edilebilecektir.

Konumsal veriye çok geniş alanda gereksinim duyulmaktadır. Ulaşım ağı planlamasında da, tesislere ait hatların yönetiminde de konumu belirleyen bilgiye gereksinim vardır. Bilgi sistemi için gerekli veriler farklı kaynaklardan ve farklı teknolojiler kullanılarak toplanabilmektedir. Veri toplama yöntemlerinin başlıcaları; arazi ölçmeleri, fotogrametrik yöntemler, uzaktan algılama, harita ve doküman sayısallaştırma ve coğrafi bilgi transferidir. Bu yöntemlerin her biri ayrı ayrı kurumlar için hem zaman hem de maliyet kaybıdır. Bu nedenle bir kuruluşun gereksinim duyduğu konumsal veri çoğu kez ilk elden toplanması yerine sayısal formda başka kuruluşlardan sağlanabilir. Böylece aynı sayısal veri, farklı kullanıcılar tarafından ortaklaşa kullanılarak paylaşılabilecektir. Veri paylaşımı ile farklı kurumların aynı veriyi ilk elden toplama yoluna giderek, kaynaklarını gereksizce israf etmeleri önlenecek ve veri toplama maliyeti önemli ölçüde azalacaktır. Ayrıca farklı kaynaklardan veri sağlanabilmesi ile yeni uygulamalar mümkün olabilecek ve böylece çok daha çeşitli gereksinimlere cevap verebilecektir [2].

2. İNTERNET CBS

Dünya çapında ağ(web) teknolojileri geliştikçe internet daha çok kitlelere yayılmakta ve kullanıcı sayısı hızlanarak artmaktadır. Yüksek hızlı internetin de hızlı gelişimiyle masaüstü bilgisayarlar ile internet tarayıcıları üzerinden dünyanın herhangi bir yerindeki bilgisayarlar ile iletişim hızlanmış bu da bulut bilişim (Cloud Computing) teknolojisini beraberinde getirmiştir. Yerel bilgisayarların, kullanılan yazılımların ihtiyaçlarına cevap veremediği durumlarda, bu ihtiyacı uzaktaki başka bilgisayarın karşılaması, sonuçları da

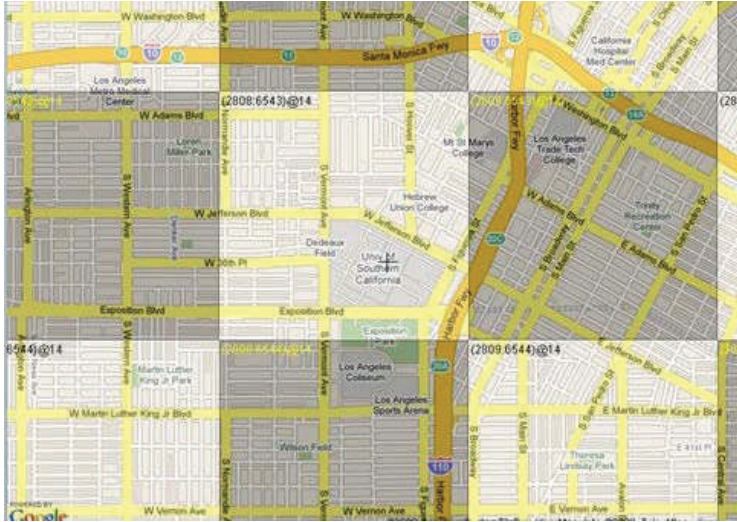
tekrar yerel bilgisayara göndermesi işlemine Bulut Bilişim denmektedir. İnternet CBS'nin de temeli bu teknolojidir. Başka bilgisayarlarda tutulan haritaların, konumsal verilerin veya tablo verilerin yerel bilgisayar üzerinden sorgulanması ve analiz edilmesi gibi işlemler internet tabanlı coğrafi bilgi sistemlerinin alanına girmektedir.

Kurumların hizmet yönetimi bağlamında kullanabilecekleri bir otomasyon sistemi düşünüldüğünde, bu sistemin internet üzerinden tarayıcılar ile çalışması birçok avantaj sağlayacaktır. Web tabanlı bir sistemin kullanılmasının getireceği en büyük avantaj ise maliyettir.

3. KONUM VERİSİ YAYINLAMA

Dijital görüntüleme olanakları arttıkça ve bilgisayarlar daha büyük kitlelere yayıldıkça, kâğıt üzerinde bulunan görsel ve sözel veriler dijital ortama taşınmaya başlamıştır. Bu değişimin getirdiği yenilikler sayısızdır. Dijitalleştirme, kâğıt tüketimini azaltmasıyla çevre dostu, hızlı üretim nedeniyle vakit kazandıran ve birçok verinin hızlıca güncellenmesini sağladığından dolayı verimli bir teknolojik gelişme olarak görülmektedir.

Haritalar da günümüzde hızlıca bilgisayar ortamına taşınmaktadır. Ancak haritalar nispeten büyük baskılar olduklarından, küçük bir ekranda görüntülenebilme olanağı sağlandıktan sonra dijitalleştirilmeye başlamışlardır. En çok kullanılan dijital haritalama yöntemi mozaik (tile-cache) görüntülemidir (Haiting 2009). Bu teknik ile tüm haritayı yüklemek yerine yalnızca ihtiyaç duyulan alanın görüntüsünü ekrana basmak mümkündür. Google Maps (Şekil 3.1.) de bu şekilde çalışmaktadır [3].



Şekil 3.1. Google Maps'te de kullanılan mozaik tekniği

Web tabanlı haritalar da mozaik tekniğini kullanmaktadır. Coğrafi bir veri tabanında saklanan veriler bir web sayfası ekranında gösterilebilmektedir. İnternet, bilgisayarların birbirlerine bağlı oldukları büyük bir ağ sistemi olduğu için veri transferleri zaman

almaktadır. Mozaik tekniği ile sadece istenen bir konumun görseli yüklendiği için görüntüleme hızlı olabilmektedir. Bu teknikte harita birden çok ölçekte üretilir ve her bir ölçek mozaiklere bölünür. Yakınlaşma ve uzaklaştırma ile ölçek değişir ve karar kılınan ölçekte istenen yer seçilir. Seçilen yerin yüklenmesiyle istenen ölçekte istenen konum internet üzerinden kullanıcılara gösterilir.

Mozaik tekniği gezici cihazlarda da çalışabilecek esnek bir tekniktir. Sadece bilgisayar faresiyle değil dokunmatik ekranlar aracılığıyla sadece parmak kullanarak haritanın çeşitli kısımlarını incelemek mümkündür. Çoklu dokunmatik ekranlar ile çift parmağın birbirine yakınlaştırılıp uzaklaştırılmasıyla yakınlaştırma işlemleri rahatlıkla yapılabilmektedir (Şekil 3.2.).



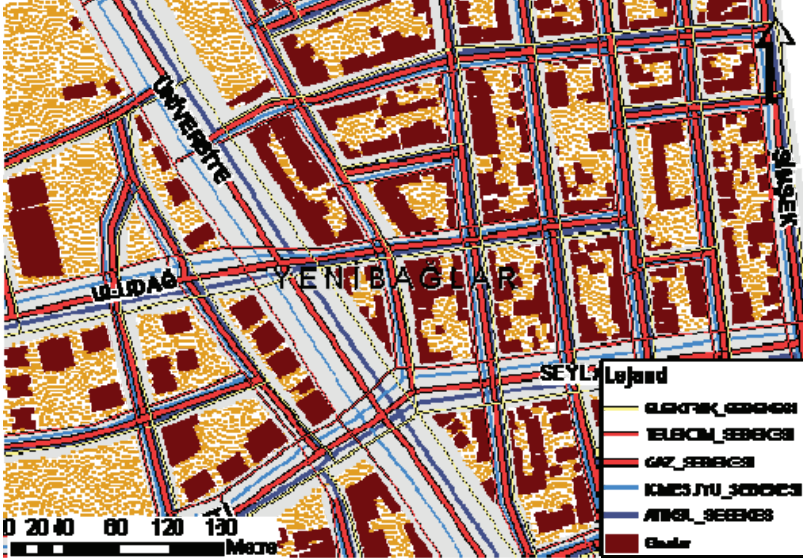
Şekil3.2. Çoklu dokunmatik ekranların haritalamada kullanımı

Geleneksel çevrimiçi haritaların yayını; html, javascript, ajax, php gibi birçok web yazılım dili ve tekniğinin bütünsel kullanımı ile mümkün hale gelmektedir. Günümüzde CBS çözümleri sunan ticari firmalar, CBS sunucu yazılımlarında yayınlanan çevrimiçi harita uygulamalarının daha etkin biçimde kullanılması amacıyla API (Application Programming Interface) adı verilen bir hizmet sağlamaktadırlar. Bu sayede, sağlanan web hizmetlerinin ve betiklerin geliştiriciler tarafından daha kolay anlaşılması sağlanmakta ve geliştiricilere, yayınladıkları haritalara yeni interaktif ve görsel özellikler kazandırmalarında yardımcı olunmaktadır. API'ler çeşitli programlama dillerinde kullanılabilmektedir. Bunların arasında Microsoft Silverlight, .NET, Adobe Flex ve Java gibi programlama dilleri mevcuttur. Her bir yazılım platformunun sunduğu avantajlar birbirinden farklıdır. Örneğin Adobe Flex daha görsel çözümler üretilmesine olanak verirken, Microsoft ürünleri daha hızlı haritalama yapmayı sağlamaktadır.

4. ÖRNEK ÇALIŞMA

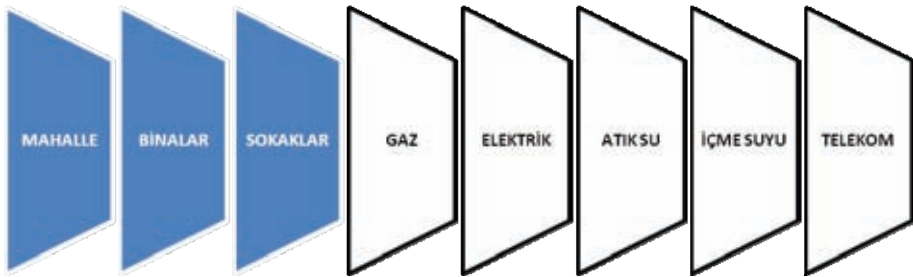
Bu çalışmada verileri ağda sunmak için ArcGIS Server yazılımı kullanılmıştır. Ancak piyasada aynı görevleri yapabilen birçok yazılım bulunmaktadır. Örneğin açık kaynaklı Geoserver yazılımı ile .SHP uzantılı veya PostgreSQL veri tabanı içerisindeki konum verilerini ağ üzerinden sunmak mümkündür. Bu çalışmada işletim sistemi olarak Windows Server 2003, veri tabanı olarak açık kaynaklı PostgreSQL, konumsal veri tabanı motoru

olarak ArcSDE ve harita servis yazılımı olarak ArcGIS Server yazılımları kullanılmıştır. Çalışmada örnek teşkil etmesi amacıyla hipotetik veriler kullanılmıştır. Eskişehir'in Yeni Bağlar Mahallesi'nin tahmini altyapı tesisatları el ile ArcMap yazılımı aracılığıyla çizilmiştir (Şekil 4.1.). Gerçeğe uygun olması amacıyla boru ve kablo hatları yol kotunun altından geçirilmiştir. Ancak gerçek uygulamada zaman zaman özel parsellerin de altından hatlar geçebilmektedir.



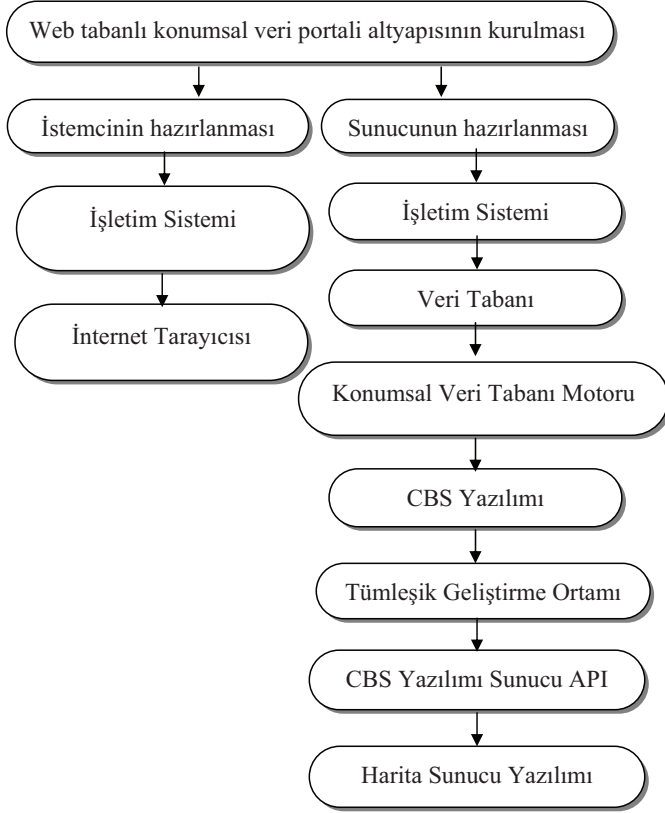
Şekil 4.1. Çoklu dokunmatik ekranların haritalamada kullanımı

Çizimler tamamlandıktan sonra ArcSDE ve PostgreSQL veri tabanları kurulup ayarları yapılarak veriler ArcCatalog üzerinden ArcSDE aracılığıyla veri tabanına yazılmıştır. Ardından ArcGIS Server yazılımı kurulmuş ve veriler internet üzerinden yayınlanmaya hazır duruma getirilmiştir. Şekil 4.2.'de görülen ilk üç katman herkes tarafından görülebilmekte ama değiştirilememekte, diğer her bir katman ise sadece ait olduğu kurum tarafından değiştirilebilmektedir.



Şekil 4.2. Veri katmanları

Farklı altyapı kurumları ve vatandaşlar tarafından görülebilecek fakat sadece kurumlar tarafından üzerinde değişiklik yapılabilecek bir bilgi sistemi geliştirebilmek için çeşitli yazılımların bir uyum içerisinde kullanılması gerekmektedir. Bu yazılımlar en temel haliyle aşağıdaki Şekil 4.3.'teki gibi sıralanabilmektedir.

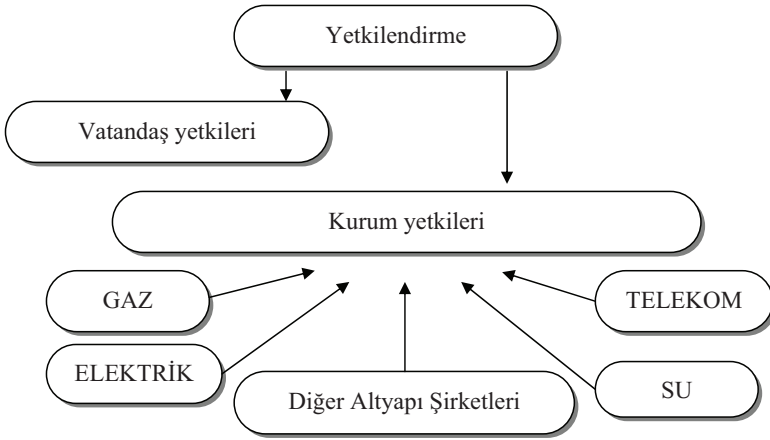


Şekil 4.3. Web tabanlı konumsal veri portalı altyapısının kurulması

Yazılımlar uygun biçimde kurulduktan sonra ara yüz tasarımı yapılmalıdır. Ara yüz tasarımı için bu çalışmada Microsoft Visual Basic 2008'den yararlanılmıştır. ESRI firmasının ArcGIS for .NET API adını verdiği uygulama geliştirme ara yüzü ile harita uygulamalarını herhangi bir programlama bilgisine sahip olmadan kolayca üretmek mümkündür.

4.1. Yetkilendirme

Bir bilgi sisteminde belirli kullanıcıların belirli verilere ulaşip diğer verilere ulaşamamasının sağlandığı sisteme yetkilendirme denilmektedir. Yetkilendirme sayesinde uzman olmayan kişiler belirli verileri yalnızca görebilirken (read only), uzman elemanlara düzenleme yetkisi (read-write) verilebilmektedir. Bu sayede yanlış veri girişi, silimi ve güncelleştirmesinin önüne geçilmiş olunmaktadır [1].



Şekil 4.4. Yetkilendirme

Konumsal veri entegrasyonunun sağlanacağı bir altyapı bilgi sistemi projesinde yetkilendirme önem arz etmektedir. Farklı kurumlar birbirlerinin konumsal verilerine erişebilmeli ancak değiştirememelidir. Bu yapıyı sağlamak için kurumlardaki yetkililere kullanıcı hesapları açılmalı ardından bu kullanıcılara yetkilendirmeler yapılmalıdır. Her bir kullanıcı yalnızca dâhil olduğu kurumun verilerini değiştirme yetkisine sahip olmalıdır (Şekil 4.4.).

Microsoft Visual Basic 2008 yazılımı üzerinden ASP Administrator Page aracılığıyla kullanıcı yetkilendirmesi yapılmıştır. Ancak daha büyük ölçekli gerçek uygulamalarda etki alanı çözümlerine başvurulmalıdır. Etki alanı yetkilendirmesi ile kullanıcı yönetimi daha güvenilir ve basit hale gelmektedir.

Örnek çalışmada yapılan çevrimiçi harita uygulaması ile kullanılabilir ölçekte bir altyapı bilgi sistemi örneği geliştirilmiştir. Bu sayede adı geçen kurumlar kendi verilerini kendi kurumları içerisinde tutma zorunluluğundan kurtulabilmekte ve bilgisayarları yormadan uzaktaki sunuculardan yararlanabilmektedirler. Bu ve bunun gibi uygulamalar ile altyapı kurumları daha şeffaf şekilde çalışabilecek ve birbirlerinin altyapı tesisleri hakkında detaylı konumsal bilgiye sahip olabileceklerdir. Kazı izni alma konusunda da vatandaş tarafından etkin biçimde kullanılacak uygulama, yukarıda anlatılan işleyişe göre hizmet verebilecektir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Coğrafi bilgi teknolojilerinin hızlı gelişimi göstermektedir ki, yakın gelecekte ulusal veya daha büyük çaplı coğrafi veri tabanları hazırlanacaktır. CBS alanındaki hızlı gelişmeler göz önüne alındığında bu teknolojinin olanaklarından faydalanmayan kurum ve kuruluşlar teknolojinin gerisinde kalacaklardır. Dünya üzerindeki toplam verilerin tamamına yakınının konumsal özellik taşıdığı düşünüldüğünde bu verileri paylaşmanın kazandıracığı avantajlar sayısızdır. Bu nedenle yerel yönetimlerin veya kuruluşların hazırlayacakları

konumsal bilgi sistemleri, ileride geliştirilecek bir ulusal coğrafi veri tabanına kolayca entegre olacak şekilde tasarlanmalıdır.

Kamu kurumlarında kurumsal CBS'nin yaygınlaşması coğrafi bilgi yönetimini kolaylaştıracak, verimliliği artıracak ve toplam işgücünü düşürecektir. İnternetin hızlanmasıyla bulut bilişim teknolojisinin önü açılacak böylece yerel bilgiden çok uzaktaki bilgi değer kazanmaya başlayacaktır. Uzaktaki bilginin değer kazanması ise çoklu kullanıcıların aynı bilgi üzerinde çalışma imkanı bulması anlamına gelmektedir. İnternet tabanlı CBS'nin yaygınlaşmasıyla her bireyin altyapı tesisat konumlarına erişebileceği bir ortam yaratılmış olacaktır.

Bildiride bahsi geçen sistem kurulduğunda ve aktif olarak kullanılmaya başladığında başta bundan vatandaş yararlanacaktır. Belediyelerden kazı izni almak oldukça uzun ve bürokratik bir işlemdir. Bu uygulama ile vatandaş hem kazı yapmak istediği konumda bulunan kamu ve özel tesisatları görebilecek hem de kazı izni başvurusunu bilgisayarının önünden yapabilecektir. E-İmza ile entegre edilmesi önerilen uygulama ile ıslak imza ve kağıt kullanımı azalacak, daha yeşil bir teknoloji ile tanışılacaktır.

Daha özgür bir ülke, içinde yaşayan toplumun özgürleşmesiyle ortaya çıkar. Bu nedenle coğrafi bilginin daha fazla kişi ile paylaşılması, şeffaflaşması, arka planda toplumun da çağdaş uygarlık seviyesine taşınmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Ekin, E., (2011), *Hizmet Yönetiminde Bulut CBS Uygulamaları: Eskişehir Altyapı Hizmetleri Örnekleme*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.
- [2] Türabı, A., Özdemir, T., Üçer, F. ve Arık, A. (2005), *Yerel Yönetimlere Bilgi Sistemlerinin Etkileri*, 93 – 104, 4. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu.
- [3] URL1. *Google Maps*, <http://maps.google.com>, (Son erişim tarihi: 12.03.2011).

KENT BİLGİ SİSTEMİ KAPSAMINDA GRAFİK VERİLERLE NÜFUS VERİLERİNİN EŞLEŞTİRİLMESİ

M. Erkan UÇANER, Eylem KAYA

Altındağ Belediyesi, Bilgi İşlem Merkezi, Altındağ, Ankara –
eucaner@altindag.bel.tr, ekaya@altindag.bel.tr

ÖZET

Sürekli gelişen teknolojiyi daha iyi hizmet sunmakta, karar destek mekanizmalarında, vergilendirme, planlama, alt-üst yapı çalışmalarında ve belediyenin görev alanına giren her türlü konuda yardımcı olmak için kullanmak amacıyla Altındağ Kent Bilgi Sistemi (ALBİS) Projesi yürütülmektedir. Bu kapsamda çeşitli kurumlardan veriler alınarak sisteme entegre edilmektedir. Nüfus ve Vatandaşlık İşleri(NVİ) Genel Müdürlüğü ile yapılan Kimlik Paylaşım Sistemi (KPS) web servisleri protokolü ile Adres Kayıt Sistemi (AKS) verilerine anlık olarak ulaşılabilmektedir.

AKS, kişilerin güncel adreslerini barındırarak sürekli güncel tuttuğu için kişi adreslerini kurumların güncelleme ihtiyacı önemli oranda azalmıştır. AKS ile CBS entegrasyonu neticesinde ise TC kimlik numarası bilinen kişiler coğrafya ile ilişkilendirilmiş olmaktadır. Kurumlarda birçok işlemde kişi-abone için adres bilgileri kullanılmaktadır. Entegrasyon ile kişi bilgisi içeren her türlü iş ve işlemle ilgili coğrafi analiz ve tespit yapmak mümkün hale gelmektedir.

Bildiride Altındağ Belediyesinde yapılan Kent Bilgi Sistemi çalışmalarından ve AKS verilerinin grafik verilerle eşleştirilmesinden bahsedilmektedir. Bu eşleştirmeler sırasında izlenen yol, yaşanan problemler ve saptamalara yer verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kent Bilgi Sistemi, Coğrafi Bilgi Sistemi, Belediyecilik, Adres Kayıt Sistemi (AKS)

1. GİRİŞ

Ülkemizde “Adres standardının” olmayışı, aynı adresin çok farklı biçimlerde ifade edilmesi, mahalli idarelerce sık sık adres bileşenlerinin değiştirilmesi, kamu hizmetlerinin etkin, süratli ve verimli yapılmasını engellemiştir. 1927 yılında çıkarılan "Binaların

Numaralandırılması ve Sokaklara İsim Verilmesi Hakkında Kanun" ve bu kanuna dayanılarak hazırlanan Numaralama Yönetmeliği mahalli idarelerce tam olarak uygulanamamış, bunun sonucu hızla gelişen kentlerimizde kayıtdışı yapılaşma artmıştır [1].

Yüksek Planlama Kurulu adres işlemlerindeki dağınık yapının tek bir kurumda toplanması, vatandaşlara ait adres bilgilerinin standardının belirlenmesi, paylaşımının sağlanması ve koordinasyon işlerinin yürütülmesi amacıyla Adres Kayıt Sistemini 24.03.2005 tarih ve 5 nolu kararında e-Dönüşüm Türkiye Projesi 2005 Eylem Planı içinde 29 nolu Eylem olarak açıklamıştır. Sorumlu kuruluş olarak Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğünü, ilgili kuruluş olarak da Yüksek Seçim Kurumu, Türkiye İstatistik Kurumu, PTT, Yerel Yönetimler ve Adrese dayalı hizmet veren kurumları(elektrik, su ve gaz idareleri) belirlemiştir [1].

Kentsel altyapı planlamasında mevcut nüfus ve nüfus projeksiyonları temel girdilerden biridir. CBS teknikleri ile çıkarılacak nüfus, abone dağılım haritaları altyapı kuruluşlarına planlamalarda yardımcı olacaktır.

Çalışma kapsamında amaç merkezi yönetim bünyesinde tutulan ve çeşitli kaynaklardan güncellenen adres-numarataj ve kişi bilgilerinin coğrafyayla ilişkilendirilmesi, coğrafyayla ilişkilendirilen veriler üzerinde coğrafi analizlerin yapılabilmesidir. Coğrafya ile ilişkilendirilmiş demografik veriler üzerinde onlarca-yüzlerce analize ve sorgulama yapmak mümkündür. Sağlık, eğitim, güvenlik, ulaşım, sosyal doku, göç alma-göç verme, altyapı planlama konularında kişi ve coğrafya ile ilişkili her türlü analizin yapılması mümkündür. Ancak bu analizler için sözel-coğrafi ilişkinin sağlıklı kurulması gereklidir.

2. ADRES KAYIT SİSTEMİ (AKS)

5490 sayılı Nüfus Hizmetleri Kanununa dayanılarak oluşturulan Adres Kayıt Sistemi ile Türk Vatandaşları ve Türkiye’de yaşayan yerleşik yabancıların yerleşim yeri ve diğer adres bilgilerinin elektronik ortamda merkezi bir yapı içerisinde güncel olarak tutulması ve adres konusundaki dağınıklığa son verilmesi öngörülmüştür [2].

Bu kapsamda, belediyeler ve il özel idareleri tarafından ülke genelinde numaralama ve levhalama çalışmaları tamamlanarak ulusal adres veri tabanı oluşturulmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu tarafından da kişilerin T.C. kimlik numaralarının yerleşim yeri adres bilgileriyle eşleştirilmesi suretiyle alan uygulaması yapılmıştır. Bu veriler TÜİK’ten devralındıktan sonra İçişleri Bakanlığınca elektronik ortamda güncel olarak tutulmaya başlanmıştır [2].

3. KİMLİK PAYLAŞIM SİSTEMİ (KPS)

KPS, NVİ tarafından Merkezi Nüfus İdare Sistemi (MERNİS) veri tabanından ayrı olarak elektronik ortamda tutulan ve sınırlandırılmış bilgiler içeren aile kütüğü kayıtlarının (KPS veri tabanı) alıcı kurumlar (kamu kurumları) ve diğer kişiler (diğer tüzel kişilikler) ile ilgili mevzuatta belirlenen esas ve usuller çerçevesinde, güncel ve güvenli bir şekilde, 7 gün 24 saat süreyle, on-line paylaşılmasını sağlayan bir sistemdir. Böylece, kurum ve kuruluşların ihtiyaç duydukları nüfus kayıt örneği ve yerleşim yeri adresi gibi bilgi ve belgeleri nüfus

müdürlükleri ile yazışma yapmadan veya vatandaşlardan istemeden doğrudan ve anında KPS'den temin ederek hizmet vermeleri mümkün hale gelmiştir [3].

3.1 KPS Veritabanı

KPS veri tabanı, aşağıdaki bilgilerden oluşmakta ve MERNİS veri tabanındaki değişikliklerin anlık olarak buraya aktarılması suretiyle güncellenmektedir. Bu veriler, aile kütüklerindeki kayıtlar gibi Türk vatandaşlığının ispatında ve belgelendirilmesinde esas olduğu kadar kişinin kimliği, medeni hali ve aile bağlarının belirlenmesinde de hukuken geçerli temel resmi bilgilerdir. Ayrıca, mevzuatta yapılan düzenlemeler ve hizmet gereği duyulacak ihtiyaçlar çerçevesinde KPS'de yer alacak bilgileri belirlemeye İçişleri Bakanlığı yetkilidir.

- Kişi bilgileri
- Nüfus cüzdanı bilgileri
- Nüfus olay bilgileri (evlenme, boşanma, ölüm gibi)
- Ulusal Adres Veri Tabanında Yer Alan Bilgiler (Posta kodları, il, ilçe, bucak, köy ve mezra isimleri, mahalle, meydan, bulvar, cadde, sokak isimleri ile sabit tanıtım numarası ve bina numarası gibi adres verileri ile tanımlanan coğrafi konum, kişisel ve kurumsal adres bilgisine ulaşmak için gerekli olan bilgiler)
- İstatistik Bilgileri (Doğum, ölüm, evlenme, boşanma sayıları gibi)

3.2 KPS ile İlgili Hukuki Düzenlemeler

KPS veri tabanındaki bilgiler 5490 sayılı Nüfus Hizmetleri Kanunu, 2008/8 sayılı Başbakanlık Genelgesi ve Kamu Hizmetlerinin Sunumunda Uyulacak Usul ve Esaslara İlişkin Yönetmelik hükümleri doğrultusunda, anılan Kanun ve Kimlik Paylaşımı Sistemi Yönetmeliğinde belirlenen usul ve esaslara göre yapılan ikili anlaşmalar çerçevesinde kurum ve kuruluşlar ile paylaşılmaktadır.

4. UYGULAMA

AKS verileri, Kimlik Paylaşım Sistemi (KPS) sayesinde belirli esaslar çerçevesinde, bankalar, belediyeler, sosyal yardım kurumları vb. kurumlarla paylaşılmaktadır. AKS, kişilerin güncel adreslerini barındırarak sürekli güncel tuttuğu için kişi adreslerini kurumların güncelleme ihtiyacı önemli oranda azalmıştır. AKS ile CBS entegrasyonu neticesinde ise TC kimlik numarası bilinen kişiler coğrafya ile ilişkilendirilmiş olmaktadır. Belediyelerde birçok işlemde kişi-adres bilgileri kullanılmaktadır, entegrasyon ile kişi bilgisi içeren her türlü iş ve işlemle ilgili coğrafi analiz ve tespit yapmak mümkün hale gelmektedir. Örneğin, belediye gelirlerinde önemli bir yeri olan emlak vergisi kayıp ve kaçaklarının tespitinde, yatırımların doğru yönlendirilmesinde, istek-şikayetler ile sosyal yardımların, çağrı merkezine gelen bir çağrının harita üzerinde gösterilmesinde vb. konularda kullanılabilir olacaktır. Belediyede işlemleri haricinde ilçede bulunan kurum ve kuruluşların yapacağı kişi ve coğrafyayla ilgili haritalama, analiz vb. çalışmalarda altlık oluşturulmuş olacaktır. Okul, kreş kayıtlarının dağılımı, yeni yapılacak okulların yer seçimi, çeşitli hastalıkların coğrafi dağılımı vb. analizler kolaylıkla yapılır hale gelecektir.

4.1 Pilot Çalışma

Altındağ ilçesinde yapılan AKS – CBS eşleştirme çalışmalarında ilk önce karşılaşılabilecek sıkıntıları görmek, süreç ve personel planlaması yapabilmek ve en uygun yöntemi belirleyebilmek amacıyla iki mahallede pilot çalışma yapılmıştır. ASKİ tarafından 1998 yılı halihazır verileri kullanılarak 2000 yıllarında türetilen ve kısmen numarataj bilgisi içeren bina katmanı ile yine ASKİ bünyesindeki bir pilot çalışmadan, bu mahallelerde çekilen bina fotoğrafları ve binalara ait bazı öznitelik bilgileri de temin edilmiştir.

Gecekonduların bulunmadığı, diğer mahallelere göre numaratajı daha doğru ve eksiksiz olduğu düşünülen Aydınlikevler ve Ahiler Mahalleleri pilot bölge olarak seçilmiştir. Ancak çalışmalar sırasında bu mahallelerde bile birçok eksik olduğu görülmüştür.



Resim 1. Pilot çalışma öncesi numarataj durumu

Resim 1’de görüldüğü gibi, Aydınlikevler ve Ahiler Mahallelerinde kapı numarası olmayan binaların oranı yaklaşık %28’dir. Ayrıca kapı numarası olan binaların da kapı numarası bilgisi güvenilir değildir. Bina katmanındaki çeşitli topolojik hatalar (üst üste çizim, iç içe çizim vb) MapInfo Professional 10.0 CBS yazılımındaki araçlar ile sorgulanıp, tematik hale getirilip sonrasında düzeltilmiştir. ASKİ’nin yaptığı pilot çalışma, Altındağ ilçesinin bir kısmını içermektedir. Aydınlikevler ve Ahiler Mahallesinde ASKİ noktaları ile eşleştirme sonucunda güncel, farklı bir veriden yararlanma imkanı olmuştur. Ankara Büyükşehir Belediyesi Numarataj Şubesinden alınan sokak orta çizgilerinden de faydalanılarak numarataj oluşturulmaya çalışılmıştır.

AKS verileri ile binaların eşleştirilmesi için mahalle adı, cadde/sokak adı ve kapı numarası bilgilerinin doğru ve eksiksiz olarak oluşturulması gerekmektedir. Bu nedenle verilerin eksik olduğu alanlarda var olan verilerden ve genel numarataj kurallarından faydalanılarak eksik bilgiler tamamlanmıştır.

Mahalle adı, cadde/sokak adı ve kapı numarası verilerine göre binalarla AKS verileri genel olarak eşleştirilmiştir. Eşleşmeyen kayıtlar tespit edilerek, gerekli incelemeler sonucu düzeltmeler yapılmıştır. İncelemelerde,

- Uydu görüntüsünden binanın olup olmadığına,
- ASKİ verilerinden binanın fotoğrafına,
- Numaratajın sıralı olarak gidip gitmediğine,
- AKS verilerinin doğruluğuna,
- Tapu sicil kayıtlarına bakılarak,

en doğru sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmaların yanında saha çalışmasının da yapılması tespit edilemeyen muhtemel hataların önüne geçecektir. İleriki aşamada Altındağ ilçesinde yapılacak çalışmada, mevcut verilerle anlaşılamayan alanlarda, saha çalışması ihtiyacı değerlendirilecek ve ortaya çıkan duruma göre planlanacaktır.

Resim 2’ de görüldüğü gibi Şehit Mustafa Baş Caddesi 50 ve 52 numaralı binalar, halihazır haritada tek bina olarak çizilmiştir ve uydu görüntüsünden yapılan görsel yorumlamada da aynı şekilde tek bina olarak algılanmaktadır. Ancak AKS verilerinde iki binadır ve parsel sınırları da iki bina olduğunu göstermektedir.



Resim 2. Eşleştirmede karşılaşılan problemler

Ayrıca yapılan pilot çalışmada AKS verilerinde birtakım hatalar da tespit edilmiştir. Bu hataların sebebi AKS’nin grafikten bağımsız olması ve yalnızca sözel verilerden oluşmasıdır. Grafikte ilişkisi olmayan adres verisinin doğruluğunu tespit etmek mümkün değildir. Örneğin iki cadde/sokağın birleştiği noktada bulunan bir bina her iki cadde/sokaktan da numara almış gibi yani farklı iki bina gibi gösterilebilir ve bu hata, sözel veriler grafikte ilişkilendirilmediği sürece ortaya çıkartılamaz. Özellikle emlak vergisi değer tespitinde bağımsız bölümün hangi cadde-sokaktan numara aldığı önem arz etmektedir. Bu nedenle AKS’nin mutlaka grafikte ilişkili bir sistem olması gerekmektedir.



Resim 3. Pilot çalışma sonrası durum

4.2 Mahalle ve Caddeler/Sokaklar ile AKS Verilerinin Eşleştirilmesi

AKS'de yer alan mahalle kodları mahalle adına göre eşleştirilmiştir. Caddeler/sokakların kodları ise mahalle adı ve caddeler sokak adına göre eşleştirilmiştir. AKS'de birden fazla mahalleden geçen yolun kodu her mahallede farklıdır.

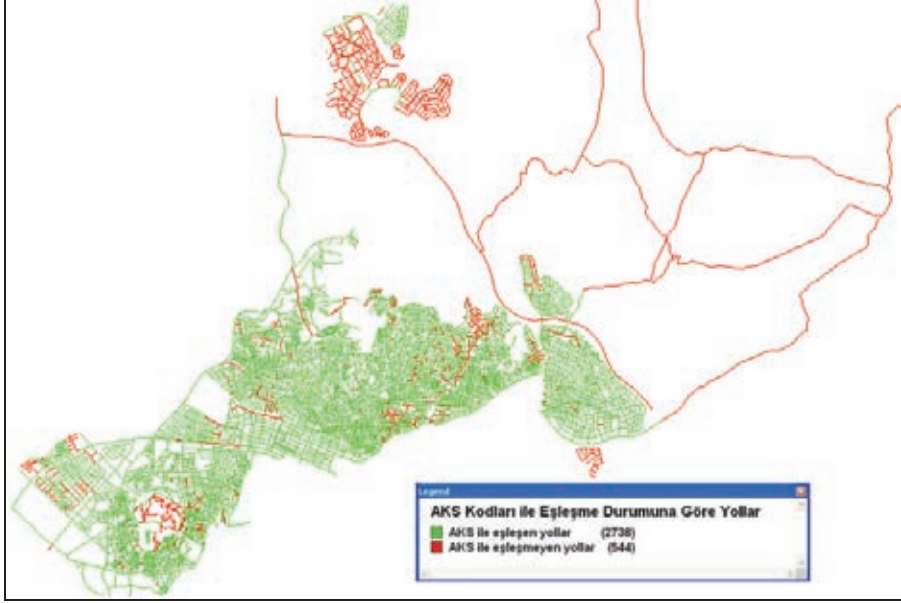
Çizelge 1. AKS kayıtları

Cadde/SokakAd	SokakTip	Kod	Sabit Tanitim No	MahalleKod	MahalleAd
CELAL ESAT ARSEVEN	Cadde	374757	1	1446	ALİ ERSOY
CELAL ESAT ARSEVEN	Cadde	53874	47	1470	GÜLPINAR
CELAL ESAT ARSEVEN	Cadde	383677	15	1473	GÜNEŞEVLER
CELAL ESAT ARSEVEN	Cadde	53148	1	1495	YILDIZTEPE
CELAL ESAT ARSEVEN	Cadde	51597	4	1496	YUNUSEMRE

Resim 4'de görüldüğü gibi yollarda yaklaşık % 84 oranında eşleşme sağlanmıştır. Altındag'ın kuzeyinde görülen eşleşmeyen alanda Ankara Büyükşehir Belediyesinden alınan sayısal veride de yol isimleri AKS verileri ile eşleşmemektedir. Bazı yolların AKS verileri ile eşleşmemelerinin sebepleri şunlardır.

- Üzerinde yapı, konut, kayıtlı kişi olmayan çevre yolu, devlet yolu, köy yolu gibi yollardan dolayı,
- Henüz açılmamış imar yollarından dolayı,
- Eskiden var olan ancak kentsel dönüşüm çalışmaları, imar planı uygulamaları sonucu iptal edilen kapatılan yollardan dolayı,
- Adı değişen yollardan dolayı.

Ayrıca eşleşme oranının yüksek olması için yol adlarının aynen AKS’de olduğu gibi yazılması gerekmektedir. Eşleşmeyen kayıtlarda yazımdan kaynaklı bir hata ya da farklılık olup olmadığı kontrol edilerek yanlış yol adları düzeltilmiştir.



Resim 4. Yollar – AKS eşleşmesi

4.3 Binalar ile AKS Verilerinin Eşleştirilmesi

Cadde/sokak verileri AKS ile eşleştirildikten sonra binaların AKS ile eşleştirilmesine başlanmıştır. En çok zaman alan aşama binalarla bina kodlarının eşleştirilmesi aşamasıdır. Yüksek oranda eşleşme sağlamak için güncel ve doğru bina ve numarataj verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Binaya bağlı öznel bilgileri arasında mahalle adı, cadde/sokak adı ve kapı numarası bilgilerinin olması gerekmektedir.

Altındağ ilçesinin çoğunluğu gecekonduardan oluşmaktadır, ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarla hızlı bir değişim geçirmektedir. Yaklaşık 15 bin gecekondu yıkılmıştır ve yeni binalar yapılmakta, yeni yollar açılmakta, parklar, tesisler yapılmaktadır. Halihazır harita verisi ise 1998 yılına aittir. Oldukça eski olan halihazır/bina verisinin güncellenmesi işi yersel yöntemlerle çok uzun zaman alacağı ve maliyetli olacağı için bina verisinin güncellenmesinde yüksek çözünürlüklü güncel uydu görüntüsünden faydalanılmıştır. Mevcut bina katmanında kapı numarası bilgisi tüm binalarda bulunmamaktadır ve bazı binalarda yanlış kapı numarası bilgisi bulunmaktadır. Sahadan numara verisi toplamak uzun zaman alacak ve projenin başlangıcında planlanmayan bir iş olduğu için belediye bünyesindeki veriler ve çeşitli kurumlardan temin edilen veriler değerlendirilmektedir.

Bu kapsamda ASKİ’den alınan nokta verilerinde bulunan adres bilgileri ve bina fotoğrafları değerlendirilmiştir. Ayrıca temin edilen su aboneliği kayıtlarındaki parsel numarası bulunan kayıtlardan da parselin konumu bilindiği için o parselde bulunan binanın

adresine ulaşılmaktadır. AKS'deki parsel numarası olan kayıtlardan da aynı şekilde adres bilgisine ulaşılmaktadır. Belediye tarafından AKS'ye girilen iskan ve ruhsat verilerindeki adres ve parsel numarası bilgileri değerlendirilerek parselden binanın adresine ulaşılmaktadır. Bunun yanı sıra yine belediye bünyesinde bulunan vergi mükelleflerinin vergi bildiriminde bulunan adresleri de değerlendirilmektedir.

Tüm bu veriler derlenerek binalardaki yol adı ve kapı numarası bilgileri güncellenmektedir. Aralarda kapı numarası eksik olan binalar mevcut numarataj ve numarataj kurallarına göre tamamlanmaktadır. Daha sonra mahalle adı – yol adı – bina no bilgilerine göre binaların AKS kodları güncellenmektedir. Yapılan bu genel eşleştirmeden sonra, bina kodu olmayan binalar tek tek incelenerek gerekli düzeltmeler yapılmakta ve notlar tutulmaktadır.

Çalışma esnasında, binaların AKS verileri ile eşleşmeme sebeplerinden aşağıdaki maddeler tespit edilmiştir.

- Cadde/sokak adının yanlış olması, kapı girişinin olduğu sokak değil de başka bir sokaktan numara alıyor gibi gözükmesi,
- Kapı numarasının olmaması ya da yanlış olması,
- Bitişik iki farklı binanın tek bina gibi çizilmesi,
- AKS'de binanın mahalle adının hatalı girilmesi,
- AKS'de bir binanın iki farklı sokakta da gözükmesi,
- CBS ve AKS'de veri girişi sırasında yapılan operatör hatalarından kaynaklı eşleşmeme,
- Yıkılan binaların (gecekondu vb) AKS'den silinmemiş olması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

AKS ile CBS verilerinin eşleştirilmesi adres verisinin sürekli güncel tutulmasını büyük ölçüde kolaylaştıracığı için yerel yönetimler ve altyapı kuruluşları için oldukça önemlidir. Ayrıca AKS ile eşleştirilen bina verisinden binadaki bağımsız bölümlere yani dolu konut, boş konut, kamu ve özel işyeri bilgilerine ulaşılmaktadır. Bağımsız bölümlerden de binada oturan kişilere ulaşılmaktadır.

Kişilerin TC kimlik numaraları bilindiği için belediyede çeşitli birimlerde tutulan kişi kayıtlarını da harita ile eşleştirme imkanı doğmaktadır. Örneğin belediyenin şikayet masasına gelen başvurular, başvuran kişilerin TC kimlik numaraları bilindiği için harita üzerinde gösterilebilmektedir. Aynı şekilde 22 adet Hanım Eğitim ve Kültür Merkezine ait 35.000 üyenin coğrafi dağılımı izlenerek yeni planlanacak merkezlerin yer seçimine yardımcı olmaktadır. TC kimlik numarası bilinen ve ilçe sınırlarında oturan kişilere ilişkin her türlü bilgiyi harita üzerinde gösterme imkanı olmaktadır. Bunun yanı sıra ilçe bünyesinde kişi bazlı yapılacak haritalı analizlerde sağlık, millî eğitim gibi diğer kurumlara altlık sağlayacaktır.

Altındağ ilçesinde CBS verisi ile AKS verilerinin eşleştirilmesi çalışmalarında halihazır/bina verisinin güncel olmayışı, numarataj verisinin eksik olması ve saha çalışmasının olmamasından dolayı sıkıntılar yaşanmıştır. Yüksek oranda eşleşme sağlayabilmek için güncel, doğru bina ve numarataj verisine ihtiyaç vardır.

Ayrıca AKS verilerinin sözel verilerden oluşması ve grafik veri ile ilişkisinin olmamasından kaynaklı çeşitli hatalar tespit edilmiştir. Örneğin iki mahallede yer alan bir caddedeki 1-55, 2- 60 numaralı binaları A mahallesinde 57-97 ve 62-102 numaralı binaları da B mahallesinde iken, AKS verileri grafikten bağımsız tablo veri olduğu için A mahallesindeki bazı binalar B mahallesinde kaydedilmiştir. CBS ile ilişkili bir veride bu tür hatalar çok rahat tespit edilebilmektedir. Bir başka örnek ise iki sokağın kesişiminde bulunan bir bina her iki sokaktan da numara verilerek kaydedilmiştir. Yani bu bina iki farklı bina gibi girilmiş ve her iki kayıta da bağımsız bölümler (konut, işyeri) kayıtlıdır. Olması gereken numarataj hangi sokaktansa (bina girişinin bulunduğu sokak), o sokakta kaydının olması, diğer sokaktan tahsis numarası almasıdır. Yani grafikte ilişkili olmadığında örnekteki binanın aynı bina olduğunun anlaşılması imkansızdır. Bu sebeplerle AKS verileri mutlaka grafik verilerle (mahalle, yol ve bina) ilişkili olmalıdır.

AKS ile CBS verilerinin eşleştirilmesi su, elektrik, doğalgaz, telekom gibi altyapı kuruluşlarınca da gerçekleştirilmektedir. Bu kuruluşlarda kayıp-kaçak tespiti, abone takibi, planlama, tüketim izleme, faturalandırma, arıza takibi gibi farklı konularda abone adresi yani coğrafi konumu önem arz etmektedir. İl bazında kurulacak AKS tabanlı CBS yapıları adres, numarataj bilgisi kullanan birçok kurum ve kuruluşu kolaylık sağlayacaktır. Mevcutta ülke ölçeğinde sadece sözel olarak kurulu AKS'nin CBS tabanlı olarak genişletilmesi mükerrer yatırım ve çalışmaların önüne geçecektir. Ancak ülke çapında veri toplama, sayısallaştırma, coğrafi veri yönetimi ve güncellemesinin yerel yönetimlerin desteği ve işbirliği olmadan yapılabilmesi mümkün değildir. Bunun nedeni adres verisi ile ilgili tüm bileşenlerin belediyelerce üretiliyor, değiştiriliyor ve gerektiğinde iptal ediliyor olmasıdır.

KAYNAKÇA

- [1] NVİ İnternet sitesi, Adres Kayıt Sistemi Numarataj Yetkilileri Kullanıcı Kılavuzu, 2008, <https://adres.nvi.gov.tr>, 2011, Ankara.
- [2] NVİ İnternet sitesi, Adres Kayıt Sistemi Nedir ve Nasıl Uygulanmaktadır?, <http://www.nvi.gov.tr/Hakkimizda/Projeler,Aks.html>, 2011, Ankara.
- [3] Kimlik Paylaşım Sistemi, 2010, NVİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

KENT PLANLAMA SÜRECİ İLE KENTSEL ALTYAPI YATIRIMLARININ İLİŞKİSİ: ANKARA ÖRNEĞİ

Yrd. Doç. Dr. Savaş Zafer Şahin*

*Atılım Üniversitesi, Siy.Bil.ve Kamu Yön. Bölümü, Ankara – szsahin@atilim.edu.tr

ÖZET

Dünya Nüfusunun yarısından fazlasının kentlerde yaşamaya başladığı yirmi birinci yüzyılda kentsel yapının oluşumu, gelişimi ve yayılımı süreçleri sürdürülebilir kalkınmanın en temel sorunları haline gelmiştir. Kentlerin yaşam döngüsünde kaynakların nasıl kullanıldığı hem kentsel hem de küresel ekosistem açısından yaşamsaldır. Kentsel kaynakların kullanımı ise, kent planlaması ile kentsel altyapı arasındaki hassas denge ile doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple bu bildirinin konusu bu temel ilişki üzerine kuruludur.

Dünyada kentleşme süreci incelendiğinde, son dönemlerde kent planlaması ile kentsel altyapı yatırımlarının ayrışan bir çizgi izlediği görülmektedir. Tüm dünyada bütüncül ve kapsamlı planlama yerini stratejik ve parçacı planlama pratiklerine, yer yer proje mantığına bırakmaktadır. Gelişmiş ülkelerde sanayisizleşen kentsel yapılar hizmete sektörünü canlandıran büyük projelerle yeniden şekillendirilirken, gelişmekte olan ülkelerde de enformel siyasal ilişkilerin etkisi altındaki parçacı planlama süreçleri ile kentsel rant aracılığıyla kentsel kaynaklar toplumda yeniden dağıtılmaktadır. Kent planlama ile kentsel altyapı yatırımlarının birbirinden ayrışan bir çizgi izlemesi bu iki pratiğin uyumlaştırılması ihtiyacını her geçen gün daha da fazla ortaya koymaktadır. Planlama ile altyapı yatırımlarının birbirinden kopukluğu kaynakların verimli ve etkin kullanılamamasına, nihayetinde de kentsel ekosistemin olumsuz etkilenmesine sebep olmaktadır. Planlama ile altyapıyı yeniden bir arada ele alacak bir çerçevenin geliştirilmesi kaçınılmaz bir ihtiyaç halini almıştır.

Bu bildirinin amacı kent planlama ve kentsel altyapı yatırımları arasındaki ayrışmayı Türkiye’deki imar planlama ve kent yönetimi sürecini dikkate alarak incelemek ve böylece bir çerçeveyi geliştirmektir. Bu kapsamda imar planlama sürecinde altyapı yatırımlarının yeri, altyapı yatırımlarının farklı türlerinin kentsel mekânda yer seçim ölçütleri ve yayılımı, kentsel nüfus dağılımının hem planlama hem de altyapı yatırımlarındaki yeri gibi ölçütler ele alınacaktır. Araştırmada imar planlama süreci ile kentsel altyapının farklı bileşenleri arasındaki ilişki nüfus dağılımları temelinde ortaya konduktan sonra görgül bir yöntem kullanılarak Ankara Örneği ele alınacaktır. Ankara Kentinin 1985-2005 yılları arasındaki

kentsel gelişim deseninin ve imar planlama pratiğinin yarattığı nüfus dağılımları ile kentsel altyapı yatırımlarının dayandığı nüfus tahminleri arasındaki tutarsızlık ve çelişkiler ortaya konarak imar planlama süreci ile kentsel altyapı yatırımlarının birbirinden nasıl ayrıştığı gösterilmeye çalışılacaktır. Araştırmamızın bulguları ortaya konduktan sonra imar planlama süreci ile altyapı yatırımlarının bütünsel bir çerçevede ele alınabilmeleri için önerilerde bulunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: İmar Planlama, kentsel altyapı, nüfus dağılımı, kaynak kullanımı, kentsel ekosistem.

1. GİRİŞ

Neredeyse tarihteki tüm büyük kentlerin kuruluşunda, gelişiminde ve yükselişinde kentsel altyapının önemi büyük olmuştur. Mezopotamya ve Antik Yunan kent devletlerinde altyapı kentsel iktidarın korunmasında ve sürdürülmesinde önemli bir rol üstlenirken, yaygın ulaşım sistemleri ve altyapı imparatorluk başkentlerinin konumlarını ve etki alanlarını güçlendirip kalıcı hale getirmelerinde etkili olmuştur. Daha sonraları sömürgelerin oluşumunda ve imparatorlukların sömürgeler üzerindeki iktidarını pekiştirmesinde ise altyapının temel bir denetim aracı ve yaşam biçimi modeli olarak araçsallaştırıldığı görülmektedir. Çağdaş dünyada ise kentsel altyapı sürekli olarak değişen ve karmaşıklaşan toplumsal ilişki ağlarının varlığını, gelişimini ve sürekliliğini belirleyen en önemli unsurlardan birisi haline gelmiştir.

Günümüz dünyasında kentsel altyapının dönüştürücü gücü geçmişe göre çok daha fazla artmıştır. Kentlerin küresel bir ağ içerisinde kamu, özel sektör ve sivil toplumun ortakyaşarlığını mümkün kılacak birer düğüm noktası haline gelmeleri kentsel altyapının da bir ağ yapısı içerisinde yapılmasını ve sunulmasını getirmektedir. Ağ toplumu olarak adlandırılan yeni toplumsal yapı ağ şeklinde örgütlenen kentsel altyapı tarafından mümkün kılınmakta, siyasal, idari, sosyal ve iktisadi koşullarla birlikte toplumsal yapıyı dönüştürmektedir. Bunun sonucunda altyapının dönüştürücü gücünün sadece imparatorluk merkezleri ile sınırlı kaldığı geçmişin tersine neredeyse tüm kentlerde kentsel altyapı başat dönüştürücü güçlerden birisi haline almıştır. Ancak bu dönüştürücü gücün oluşumu ve varlığını sürdürmesi pahalı, zor, yer yer kaynakların etkin ve verimli kullanımını engelleyen süreçlerle gerçekleşmektedir. Bu sebeple kentsel altyapı, beslediği kentsel fiziksel çevrenin oluşumu ile birlikte ele alınmak zorundadır.

Kentsel altyapının oluşumunda, dönüşümünde, etkin ve verimli kullanımında en yakından ilişkili olduğu uğraş alanının ise kent planlama olduğu görülmektedir. Tarihsel süreçte kent planlama süreci kentsel altyapının kapasitesinin belirlenmesinde, ihtiyaçların tespitinde, kentsel altyapı üzerinde inşa edilecek ve kentsel altyapı ile varlığını sürdürecektir olan üst yapının inşasında ve kentsel altyapının dönüşümünü gerektirecek unsurların ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Kentsel altyapı ise kent planlama standartlarının ve kent planlaması ile ortaya çıkacak fiziksel mekânın belirlenmesinde etkili olmuştur.

Gerçektende, çağdaş kentlerde kentsel altyapının yetersizliği, etkinliğinin ve verimliliğinin düşüklüğü gibi sorunların anlaşılması için kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki tarihsel ilişkinin evriminin ele alınması gerekmektedir. Farklı planlama paradigmalarının ve kentsel altyapıya farklı yaklaşımların kentlerin yaşam süresi içerisinde kentsel altyapı üzerinde yarattığı etkilerin görülebilmesi için bu tür bir değerlendirmeye ihtiyaç

duyulmaktadır. Böylesi bir değerlendirmenin kentsel altyapı ve kent planlama arasındaki ayrışma süreçlerinin kentlerde yarattığı sorunları ve tahribatı anlama açısından da önemi büyük görünmektedir. Bu sebeple bu bildiride öncelikle kent planlamanın tarih sahnesine çıktığı ondokuzuncu yüzyıldan itibaren bu evrim süreci ele alacak, ardından da çağdaş kentlerde kent planlama ile kentsel altyapı yatırımlarının oluşum süreci arasındaki ilişkiyi ele alan kavramsal bir çerçeve geliştirilmeye çalışılacaktır. Geliştirilen kavramsal çerçeve daha sonra Ankara Kenti örneğinde elde edilen veriler ışığında sınanacaktır.

2. TARİHSEL SÜREÇTE KENT PLANLAMA VE KENTSEL ALTYAPI İLİŞKİSİ: BİR DARGIN BİR BARIŞIK

Kentlerin oluşumu bağlamında kentsel altyapı ve kent planlama arasındaki ilişkinin karşılıklı olarak birbirine bağımlı ve birlikte evrim şeklinde olduğu söylenebilir. Kent planlama toplumsal yapıdaki değişiklikleri dikkate alarak yeni yerleşim biçimlerinin gelişimini sağlamaya çalışırken kentsel altyapının sağladığı olanaklar bu gelişimin gerçekleşmesini sağlayan en önemli bütünleştirici olarak ortaya çıkmaktadır. Kentsel altyapı bu anlamda tüm mekânsal ölçekleri, sosyal sınıfları ve disiplinleri çapraz biçimde kesen bir unsurdur [1]. Ancak, kent planlama süreci ile kentsel altyapı yatırımları arasındaki ilişkinin bir o kadar da sorunlu olduğunu söylemek mümkündür. Tarih içerisinde kent planlamanın daha çok fiziksel çevreye ilişkin estetik ölçütlerle ifade edildiği antik çağlarda kentlerin gelişimi daha çok kentsel altyapı yatırımlarındaki mühendislik bilgisi tarafından belirlenirken zaman geçtikçe bu durum değişmiştir. Özellikle aydınlanma sonrası dönemde kentsel altyapıya ilişkin mühendislik dallarının ayrı birer disiplin olarak gelişmesi ve kent planlamanın da farklı akımlar tarafından şekillendirilen bir ihtisas alanı haline gelmesi bu sorunlu ilişkinin temelinde yatmaktadır.

1800’lerde sanayi devriminin etkisiyle ortaya çıkan “sağlıklı kentler”, “güzel kent” ve “kent ütopyaları” akımlarında kent planlama eylemi ile kentsel altyapı yatırımlarının planlanmasının birbirinden ayrılmaz bir bütün olduğu görülürken, yirminci yüzyılın başlarına gelindiğinde tüm bu yaklaşımların etkisiyle kent planlama, mühendislik ve mimarlık alanı dışında bir ayırı özerk disiplin olarak belirginleşmiştir. Bu belirginleşme kent planlamada kentin sanayileşmeden kaynaklanan sorunlarının çözümünden daha farklı konuların gündeme gelmesine sebep olmuştur. Yeni kentlerin tasarlanması, konut sorununun çözülmesi ve mevcut kentlerdeki estetik ve gelişme sorunlarına yanıt aranması bu sorunların başında gelmektedir. Kent planlama disiplininin uğraş alanının farklılaşması bu dönemde kentsel altyapı yatırımları ile kent planlama arasındaki bütünlüğün bozulmasına sebep olmuştur. Kentsel yapılanmayla ilgili farklı gelecek tasarımlarını ortaya koyan plancılar mühendislerin bu tasarımları mümkün kılacak altyapı çözümlerini bulmaları gerektiğini düşünürken, mühendisler de plancıların var olan altyapı olanaklarını düşünerek kentsel gelişmeyi yönlendirmeleri gerektiğine inanmaktadır. Bu ayrışmanın etkilerini bugün bile görmek mümkündür.

1929’daki Birinci Dünya Ekonomik Buhranına gelinceye kadar geçen dönemde kentsel altyapının kent planlama disiplininin ayrışma süreci hızlanmıştır. Sanayileşmenin dikey örgütlenme aşamasına geçmesi, otomobillerin tüm sınıfların kullandıkları bir ulaşım aracı haline alması, kentlerin gayrimenkul yatırımlarıyla genişlemeye ve yayılmaya başlamaları ve banliyöleşme sürecinin hızlanması kent planlama disiplininin kentsel altyapıdan uzaklaştıracak etkiler yaratmıştır. Halk sağlığı ve estetik kaygılar geri plana itilirken, kent planlama kentsel alan kullanımlarının dağıtımı, yapılaşma izinleri, arazi fiyatları, arsa

politikası gibi yeni uğraş alanlarıyla şekillenmeye başlamıştır. Bu tür bir değişiklik kent planlama uğraşını hukukçular, yerel yöneticiler, bankacılar ve daha birçok farklı meslekle ilişkili olarak kentsel gelişimi yönlendirecek bir disiplin haline getirmiştir. Kent plancıları bir yanda merkezi kentteki çöküntü alanlarını dönüştürmek, bir yanda banliyö yerleşimlerini tasarlamak ve her iki alanı da bir bütün olarak düşünmek kaygılarıyla hareket etmeye başlamışlardır [2]. Kent planlama disiplini bir anlamda işlevsel birer makine gibi görülmeye başlanan kentlerin arazi ve yapılaşma sürecini tasarlayan ve yönlendiren bir alan olarak görülmeye başlanmıştır. Bu tür bir bakış açısında kent içi planlama süreçlerinde kentsel altyapının yeri eskisi kadar vurgulanmamaktadır. Kentler arası ve bölgesel ölçekte planlamada kentsel altyapı önemini “master plan” düzeyinde sürdürmekle birlikte, kentlerin içsel dinamiklerinde kentsel altyapı rutin bir yatırım süreci olarak görülmeye başlanmıştır [3].

1960'lara gelindiğinde, kent planlamada “sistem” yaklaşımlarının ve “kapsamlı planlama”nın ortaya çıkması ile birlikte kentsel altyapı kısmen de olsa yeniden hatırlanır. Sistem yaklaşımları kentleri ayrıntılı olarak analiz edilmesi gereken karmaşık sosyo-ekonomik sistemler olarak tarif etmektedir. Bu karmaşık sistemin planlanabilmesi için yapılan analizlerden yola çıkılarak tahminlerde bulunulmalı, bu tahminler aracılığıyla alternatif kentsel gelişme senaryoları oluşturulmalıdır. Kapsamlı planlamada uzmanlar bu alternatifler arasından en akılcı olanı seçmeye çalışırlar. Kent planlamadaki bu paradigma değişikliği kentsel altyapının da analiz edilmesi gereken en önemli verilerden birisi olduğu anlayışını yerleştirmiştir. Ancak, bu dönemde kent planlaması ile kentsel altyapı arasında geçmiştekinden daha farklı bir ilişki kurulmuştur. Kentsel altyapının oluşturulmasında kent planlamasının geliştirdiği nüfus, iktisadi yapı ve sosyal yapı analizlerinin kullanılması ilkesi yerleşmiştir. Özellikle günümüzde de geçerli olan fiziksel kentsel altyapının planlanmasında var olan kent planlarının nüfus dağılımlarının ve tahminlerinin kullanılması bu tür bir ilişkilimenin süre giden doğasını ortaya koymaktadır.

1980'lerin ortalarına kadar kent planlama ile kentsel altyapının zayıf biçimde ilişkilenmeye devam ettiği, bu ilişkilimenin de Keynesci refah devleti politikaları doğrultusunda uygulanan büyük kentsel programlar çerçevesinde kurulduğu görülmektedir. Kent planlama kapsamlı planlama paradigması etrafında kurumsallaşırken kentsel altyapı da bölgesel ölçekte kalkınmanın önemli bir unsuru olarak kurumsallaşmıştır. Her iki alanında kendi içerisinde kurumsallaşması istikrarlı bir ilişkinin devamını sağlamıştır. Kent planları ile belirlenen toplumsal veriler ve gelecek öngörüler altyapı programlamasında kullanılmıştır. Ancak, dünya petrol krizlerinin gündeme gelen neo-liberal politikalarla birlikte bu ilişki derinden etkilenmiştir.

Devletin iktisadi alana müdahalesinin azaltılmasını, özelleştirmeyi, serbestleşmeyi, kuralsızlaşmayı ve kamusal alanın özel sektör ve sivil toplum örgütleri ile birlikte paylaşılmasını öngören neo-liberal politikaların kent planlama ve kentsel altyapı yatırımları üzerinde yarattığı etkiler kent planlama ve kentsel altyapı arasındaki ilişkinin yeniden tanımlanmasına sebep olmuştur [4]. Öncelikle yerel yönetimlere aktarılan kaynakların kısılması yerel alanda kentsel altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesini zora sokarken, kent planlama yerini daha çok piyasa ağırlıklı mekanizmalarla belirlenen bir kentsel gelişme stratejisine bırakmıştır. Bütüncül ve kapsamlı planlama yerini kent parçalarının büyük çaplı kentsel projelerle dönüştürüldüğü gayrimenkul projelerine bırakmaya başlamıştır. Küreselleşme olarak adlandırılan süreçte yerel yönetimlerin rekabet eden ve yarışan birer yönetsel birim olmaları gerekliliği yönündeki eğilim kent planlamanın dış sermayeyi en fazla çekmede, bunun için de kültür ve turizm gibi

potansiyelleri kullanmada bir araç olarak kullanılmasını getirmiştir. Bu tür bir planlama yaklaşımının halkla ilişkiler, rant paylaşımı, görsel anlatım, sansasyonellik gibi nitelikleri öne çıkarken kent bütünü ile ilişkiler ve kentsel altyapının durumu tamamen göz ardı edilir hale gelmiştir. Bu tür bir yaklaşımda kentsel altyapı yatırımları geri plana itilmiş ya da merkezi yönetimlerin ve uluslar arası donör kuruluşlarının tasarrufuna bırakılmıştır. Var olan ulaşım altyapısının ve kentsel altyapının önemlice bir kısmının da özelleştirme kapsamına alınması zaman içerisinde kentsel altyapının göz ardı edilmesine, kent içinde altyapının sadece “sürdürülen”, bakımı ve işletmesi yapılmakla yetinilen bir unsur haline dönüşmesine sebep olmuştur. Açıktır ki, kent planlamanın önemsizleşmesi ile birlikte kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki ilişki tamamen kopma noktasına gelmiştir.

Bu eğilimin yalnızca bir istisnasını Güneydoğu Asya kentlerinde görmek mümkündür. Benzer bir paradigmaya dayalı olsa da, ileri teknoloji ve çevreye duyarlılıkla birlikte ele alınan, kent planlama ile kentsel altyapı tasarımının iç içe geçtiği yeni bir yaklaşımla inşa edilen kentsel projeler kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki yeni bir ilişkiye işaret etmektedir. Aslında bu örnek yirmi birinci yüzyıla gelindiğinde kent planlama ile kentsel altyapı arasında yeni bir ilişki kurulmasının gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Küresel iklim değişikliğinin etkileri küresel kaynakların daha sürdürülebilir ve etkin kullanımını gerektirirken, insan nüfusunun yarıdan fazlasının kentlerde yaşamaya başlaması kentsel altyapıyı her zamankinden daha önemli hale getirmeye başlamıştır. Kaynakların sürdürülebilir kullanımında, alışlageldik altyapı sistemlerinin ve gelişen teknoloji ile ortaya çıkan yeni altyapı sistemlerinin yenilikçi bir anlayışla ele alınması kentlerin sürdürülebilir hale getirilmesinde başat öneme sahip olarak görülmektedir.

Haynes [5], küreselleşen dünyada sürdürülebilir kentler için artık altyapının sadece fiziksel altyapı olarak ele alınamayacağını, “katı, yumuşak ve akıllı” altyapıların bir bütünü olarak ele alınması gerektiğini, kent planlamanın da bunun ayrılmaz bir parçası olduğunu ifade etmektedir. Katı altyapı kentsel sistemin devamını sağlayacak tüm fiziksel, elektro-mekanik ve inşa edilmiş ağ yapıları işaret ederken, yumuşak altyapı bu altyapının devamı için gerekli insan kaynaklarını, kültürü ve kurumsal yapılar için kullanılmaktadır. Akıllı altyapı ise katı ve yumuşak altyapının bir arada işlemesi için gerekli tüm algoritma sistemlerini, yazılımları ve doğrusal olmayan düşünme biçimlerini içermektedir. Bu tür bir yaklaşımın sürdürülebilir kalkınma için kent planlama ve kentsel altyapı arasındaki ilişkiyi yeniden tanımlayacağı iddia edilmektedir.

Gerçekten de bu tür yaklaşımlar ışığında son yıllarda kent planlamanın kentsel altyapıya atıfla yeniden tanımlanmasının faydaları üzerinde durulmaktadır. Örneğin Dodson [6], Avustralya’da kentsel altyapıya odaklanarak yeniden yapılandırılan kent planlama sürecinin kentsel yapıya müdahale gücünün artırdığını iddia etmektedir. Benzer biçimde Neuman da [7], kent planlamanın hem kentsel altyapıya hem de kent planlamasına faydalarının olacağını savlamaktadır. Plancılar hem kentsel altyapının sunumunu geliştirebilir hem de bu yolla kent planlamayı geliştirebilir. Planlama bu yolla stratejik, geniş ufuklu ama aynı zamanda pragmatik bir pratiğe ulaşabilir ve liderlik rolünü üstlenebilir. Kent planlama ile kentsel altyapının Haynes ve Neuman’ın vizyonları doğrultusunda yol alıp alamayacağını zaman gösterecektir.

Buraya kadar anlatılan, kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki tarihsel ilişkinin evrimi aşağıdaki özet tablodan izlenebilir:

<i>Dönem</i>	<i>Kent Planlama Paradigması</i>	<i>Kentsel Altyapı Paradigması</i>	<i>Kent Planlama - Kentsel Altyapı İlişkisi</i>
Antik Çağdan 1800'lere	Estetik	Mühendislik + Estetik	Ayrışmaz
1800-1900	Sağlıklı Kent+ütopya	Sanayi Devrimi Mühendisliği	Bütünleşik
1900-1960	Sağlıklı Kent+İşlevsel Kent	Sanayi Devrimi Mühendisliği+Bölgesel Sistemler	Ayrışık
1960-1980	Sistem+kapsamlı planlama	Bölgesel Sistemler	Yarı Bütünleşik
1980-Günümüz	Stratejik Planlama+Kentsel Projecilik	Büyük Altyapı Projeleri	Kopuk
Günümüz-?	Sürdürülebilir Kalkınma İçin Planlama?	Sürdürülebilir Kalkınma İçin Kentsel Altyapı	Bütünleşik, bütüncül?

Tablo 1. Tarih Boyunca Kent Planlama ile Kentsel Altyapı İlişkisi

Görüldüğü gibi tarih boyunca kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki ilişki değişken bir görünüm sunmaktadır. Planlama ile altyapının birbirinden ayrılmayacağı dönemlerden bütünleştiği dönemlere geçildiği, dönem dönem ayrışmaların ve kopmaların da yaşandığı görülmektedir. Ancak, günümüzden sonrası için bu tür istikrarsız bir ilişkinin sürdürülemez olduğu açıktır. Sürdürülebilir bir kentsel gelişme için bütünleşik ve bütüncül bir ilişkinin kurulması gerekmektedir.

Bu ilişkinin kurulmasında en önemli aşamanınsa planlama ve altyapı yatırımlarının pratiği olduğu kuşkusuzdur. Kent planlama sürecinde ve kentsel altyapının oluşumunda sürecin nasıl işlediği kent planlama ve kentsel altyapı arasındaki ilişkinin anlaşılmasında başat öneme sahiptir. Bu sebeple tarihsel süreç ışığında bildirinin bundan sonraki kısmında bu pratiklere değinilecek, kentsel altyapı ile kent planlama arasındaki ilişkiyi sorgulayacak temel bir çerçeve oluşturulacaktır.

3. KENT PLANLAMA VE KENTSEL ALTYAPI YATIRIMLARI İLİŞKİSİNİN PRATİĞİ

Kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki ilişkinin pratiğinin nasıl kurulduğu sorusu ele alındığında bu pratiğin her iki disiplinin uygulayıcıları tarafından farklı şekillerde ele alındığı görülmektedir. Kuşkusuz, bu ele alışlarda mesleki deneyimlerin aktarımı, mesleki eğitim ve mesleki etik kurallar etkili olmakla birlikte, tarihsel olarak yerleşmiş anlayışların somut verilerinin en baskın şekilde etkili olduğu görülmektedir. Planlama ve mühendislik alanının somut verilerle ve bilimsel araştırmalarla desteklendiği düşünüldüğünde bu anlamda her iki disiplinin ortak paydalarının araştırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Geleneksel anlamda kent planlamada kentsel altyapıyı anlamak birden fazla gerekçe ile önemlidir. Eğer söz konusu olan var olan bir kentin planlanması ise öncelikle var olan kentsel altyapıya ilişkin bazı çözümlemelerin yapılması gerekli görülmektedir. Kentsel bir yerleşmenin “yaşam destek sistemleri” olarak adlandırılabilir olan kentsel altyapı planıya o yerleşmenin tarihi, kentsel gelişimi ve yaşam kalitesi hakkında önemli veriler sağlar [8]. Ancak, kentsel altyapıya ilişkin temel bazı verilere ulaşmak özellikle gelişmekte olan ülkelerde sorunlu bir işe dönüşebilmektedir.

Kent planlama sürecinde kuramsal olarak kentsel altyapıyı anlamak gerekliliğinin önemli bir sebebi de var olan kent makro formunu anlama çabasıdır. Var olan kent makro formunun oluşumunda en önemli etkenlerden birisi olan kentsel altyapı, kent makro formunun oluşma, yayılma hızını, genişleme yönünü tespit etmede önemli veriler sağlayabilir. İkinci olarak, kentsel altyapıyı anlamak gelecek için oluşturulacak öngörülerin ve gelişme stratejilerinin olası kısıtlarını anlamada büyük önem taşır. Planıcı için tasarımlarının gerçekleşmesinde var olan kentsel altyapının oluşturacağı kısıtları ve sağlayacağı olanakları anlamak yaşamsaldır [9]. Ancak, bu tür bir yaklaşımın pratikte çeşitli sorunlarla karşılaştığı bilinmektedir. Her şeyden önce, kent planlaması bir vakum içerisinde yürütülen bilimsel bir çalışma değildir. Planlama sürecinin yürütüldüğü siyasal ve bürokratik ortam bu tür araştırmaların hakkıyla yürütülmesine her zaman olanak tanımaz. Kentsel altyapıya ilişkin veriler yeterli olmayabilir ve hatta bazen kentsel altyapı ile ilgili veriler tamamen göz ardı edilebilir.

Kentsel altyapının hakkıyla analiz edildiği durumlarda da başka tür sorunlarla karşılaşılabilir. Planıcı hiçbir zaman kentsel altyapıya ilişkin teknik verileri bir mühendis gibi anlama yeteneğine sahip olamaz. Ekip çalışması içerisinde de bu tür bir bilgilendirme her zaman oluşamayabilir. Sonuçta kentsel altyapıya ilişkin bütünlüklü bir veri tabanının ve analizin oluşabilmesi ve planlama sürecinin bu veriler ışığında yürütülmesi nadiren rastlanan bir duruma dönüşebilir.

Tüm bunlara ek olarak, kentsel altyapının çok farklı sistemlerden oluştuğu ve bu sistemlerin her birinin kentsel gelişme üzerinde farklı etkilere sahip olduğu göz ardı edilmektedir. Altyapı sözcüğü ile tanımlanan şebeke türü dağıtım ve hizmet sistemlerinin hemen hemen tümü farklı mühendislik ölçütlerine göre tasarlanmaktadır [10]. Örneğin temiz su ve doğalgaz dağıtım sistemi kapasiteleri basınç ve boru çapı ile belirlenen sistemlerken, kanalizasyon sistemi doğrudan cazibe ve nüfus, elektrik, telefon, cep telefonu gibi şebekeler daha çok teknolojik kapasite ile belirlenmektedir. Bu sistemlerin kentsel gelişme üzerindeki etkinliği de zaman içerisinde değişmektedir. Örneğin günümüzden yirmi yıl kadar önce kentsel gelişme için olmazsa olmaz kentsel altyapı türleri su, kanalizasyon, elektrikken, bugün bunlara doğalgaz, cep telefonu ağı gibi yenileri eklenmiştir. Yeni teknolojiler ışığında oluşan yeni şebekelerin kentsel gelişim üzerindeki etkileri de daha tam anlamıyla anlaşılabilmiş değildir.

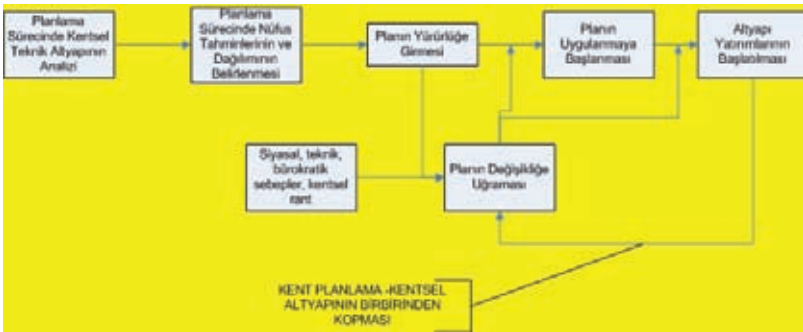
Kentsel altyapı sistemlerini oluşturan mühendislik disiplinleri içinse kent planlama süreci en temelde ihtiyaç duyulan kapasitenin belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Mühendislik tasarımının en önemli sorunlarından birisi olan maliyet/verimlilik/etkinlik girdilerinin sağlıklı olarak belirlenebilmesi için tasarımın yapıldığı kentin nüfus dağılımının, her bir hizmet bölgesi ve kentin bütünü için nüfus tahminlerinin ve yerleşimin içerisindeki farklı alan kullanımının bilinmesi yaşamsaldır. Örneğin kentsel alanda hangi bölgenin sanayi kullanımında olduğu, hangi mahallede doğurganlık oranlarının ne olduğu, kentin bütününde ve belli bölgelerde nüfusun tüketim alışkanlıklarının ne olduğu gibi konuların mühendislik tasarımı içerisinde ele alınması gerekmektedir.

Ancak, uygulamada, kent planlama ile kentsel altyapı yatırımlarının oluşum süreçlerinin birbirlerinden ayrılması sebebiyle bu tür kapasite analizleri yerini noktasal çözümlere bırakmakta ya da ihtiyaç fazlası kapasite inşası ortaya çıkmaktadır. Özellikle altyapı yatırımlarının özelleştirilmesi süreçleri sonrasında bu tür kapasite analizlerinin daha az yapıldığı gözlenmektedir. Kentsel altyapı tasarımında kent planlamanın göz ardı

edilmesinin en önemli sebeplerinden birisi de kent planlama sürecinin kendisinden kaynaklanmaktadır.

Kuramsal olarak kent planlama sürecinin var olan altyapıyı analiz ederek başladığı, belli gelecek tasarımları ve tahminleri oluşturduğu, bu tasarımların uygulamaya geçmesi ve gerçekleşmesi ile tasarı arasındaki ilişkinin de kentsel altyapı için temel sorun alanı olduğu düşünülmektedir. Planın gerçeğe dönüşümü beklenenden uzun sürerse kentsel altyapı yatırımı atıl hale gelecek, planın gerçeğe dönüşümü beklenenden hızlı sürerse kentsel altyapı hizmetlerine ulaşamayacaktır. Oysaki gerçekte süreç çok daha farklı işlemektedir. Çoğunlukla kent planları, arsa, konut ihtiyacı, planlama kararlarındaki yanlışlıklar, yetersiz veri, siyasal tercihler gibi birçok sebeple uygulamaya geçildikten hemen sonra değişikliklere uğramaktadır. Ya da kent planları bütünsel bir yaklaşımdan uzak olarak kırkıyama biçiminde mevzi olarak hazırlanmaktadır. Plan değişiklikleri yapıldıkça kent planlarının uygulama süreçleri de karmaşık bir dönüşüm içerisinde gerçekleşmektedir [11].

Kent planlama süreci ile kent planlarının değişimi ve kent planlarının uygulanması arasındaki bu karmaşık ilişkin kentsel altyapı tasarımı ile kent planları arasındaki bilimsel verilere ve tahminlere dayalı ilişkiyi de boşa çıkarmaktadır. Kentsel altyapıda temel alınan nüfus verileri ve tahminleri sürekli değişiklik göstermekte, kent planlama uygulaması ile kentsel altyapı arasındaki ilişki zayıflamakta, kentsel altyapı yatırımlarının maliyeti yükselmektedir [12]. Özellikle nüfus dengelerinin sürekli olarak değişmesi kentsel altyapı yatırımlarının kent yaşamındaki etkinliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Nüfus dengelerinin değişimi sonucunda büyük kentlerde yüksek katlı binaların üst katlarına su çıkmaması, kanalizasyonları aşırı kapasite sebebiyle aşınması ve patlaması ya da tıkanması, elektrik voltajının yetersiz kalması, doğalgaz sunumunun etkisiz kalması ve cep telefonu servis sağlayıcıların devre dışı kalması gibi durumlar bu tür bir etkinlik azalmasına örnek olarak gösterilebilir. Başlangıçta kent planlama süreci içerisinde gibi görünen plan değişiklikleri zamanla hem kent planlama sürecini hem de kentsel altyapı yatırımlarını etkileyecek düzeye gelmektedir. Hatta kimi zaman kentsel altyapı yatırımlarının kendisi verimsizliklerini plan değişiklikleri ile meşrulaştırabilmektedir. Türkiye gibi gelişmiş ülkelerde görülen kentsel altyapı yatırımlarının değişmez veriler olarak kent planlarına işlenmesi süreci bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki karmaşık ilişki sorunsalı aşağıdaki şemadan izlenebilir:



Şekil 1. Kent Planlama ve Kentsel Altyapı Yatırımları Pratiği İlişkisi

Görüldüğü gibi kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki ilişkiyi anlayabilmek için planlama ve altyapı sunum süreçleri arasındaki temel ilişkilerin tanımlanması gerekmektedir. Bu tür bir tanımlama öncelikle zamanlama açısından daha sonra da kapasite açısından bir kavramlaştırmaya gitmeyi gerektirmektedir.

Kent planlama ile kentsel altyapı yatırımları arasındaki ilişkinin en başta “eş-fazlı” olması gerekmektedir. Kent planlarında öngörülen uygulama etapları ve yapılaşma ile kentsel altyapı şebekelerinin kabul edilebilir ölçülerde bir esneklikle aynı zaman fazında gerçekleştirilmeleri gerekmektedir. Öte yandan kent planlamada öngörülen nüfus dağılımlarının ve nüfus tahminlerinin de kentsel altyapı yatırımlarında öngörülen kapasite tahminleri ile örtüşmesi gerekmektedir. Kent planlama ile kentsel altyapı yatırımları arasındaki sağlıklı bir ilişkinin eş-fazlı ve benzer kapasite hesaplarına sahip olması gerekmektedir. Bu anlamda kuramsal olarak kent planlama ile kentsel altyapı arasında aşağıdaki durumlar öngörülebilir:

	Eş fazlı kentsel altyapı	Faz öncesi kentsel altyapı	Faz sonrası kentsel altyapı	Eş kapasiteli kentsel altyapı	Düşük kapasiteli kentsel altyapı	Yüksek kapasiteli kentsel altyapı
Eş fazlı kent planı		Yetersiz altyapı	Atıl yatırım	?	Yetersiz altyapı	Atıl yatırım
Faz öncesi kent planı	Atıl yatırım		Atıl yatırım	Atıl yatırım	?	Atıl Yatırım
Faz sonrası kent planı	Yetersiz altyapı	Yetersiz altyapı		Yetersiz altyapı	Yetersiz altyapı	?
Eş kapasiteli kent planı	?	Yetersiz altyapı	Verimlilik		Yetersiz altyapı	Atıl yatırım
Düşük kapasiteli kent planı	Atıl yatırım	?	Verimlilik	Atıl Yatırım		Atıl yatırım
Yüksek Kapasiteli kent planı	Yetersiz altyapı	Yetersiz altyapı	?	Yetersiz altyapı	Yetersiz altyapı	

Tablo 2. Kent Planlama İle Kentsel Altyapı Arasındaki Faz/Kapasite İlişkisi

Görüldüğü üzere kent planlama süreci ile kentsel altyapı yatırımlarının eş-fazlı ve eş kapasiteli olduğu ideal durumlar dışındaki durumlarda yetersiz altyapı ya da atıl yatırım durumları ortaya çıkmaktadır. Bu durumların değerlendirilmesinde herhangi bir kentteki kent planlama ile kentsel altyapı yatırımları arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlik ile gösterilebilir:

$$(\text{Kent planlama fazı/Kentsel Altyapı Fazı})/(\text{Kent planlama kapasitesi/Kentsel Altyapı kapasitesi}) = 1$$

Görüldüğü gibi ideal durumda kent planlama ile kentsel altyapı yatırımları arasındaki ilişkinin matematiksel değeri “1”e yaklaşmaktadır. Kapasite oransızlığının artması durumunda ya da fazın farklılaşması durumunda değer farklılaşarak atıl kapasite ve yetersiz altyapı durumunu yaratmaktadır. Ancak hem faz farklılaşması hem de kapasite farklılaşması durumlarında mekânsal analiz yapılması gereklidir. Çünkü her faz farkı kapasite farkı ile birlikte sağlıklı bir ilişkiye işaret etmeyebilir.

Bir sonraki bölümde geliştirilen bu sistematiğin faydalanılarak Ankara Kentinde son yirmi yılda farklı altyapı alanlarında gerçekleştirilen yatırımların kent planlama süreci ile ilişkisi irdelenecektir.

4. KENT PLANLAMA – KENTSEL ALTYAPI YATIRIMLARI İLİŞKİSİNE BİR ÖRNEK ARAŞTIRMA: ANKARA ÖRNEĞİ

Türkiye Cumhuriyeti'nin Başkenti Ankara, Cumhuriyetin ilk yıllarından bu yana gerek stratejik, gerek politik ve gerekse sosyo-ekonomik işlevleri ile Başkentliğin verdiği liderlik işlevlerini bütünleştirmeye çalışan ve ülkedeki diğer kentler için çoğu kez “Öncü-Örnek” bir rol üstlenen “Modernite” hareketinin sembolü olagelmıştır. Bu öncülük kent planlaması ile kentsel altyapı yatırımları arasında sağlıklı bir ilişkinin kurulması sürecinde de gözlemlenebilmiştir. Başkentin ilk planları kentsel altyapının oluşumu için 1925 yılında Carl Lörcher'e yaptırılmıştır. Ardından uluslararası yarışmaları yoluyla elde edilen Jansen Planı ile Yücel-Uybadin Planlarında da hem kentsel altyapının sağlıklı biçimde sunulması temel öncelikler arasında olagelmıştır [13].

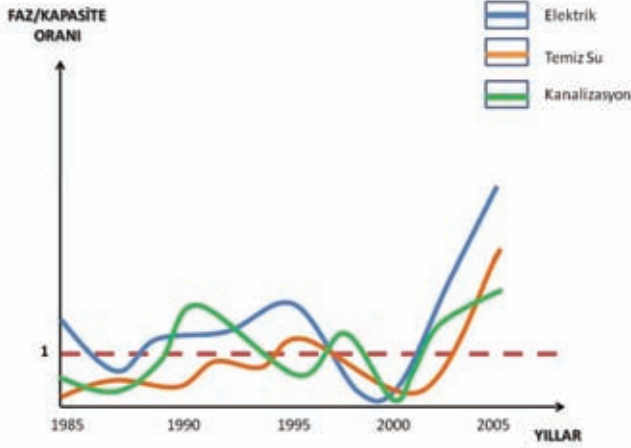
Öte yandan, 1920'li yıllardan bu yana sürekli bir planlama deneyimi ve geleneği yaşanan Ankara kentinde; küresel anlamda yaşanan süreçlerin ülkesel sosyo-ekonomik yapıda oluşturduğu planlama ve beraberinde getirdiği süreçleri öteleme eğilimi, ciddi biçimde hissedilmekte ve buna koşut olarak kentsel-sosyal-ekonomik yapıdaki çöküntüleşme-erozyonlar ve ülkesel planlama-anakent yönetimi süreçlerindeki çok başlı ve karmaşık yapısı nedeniyle alışlageldiğinden farklı bir 'Plansızlık' süreci yaşanmaktadır.

Ülkesel imar-planlamayı yönlendiren yasal-yönetmelik süreçlerin çok taraflı, yer yer çok görevli ancak bunlarla örtüşmeyen yetkilerle sınırlı karmaşık bir doku tanımlaması, planlama ile ilgili özkesel ve yerel yönetimlerin planlamayı ve kenti bilinçli ya da bilinçsiz olarak önemsememesi ve planın olmamasından yarar sağlayan grupların baskıları sonucu yıllardır bütüncül bir planlama yapılmamasının (plansızlığın) bedelleri, Başkentte güncel yaşamı etkilemesi yanı sıra, kentin geleceğine yüklediği yeni kentsel sorunlarla göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir boyut kazanmıştır.

Dünyanın bütün çağdaş metropol ve başkentlerinde kentsel gelişmeyi bütüncül ve uzun vadeli bir çerçeve içerisinde yönlendiren üst ölçekli planlar yoluyla kentsel sorunlara çözüm bulunmaya çalışılmakta, kentleşmenin ulusal ve yerel maliyetleri azaltılarak etkin ve verimli kent yönetimlerinin ve yaşanabilir çevrelerin ortaya çıkması sağlanmaya çalışılmaktadır. Oysaki Türkiye Cumhuriyetinin Başkenti olan Ankara'nın 1990 yılından beri geçen önemli bir zaman diliminde kentin gelişimini yönlendirecek üst ölçekli bir planı bulunmamıştır. Geçen 15 yıllık süre içinde üst ölçek plan yerine kentsel gelişimin sayıları 5000'i bulan parçacı planlar ve plan değişiklikleri ile gerçekleştirildiği görülmektedir. Ankara'daki müstakil parsel sayısının yaklaşık 50 000 civarında olduğu düşünülürse her 10 parselden birisi için plan değişikliği yapıldığı ya da plan hazırlandığı anlaşılabılır. Bu ise başka türlü bir plansızlık, nüfuz, siyasal erk ve her türlü yol kullanılarak bireylerin kendi parsellerinde istedikleri yapılaşma haklarını elde etmeye çalıştıkları kaotik bir ortamı göstermektedir. Bu yaklaşım Ankara'nın yaşadığı birçok çözümsüz sorunun temel sebebini oluşturmaktadır. 2007 yılında “Ankara 2023 İmar Planı” adıyla bir üst ölçekli plan yürürlüğe konmuşsa da bu planda yapılan yüzlerce değişiklik de uygulamada plan değişikliklerinin ağırlığını koruduğunu göstermektedir.

Bu bildiri kapsamında yukarıda anlatılan süreç çerçevesinde kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki ilişkiyi açıklamakta Ankara Kenti bu sebeple anlamlı bir örnek oluşturmaktadır. Bu amaçla Ankara Kentinde 1985-2005 yılları arasında gerçekleştirilen imar planı değişiklikleri ile temiz su sağlama sisteminde, kanalizasyon sisteminde ve

elektrik altyapısında yapılan yatırım ve etaplamlar bir arada değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede altyapı yatırımlarının hizmete giriş ve teslim tarihleri ile plan değişikliği yapılan alanlardaki yapı ruhsatları faz ölçümü için, altyapı yatırımlarında esas alınan nüfus ve kapasite ölçütleri ile yapılan imar planı değişikliklerinin yol açtığı nüfus değişiklikleri kapasite ölçümü için kullanılmıştır. Bu değerlendirme ışığında üç ayrı altyapı alanında kent planlama ve kentsel altyapı yatırımları arasındaki ilişkinin yıllara göre değişimi aşağıda izlenebilir:



Grafik 1. Ankara Kentinde 1985-2005 Yılları Arasında Kent Planlama ve Kentsel Altyapı Yatırımları Arasındaki Faz/Kapasite İlişkisi

Grafikten de görülebileceği gibi, Ankara Kentinde 1985-2005 yılları arasında elektrik, su ve kanalizasyon altyapısı yatırımları ile kent planlama süreci arasındaki ilişki incelendiğinde kimi zaman atıl yatırımların oluştuğunu kimi zaman da yetersiz altyapı durumlarının oluşmuştur. Araştırmanın en çarpıcı sonucu 2000'li yıllardan sonra hem faz farkının hem de kapasite kullanım oranlarının giderek daha fazla dengesizleşmesidir. Bu durum da yukarıda belirtildiği gibi imar planlarında sürekli olarak değişiklik yapılmış olması ile açıklanabilir. Sonuçta yapılan araştırma geliştirilen çerçeveyi doğrular niteliktedir.

5. SONUÇ

Tarih boyunca kimi dönemler birbirine yaklaşan, kimi dönemler de ayrılan kent planlama ile kentsel altyapı yatırımlarına ilişkin süreçler son yıllarda neo-liberal politikaların da etkisiyle daha keskin bir ayrıma dönüşmüştür. Bu ayrımın pratiği incelendiğinde, kent planlarının parçacı uygulamaları ile kent planlamadan kopan bir kentsel altyapı alanı arasındaki karmaşık ilişkiler ağının kentlerde kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki etkileşimi olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. Ankara örneğinde yapılan araştırma bu bozulmanın ipuçlarını vermiştir.

Ancak, bu bozulmanın maliyetini, yarattığı eşitsiz kentsel çevreyi, kent planlama ve kentsel altyapı üzerindeki olumsuz etkilerini inceleyebilmek için her kent bağlamında

mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesi, kentin farklı bölgelerindeki süreçler ele alınmalıdır. Bu şekilde daha belirgin bir resmin elde edilmesi mümkün olacaktır. Böylelikle kent planlama ile kentsel altyapı arasındaki ilişkinin hakkıyla anlaşılmasının gelecek yıllarda sürdürülebilir kentsel yaşam çevrelerinin oluşumunda başat öneme sahip olduğu kavranabilecektir. Bu tür bir kavrayış da hem daha etkin kent planlama süreçlerinin hem de daha etkin, yenilikçi ve verimli kentsel altyapının ortaya çıkmasına katkıda bulunacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Neuman, M. ve Smith, S., (2010), “City Planning and Infrastructure: Once and Future Partners”, *Journal of Planning History*, 9:21.
- [2] Davidoff, P., (1965), “Advocacy and Pluralism in Planning”, *Journal of the American Institute of Planners*, 31: 103-115.
- [3] Neuman, M., (2007), “Multi-Scalar Large Institutional Networks in Regional Planning”, *Planning Theory & Practice*, 8:3, 319-344.
- [4] Newman, P., (2009), “Markets, Experts and Depoliticizing Decisions on Major Infrastructure”, *Urban Research & Practice*, 2:2, 158-168.
- [5] Haynes, K.E., *Infrastructure the Glue of Megacities*, Megacities Lecture 9, http://www.megacities.nl/lecture_9/haynes.pdf (25/4/2011)
- [6] Dodson, J., (2009), “The ‘Infrastructure Turn’ in Australian Metropolitan Spatial Planning”, *International Planning Studies*, 14:2, 109-123.
- [7] Neuman, M., (2009), “Spatial Planning Leadership by Infrastructure: An American View”, *International Planning Studies*, 14:2, 201-217.
- [8] Güvenç, M., (1986), “Altyapı Sağlama Süreçleri”, ODTÜ Şehir ve Bölge Planlama Gurubu Tarafından hazırlanan *Ankara 1985’den 2015’e* içinde, Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü.
- [9] Chapin, F.S., (1972), *Urban Land Use Planning*, Illinois Press, Chicago.
- [10] Sevik, S. ve Altınbilek D., (1977), *Su Dağıtım Şebekeleri Projelendirme ve Bilgisayarla Çözüm Esasları*, ODTÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- [11] Kentleşme Şurası Kentsel Teknik Altyapı ve Ulaşım Komisyonu Raporu, (2009), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.
- [12] Hall, P., (2002), *Urban and Regional Planning*, Dördüncü Baskı, Routledge, London & New York.
- [13] Ankara 2023 İmar Planı Raporu, (2007), Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar Dairesi Başkanlığı, s. 67.

2023 VİZYONUNDA TÜRKİYE’DE KENTSEL ALTYAPIDA UYUM VE ESTETİK SORUNLARI VE ÇÖZÜMLER: METROPOL KENTLER ÖRNEĞİ

Prof. Dr. İsmail BİRCAN

Atılım Üniversitesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü

ÖZET

Kent estetiği; kentte yaşayanlara, uygun yaşanabilir, hoş bir ortam ve çevre sunmayı içerir. Canlı ve estetik sokaklar, kolaylıkla yürünebilen güzel kaldırımlar, sosyal merkezler, güvenli semtler, çevre ile uyumlu binalar, parklar, çeşmeler, heykeller, kısaca kent mobilyalarının etkin bir şekilde oluşturulmasını da içerir. Kent estetiği, sürekli ve iyi tasarlanmış bir vizyonla ortak çabalarla, mesleklerarası bir yaklaşımla oluşturulabilir. Zira günümüzde estetik, sürekli yaratıcılık içermekte, planlamacılar, inşaat mühendisleri, mimarlar, peyzaj mimarları, çevre mühendisleri, sanatçılar, politikacılar, yöneticiler, toplum önderleri, işletme sahipleri ve topyekün kentte yaşayanları ilgilendirmektedir.

Bu bildiride, Türkiye’de metropol kentlerde (İstanbul, Ankara, İzmir) kentsel altyapıda uyum sorunları ve kent estetiğine ilişkin gelişmeler ele alınacak ve tartışılacaktır. Çalışmada; gözlem, uzman görüşleri ve alandaki literatür taraması ile elde edilen verilerden yola çıkılarak analizler gerçekleştirilecektir. Kentsel altyapıdaki uyum sorunları ve estetik boyut; ortak yaşam kültürünün, kentte paylaşılan bütünlüğün niteliği ve niceliği üzerinde durulacak ve çözümler üretilecektir. Ayrıca, power-point sunumu, kent estetiği ve uyumuna ilişkin fotoğraflarla desteklenecektir.

Anahtar kelimeler: kentsel altyapıda uyum, kent estetiği, 2023 vizyonu, geleceğin yaşanabilir kentleri.

1. KENT ESTETİĞİ

Kamusal mekanların plastik sanatlar, güzel ve estetik görünüm ve mevcut altyapıda uyumu itibarıyla düzenlenmesini içeren kent estetiği kavramı, yaşanabilir kentler bağlamında zorunluluk haline gelmiştir. Artık günümüzde muhafazakar belediyelerin bile daire başkanlıkları kurarak kent görünümünü değiştirme politikaları izledikleri görülmektedir.

Çevre politikaları ile yerel, ulusal ve evrensel sanat tasarımının, kentin iklimsel ve coğrafi konumunun da içinde yer aldığı kent estetiğinde; aynı zamanda bir birikimin, ekonomik ve ticari bakış açısının da yer aldığı uygulamalar görülebilir. Nitekim 1980-1987 döneminde Ankara’da çeşitli kavşak ve yeşil alanlara konulan ‘tıftık keçisi’ heykelleri bu yerel ve ticari sanat tasarımının bir ürünüdür.

Kentte yaşayan sanatçılar ile kent halkının etkileşimi sonucu yaşanabilir kamu mekanlarında uygulama alanı bulan kent estetiği, çevre ile bütünleşmek durumundadır. Birlikte yaşanan ortamların (büyük meydanlar, parklar, otobüs terminalleri, hava alanları, eğitim kurumları kampüsleri v.b) çevre tasarımı politikalarını da dikkate alarak düzenlenmesi, kent estetiği açısından önemlidir. [1]

Ortak kullanılan mekanların estetiği zaman içinde sosyo-kültürel doku içinde değişiklikler gösterebilmektedir:

- sürekli kazılar nedeniyle, tozlu çevre ortamına süreklilik kazandıran uygulamalar,
- kent girişlerinde, kent içinde ve karayollarında tabela kirlilikleri,
- kazıldıktan sonra, üstü iyi örtülmeyen ve kazalara neden olan kaldırımlar, yollar,
- en küçük bir sel ortamında taşan rögarlar,
- yüksek gerilim hatları geçen semtler, yerleşim birimleri, kentler,
- hiçbir estetik tasarımı olmayan elektrik direkleri,
- bina yükseklikleri birbirinden farklı olan semtler,
- dış sıvası yapılmamış, bitirilmemiş binaların yer aldığı semtler, yerleşim yerleri,
- lokantaların yağlı sıvı atıkları ile kirlenmiş yürüme mekanları, kaldırım kenarları (Ankara Kızılay, Sakarya Cd., İstanbul Beyoğlu arka sokakları, İzmir Çankaya v.b)
- binaların cadde üzerine bakan dış cephelerindeki uyum ve estetik yetersizlikleri, karmakarışık renkler ve görüntü kirlilikleri,
- yolun ana yola çıktığı kavşaklarda, iki şeritten tek şerite düştüğünü göstermeyen panolar, işaretler, (standart dışı uygulamalar)
- kentte paslanmış farklı nitelikte (beton, galvanizli demir) elektrik ve aydınlatma direkleri,
- köşe taşları kalkmış kaldırımlar, refüjler, yollar,

Ancak bu değişimde kent estetiği, toplumun ortak değerlerini de dikkate almalıdır. Kent kalitesi kavramı estetik kavramı ile de yakından ilgilidir. O nedenle kent estetiğinden hareketle kentlerin kalitesi;

- mimari yapının estetik uyumu,
- doğal afetlere dayanıklılığı,
- fonksiyonel oluşu,
- kent mekanlarının iklim koşullarına uygun yerel malzemelerin kullanımı ile de üretimi,
- çevre ile bütünleşmesi,
- kent ortak mekanlarının bakım, onarım ve korunmasında süreklilik,
- kent mobilyalarının estetik kalitesi ve bunların bu sanat eseri olarak algılanması,
- kentte yaşayanlara hoş gelen, huzurlu ve rahat hissettikleri ortamlar sunması, v.b. gibi değişkenleri de içine almaktadır.

Kent estetiği, insanın kentte yaşantısını, ruhsal, sosyal durumunu ilgilendiren bir süreçtir. [2]. Günümüzde kentlerin çok azı ve kısıtlı olanları kent insanının yaşatısına açık olarak korunabilmektedir.

Diğer yandan, kentte yaşayanlar, ister genç, ister yaşlı, ister göçmen, ister özürlü, ister kentte doğmuş, ister kırsalda, tüm kentli bireylerin birlikte yaşadıkları ortak bir kültür ve yaşam alanıdır. [3]

Türkiye’de nüfusun yüzde 72’si kentlerde yaşamaktadır. Dünya nüfusunun ise 2025 yılına kadar yaklaşık yüzde 75’inin kentlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir. Dolayısıyla refah düzeyinin arttığı, özellikle yoksul kesimlerin dünya refahından daha fazla pay almak istediği bir dünyada, kent estetiği gelecek dönemde daha fazla ortaya çıkacaktır. O nedenle kentsel çevrenin ve kent estetiğinin niteliği ve kentlerin yaşanabilirliği daha fazla sorgulanacaktır.

Diğer yandan çevreyi estetik bakımdan bir bütün olarak ele almak ve bireyi çevresiyle bir bütün olarak görmek çevre ve kent estetiğinin temel felsefesi içinde yer almaktadır. [4]

Metropolitan kentlerde (başta İstanbul, Ankara, İzmir) zaman zaman yerel yönetimler kent estetiği ile uyuşmayan kent mekanlarına imza atmaktadırlar. Nitekim,

- estetikten yoksun demir yığını niteliği taşıyan üst geçitler, herhangi bir estetik boyutu olmayan beton alt geçitler,
- estetik boyuttan yoksun parklardaki çocuk oyun alanları, (birkaç sene içinde paslanmış çocuk oyun kitleri)
- bazen çok yüksek yapılmış, bazen bordür taşları erimiş kaldırımlar,
- yaya geçişlerine izin vermeyen, kaldırımsız sokaklar, yollar,
- kent mobilyalarında tasarım yetersizliği olan zevksiz uygulamalar,
- asfalttan daha alçak yapılan rögarlar,
- başarılı kent mekanlarının ülke genelinde, yerel yönetimleri tarafından yaygınlaştırılmasındaki yetersizlikler gibi, çok sayıda estetik bakış açısı olmayışı söz konusu olmaktadır.

Bu tür temel estetik sorunlarının kaynağında yine insan unsuru bulunmaktadır. Nitekim estetik eğitimi almamış, ya da yaşantısını estetikle bütünleştirmemiş yöneticiler, kent estetiğine de önem vermemekte ve uygulamalar yetersiz kalmaktadır. O nedenle, tüm yerel yönetimlerde estetik eğitimi de almış işgörenlerin çalışmalarına fırsat verilmesi insan kaynağının konuya duyarlılığı ve kent estetiğinin, yaşanabilir kentler sayısının artırılması açısından önemlidir.

Ayrıca, estetik duyarlılığın ve estetik hazların yaygınlaşması ve farkındalık yaratarak, kentlerin estetiğinin iyileştirilmesi yaşanabilir kentler için de bir fırsattır. Bu duyarlılığın, başta yöneticiler olmak üzere tüm kentlilere yaygınlaştırılmasında, görsel ve yazılı medya organları ile eğitim kurumlarına görevler düşmektedir.

Metropolitan kentlerde; trafik sorunları, hız algısı, gece ve gündüz çalışma temposu, kalabalık bölgelerin canlılığı, çok kültürlülük, farklı eğitim düzeylerindeki işgücü yapısı, çeşitlilik, karmaşıklık ve farklı sosyo-ekonomik katmanların varlığı, kent tasarımlarını ve kent estetikçilerini ilgilendiren süreçler olmaya devam edecektir. O nedenle kentsel estetik ve uyum sorunlarının çözümünde disiplinlerarası bir yaklaşım ve işbirliği her zamankinden daha fazla gerekecektir. [5]

Bir kent, öncelikle sokaklar, ulaşımın olduğu yollar ve insanların karşılıklı görüşme, değişim ve paylaşımda bulunduğu mekanlardan oluştuğuna göre; farklı semtlerde kentin

toplam bütünlüğünün uyum içinde olması beklenir. Bu birikim insanlık tarihinde yılların deneyimi ile oluşur. Nitekim, son yıllarda Çinliler bir İngiliz kenti ile bir Avusturya köyünü bu özellikleri nedeniyle (uyum ve estetik) Çin’de birebir aynen inşa etmişlerdir. Radyo haberine göre (NTV, Haz. 2011) Avusturya köyünü turist olarak gelip, ziyaret eden ve fotoğraflar çeken Çinlilerin bu durumundan, köylüler hiç şüphelenmemişler.

Fransız yazar, sanat eleştirmeni, ve şair Gustave Khan (1859-1936) Fransa’da bir ilk olan ‘Esthetique de la Rue’ (Sokak Estetiği) adlı kitabını 1900 yılında yayımlamıştır. Kitabında, kaldırımda sanatın varlığı, kent şiirini oluşturan herkes için sanat kavramlarını ileri sürmüştür. [6]

Görüldüğü gibi estetik boyut, güzel görünüm, nesillerin yaşamları boyunca, huzurlu, mutluluk veren bir mekanda (kent) yaşayabileceği bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. KENTSEL ALTYAPIDA UYUM SORUNLARI

Kent estetiği yanında altyapıda uyum sorunlarının kısa ve orta dönemde çözümü de yaşanabilir kentler için mutlaka sorgulanması gereken süreçlerdir. Altyapıda uyum olmaması, hem kaynakların etkin kullanılmaması hem de kent planlamasında yetersizlikler sonucu ortaya çıkmaktadır. Nitekim,

1. parçalanmış ve tamir edilmemiş asfalt yollar,
2. sigorta panellerinden açık kablolar sarkan elektrik direkleri,
3. yolu yeterli aydınlatmayan veya yanmayan sokak/cadde lambaları,
4. yollarda, kaldırımlarda kazı çalışmalarından kalma izler,
5. eskimiş ve uyumsuz yol/kaldırım kaplamaları,
6. yağmur suyunun akmasına izin vermeyen, yoldan yüksek mazgallar,
7. meydanı olmayan kentler,
8. gelişigüzel yerlere konmuş reklam panoları,
9. her mevsim herhangi bir hat geçirmek üzere kazılan ve uzun süre tamir edilmeyen sokaklar/yollar,
10. altyapı ile üst yapı arasında uyum sağlamaya yönelik hiç bitmeyen çalışmalar,
11. çevre düzenlemesi yapılmamış yaşam alanları,
12. selde tıkanan tahliye rögarları,
13. alt yapı ile üst yapı uyumunun olmadığı kentler,
14. çok pahalıya mal olan, yıkılıp, tekrar yapılan, imar planı sık sık değişikliğe uğrayan kentler, yollar, kaldırımlar, kısaca uyum sorunu yaşayan kente dair herşey, vb. uygulamalar

kentte uyum sorunları yaratabilmektedir. O nedenle estetik ve uyum sorunlarının çözümü birlikte ele alınmak durumundadır. Bu konuda şehir plancılarının ve inşaat mühendislerinin ortak çaba ve ortak çalışmalarına ihtiyaç vardır. Bu tür ortak çalışmalar “kentsel tasarım” ortak başlığı altında oluşturulabilir. Aşağıda kentsel tasarımla oluşturulan bu tür mekanlara ilişkin mekan ve tasarım örnekleri görülebilir:



Resim 1. Birmingham Kent Merkezi



Resim 2. Londra Kent Merkezi İçin Bir Tasarım Örneği



Resim 3. Londra'dan bir Sokak



Resim 4. Londra'dan Oxford Caddesi Kavşağı Görünümü

Resim 5 ve Resim 6'da İstanbul'dan (Beyoğlu) yenilenmiş iki sokak görülmektedir.





3. 2023 VİZYONU VE KENTLERİMİZ

Nüfus artışı ve göçler nedeniyle kentlerde yaşayan nüfus %72'lere ulaşmıştır. Yaşanabilir kentler sayısının artırılması, altyapı uyumunun da sağlanması ile olanaklıdır. O nedenle kentlerde altyapıda uyum ve estetik boyutlarının çözülmesi, Türkiye'nin 2023 vizyonu ve hedefleri ile de tutarlı bir yaklaşımdır. Zira Türkiye, 2023'te, Cumhuriyetimizin 100.yılında dünyanın ilk 10 ekonomisi arasında girmeyi hedeflemektedir. O nedenle nüfusun 3/4'ünden fazlasının yaşayacağı kentlerimizde altyapıda uyum sorunlarının ortak akılla tartışılması, estetik boyutun sürekli geliştirilmesi ile dünya kenti olabilecek metropol ve kent sayılarının artırılması gereklidir. 2023 Vizyonu bu bakımdan ekonomide, sosyal yaşamda, teknolojiye ve insan kaynaklarının geliştirilmesinde hedefler öngörmektedir. [7]

9. Kalkınma Planı (2007-2013) ve Uzun Vadeli Strateji (2001-2023) 'İstikrar içinde büyüyen, gelirini adil paylaşan, küresel ölçekte rekabet gücüne sahip bilgi toplumuna dönüşen, AB'ye üyelik için uyum sürecini tamamlamış bir Türkiye' vizyonu öngörmüştür.

Diğer yandan, 2023 yılında Türkiye'nin;

1. Dünyanın ilk büyük 10 ekonomisi içinde yer olması, (2011 de 17. sırada,)
2. Birleşmiş Milletler İnsani Gelişme İndeksinde Dünyanın ilk 25 ülkesi içinde yer alması (2011 de 81.sırada,)
3. Dünya Bankası Rekabet indeksine göre, dünyanın rekabet gücü sıralamasında ilk 25 ülke içinde yer alması öngörülmüştür. (49.sırada,2011) [6]

Plan ayrıca kentsel altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesinde belediyelere verilecek mali ve teknik danışmanlık hizmetlerinin etkinleştireceği hükmünü getirmiştir (Md.464) . Dolayısıyla estetik ve uyum sorunlarının çözümüne de bu yatırımların destek vermesi olasıdır. Su, atık su, katı atık gibi çevre korumaya yönelik altyapı tesislerinin yapılmasında, bakımında ve işletilmesinde ülke şartlarına uygun sistem ve teknolojilerin kullanılması hedeflenmiştir. [7]. Diğer yandan çevresel altyapı hizmetlerinin planlanması, projelendirilmesi, uygulanması ve işletilmesine ilişkin belediyelerin kapasitelerinin geliştirilmesi öngörülmüştür. 9. Plan ayrıca kamu hizmetlerinde kalite ve etkinliğin artırılması başlığı altında, kamu kurumlarının insan kaynaklarının geliştirilmesi, ve kamu hizmetlerinin vatandaşlara sunumunda bilgi ve iletişim teknolojilerinden etkin şekilde faydalanılması hükmünü getirmiştir.

Görüldüğü gibi, TÜBİTAK tarafından ilgili tarafların katılımı ilk oluşturulan, Türkiye'nin 2023 vizyonu ve hedefleri ile 2007-2013 dönemini kapsayan 9.Kalkınma Planı amaç, ilke ve hedefleri; kentsel altyapıda T.C. kentlerine yakışan ve Dünyanın 10.büyük ekonomisi hedefi ile tutarlı, kentleşme ve çevrenin korunması politikalarına destek vermektedir. O nedenle, Türkiye'de kentsel altyapıda uyum ve estetik sorunlarının gelecek dönemde daha hızlı çözüme kavuşması beklenebilir.

Özellikle Türkiye'de İçişleri Bakanlığının yürütmeye başladığı "norm kadro" çalışmaları çerçevesinde belediyeler için belirlenen organizasyon şemalarında "kent estetiği" daire başkanlıklarının kurulmaya başlaması bu anlamda önemli bir adım sayılabilir. Ancak, bu daire başkanlıklarının faaliyetleri incelendiğinde, çoğunlukla yukarıda belirtilen çerçeveden uzak harekete ettikleri görülmektedir. Yine benzer bir uygulama da belediyelerin oluşturdukları "estetik kurul" uygulamalarıdır. Bu uygulamalar da yapılaşma sürecini tek tipleştirdiği ve yavaşlattığı yönünde eleştirilere hedef olmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye son 10 yılda ortalama yüzde 5-8 aralığında hızlı büyüyen ve Çin, Hindistan, Brezilya gibi yeni ekonomik güç odakları içinde yer alan bir ülkedir. Hızlı büyüme, kent nüfusunun daha hızlı artması, kentsel altyapının daha rasyonel projelerle tamamlanmasını gerektirmektedir. Diğer yandan adına Anadolu kaplanları ismi verilen ve devletin teşviklerinden yeterince yararlanmadan, istihdam yaratarak [8] [9] ,ekonomik gelişme sağlayan, Kayseri, Kahramanmaraş, Gaziantep, Denizli, Çorum gibi illerimiz bulunmaktadır. [10] Vizyon sahibi olan, sadece bugünü değil gelecek 30-40 yılı düşünebilen, estetik ve sanat konusunda birikimi olan yerel yöneticiler, kentsel altyapıdaki uyum ve estetik sorunlarını daha yakından izlemekte ve çözüm üretmektedirler. Ancak bu konuda herhangi bir nosyonu olmayan yerel yöneticiler altyapıdaki uyum ve kent estetiği ile fazla ilgilenmemekte, kendilerine hizmet sağlayan firmaların zevksiz uygulamalarına onay verebilmektedirler. Böylece firma-yerel yönetime bu tür hizmetleri sağlarken (genellikle küçük ve orta büyüklükteki yerleşim yerlerinde) estetikten yoksun mekanlar, çeşmeler, çocuk parkları, meydanlar, kaldırımlar, yollar, kent mobilyaları görülebilmektedir.

Çin örneğinde olduğu gibi iyi örneklerin taklit uygulanması dahi beraberinde uyum ve estetiğin bütünleşmesini sağlayacak, insanların yaşamaktan mutlu oldukları, yaşanabilir kentlerimizin sayısı artacaktır.

İstanbul, tüm cazibesine, güzelliğine, boğazına, tarihi ve kültürel dokusuna, güçlü ekonomisine ve diğer özelliklerine rağmen Monocle Dergisinin her yıl yaptığı geleneksel ‘yaşam kalitesi en yüksek kentler’ listesinde bu yıl ne İstanbul ne de başka bir Türk kenti ilk 25 kent listesinde ne yazık ki yer alamamıştır.

Derginin 25 kenti şöyle sıralanmaktadır: 1. Helsinki, 2. Zürih, 3. Kopenhag, 4. Münih, 5. Melbourne, 6. Viyana, 7. Sydney, 8. Berlin, 9. Tokyo, 10. Madrid, 11. Stokholm, 12. Paris, 13. Auckland, 14. Barcelona, 15. Singapur, 16. Fukuoka, 17. Hong-Kong, 18. Portland, 19. Honolulu, 20. Vancouver, 21. Kyoto, 22. Hamburg, 23. Lizbon, 24. Montreal, 25. Seattle.

İstanbul örneğin hala trafik sorununa çözüm üretememiştir. Metrobüs gibi palyatif tedbirler yetersiz kalmıştır [11]. Türkiye’de tüm hızlı kalkınma hamlelerine rağmen, yaşanabilir kentler sayılarımızı uluslararası standartlara getirmemiz önemini korumaya devam etmektedir.

Öneriler:

1. Türkiye hızlı kalkınırken, kentlerde altyapıda uyum ve estetik konusuna özel önem vermeli, vizyon sahibi yerel yöneticileri işbaşına getirmeli, olmazsa yöneticiler bu konuda ilgili uzmanlardan danışmanlık hizmeti almalıdırlar.
2. Nüfusu 10 binden fazla olan belediyelerden başlayarak, belediyelerde, kent estetiği ve altyapı uyumu ile ilgili teknik birimler kurulmalıdır.
3. Yerel yönetimlerde çalışan orta ve üst düzey yöneticilere yaşanabilir kentlerin özellikleri konusunda hizmet içi eğitim verilmelidir.

4. Kentsel yapıların (yollar,kaldırımlar,ortak kullanıma açık mekanlar,vb.) yapım,bakım-onarım ve yenileştirme çalışmalarında çalışan inşaat işçisi,usta,kontrolör,vb.gibi teknik personele kent estetiğinin önemi anlatılmalı,onların işlerini yaparken titiz çalışmaları sağlanmalı (işlerini iyi yapmaları),gelişmiş ülkelerde gözlenen işin *finition* boyutunu da yapmaları sağlanmalıdır.(Böylece kilit taşı yada karo döşeyen usta veya işçi su terazisi vb,kullanacak,seviyesi düşük karolar kaldırımlarda görülmeyecektir.)
5. Nüfusu 50 binin üstünde olan belediyelerin 5018 sayılı yasaya göre zorunlu olarak yaptıkları stratejik planlarında; kentleşme, kentsel dönüşüm, uyum ve estetik sorunlarına kalıcı çözümler getiren ilke ve stratejiler mutlaka belirtilmelidir.
6. Kentsel altyapı ve estetik konusunda belediyelerde görev yapan teknik ve idari personelin “4489 sayılı kamu görevlilerinin bilgi ve görgülerinin artırılması amacıyla yurt dışına gönderilmelerine ilişkin yasa” kapsamında yurt dışında iyi uygulamaları yerinde görmek amacıyla inceleme gezilerine gönderilmeleri ve konuya duyarlı hale getirilmeleri sağlanmalıdır.
7. Yerel yönetimler (il özel idareleri, belediyeler) ile ilgili bölgesel ve ulusal birliklerin, uyum ve kent estetiği konusunda yerel yönetimlere destek vermeleri ve iyi uygulama örneklerini tanıtmaları sağlanmalıdır.
8. Başta İnşaat Mühendisleri Odası olmak üzere TMMO’na kayıtlı, Şehir ve Bölge Plancıları Odası, Mimarlar Odası, Çevre Mühendisleri Odası ve diğer ilgili odalar, yaşanabilir kentlerin sayısının artırılması amacıyla; Türkiye’nin 2023 vizyonu ve hedeflerine ulaşması bakımından, mesleki kuruluşlar olarak, meslek alanları ile ilgili olarak, kentsel altyapıda uyum ve kent estetiği konularında, görüş bildirerek, yayın yaparak, disiplinlerarası çalışmalar gerçekleştirerek kent yönetimlerine katkı sağlamalıdır. Bu tür etkinlikler ayrıca bir “sosyal sorumluluk” projeleri olarak ele alınmalıdır.

Türkiye’nin 2023 hedefleri gelecek nesillere güçlü bir Türkiye bırakmak için önemlidir. Tüm kurum ve kuruluşlar (kamu, özel, STK) bu hedeflere ulaşma konusunda üzerlerine düşen görevleri işbirliği içinde, zamanında ve etkin olarak yapmalıdırlar.

KAYNAKÇA

- [1] (Blanc et Boline 2004 p.68-73) Cosmopolitiques no:7 Aout 2004)
- [2] Erzen, J. (2006) Çevre Estetiği, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, İletişim Yayınları, Ankara
- [3] Erzen, J. (2010) Dosya 23, TMMOB, Mimarlar Odası, Kent Estetiği, Editör Jale Erzen, Aralık, Ankara
- [4] Bilsel, C (2010) Dosya 23, TMMOB, Kent Tasarım ve Çevre Estetiği, Ankara
- [5] Tekeli, İ. (1980) Türkiye’de Kent Planlamasının Tarihsel Kökleri, Türkiye’de İmar Planlaması, ODTÜ, Ankara
- [6] Kahn, G. Esthetique de la Rue, (Réédition): Editeur: infolio. (Collection Archigraphy Poche) 216 p.
- [7] TÜBİTAK, (2005) Türkiye’nin 2023 Vizyonu ve Hedefleri, Ankara
- [8] DPT, Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Ankara, 2006
- [9] Bircan İ. (1987) Belediyelerin İstihdam Yaratmadaki Rolü, Yayımlanmamış makale, DPT, Ankara
- [10] Bircan İ. (1984) İstihdam Sektör Raporu, DPT, Ankara
- [11] Eğin, O. (2011-22.06) Yine İlk 25’te Yokuz, Akşam, İstanbul
- [12] Eğin, O.(2011- 22.06) a.g.e

YEŞİL ALTYAPININ MEKANSAL PLANLAMA VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL GELİŞMEDEKİ ROLÜ ve ÖNEMİ

Ebru MANAVOĞLU

Şehir Plancısı, Antalya,Türkiye ebromanavoglu@yahoo.com

ÖZET

Türkiye Kent Planlama Sistemini yönlendiren 3194 sayılı İmar Kanununda altyapı; sosyal ve teknik altyapı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kentlerimizde yer alan park, çocuk bahçesi, oyun alanları gibi yeşil alanlar sosyal altyapı başlığı altında yer almakta ve imar planlarında 10m²/kişi aktif yeşil alan standardı kabul edilmektedir. İmar Kanununda yer alan bu standart uygulamada çoğunlukla gerçekleştirilmemektedir. Yerleşimlerin sürdürülebilir gelişmesini sağlamayı amaçlayan mekansal planlama çalışmalarında sadece üstyapı sistemlerinin uyumlu organizasyonu geleceğin kentlerini oluşturmak açısından yeterli olmamaktadır. Yeşil altyapı insanların yaşadığı ve çalıştığı alanlara sosyal, ekonomik ve çevresel yararlar sağlaması, sürdürülebilir kentsel gelişmenin sağlanması, kentlerde dinlenme ve oyun alanları yaratması, çevresel eğitimi sağlaması, iklim değişikliğini önlemesi, yaşam kalitesini artırması, ve ulaşım planlamasına önemli bir veri sağlaması bakımından önem taşımaktadır. Bu çalışmada yeşil altyapının mekansal planlama ve sürdürülebilir kentsel gelişmedeki rolü ve önemi üzerinde durularak konu yurtdışında yapılan yeşil alan planlama çalışmaları, ülkemizdeki kentlerin yeşil alan varlığı ve sorunlarıyla birlikte değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: yeşil altyapı, mekansal planlama, yeşil alan planlaması

GİRİŞ

Planlama; kavramsal olarak belirlenen hedefe ulaşabilmek amacıyla harekete geçmeden önce yapılan hazırlıklar, karar verme, seçim yapma sürecidir. Planlama gelecek için, geleceğe yönelik bir tahmin işlemidir. İş, konut, ulaşım, yeşil alanlar, yaşayan kent merkezleri, tarihi, kültürel ve doğal mirasa sahip yaşanabilir ve sürdürülebilir kentler, kentlilerin beklentilerini oluşturmaktadır. Planlama bu beklentilere nasıl ve hangi yollarla cevap verileceği ile ilgilidir [1]. Planlama özellikle insan, doğa ve yaşam ilişkilerinde; beşeri çevre, doğal çevre ve yapay çevre karşılıklı ilişkilerinde ve ilişki sisteminde beliren

duruma bir sistem şeklinde çözüm getirebilmeyi amaçlar. Şehir planlamanın konusu mekan, eylem alanı planlamadır. Mekanın ölçeği, ülke ve bölge düzeyinden yerel ölçeğe kadar her türlü yerleşmeyi kapsar. Mekansal planlama, ulusların sürdürülebilir gelişme perspektifine uygun bir şekilde yaşam alanlarıyla, yatırım ve iş alanlarının uyum içinde birlikteliğini sağlamaya ve düzenlemeye hizmet eder.

Ülkemizde kentler hızlı kentleşme, sanayileşme, yaşam standartlarındaki farklılaşmaya bağlı olarak ekonomik, teknolojik, siyasal ve psiko-sosyolojik etmenlerin etkisi altında değişmekte ve gelişmektedir. Kentler hızlı kentleşme, doğal kaynakların hızla tüketilmesi, düzensiz yapılaşma, arazi değerlerindeki artışa bağlı olarak mekansal olarak farklılaşmakta, bu yaşanan süreçte doğal alanlar, kıyılar, korunacak alanlar, açık ve yeşil alanlar fazlasıyla baskı altında kalmaktadırlar.

Ekolojik değerlerin sürdürülebilirliği, küresel ısınmanın önlenmesi, su kaynaklarının korunması ve doğru planlanması, yaşam kalitesinin yükseltilmesi açısından önemli bir planlama aracı olan açık ve yeşil alanlar Avrupa kentlerinde yeşil altyapı planlarıyla stratejik olarak planlanmakta ve mekansal planlara aktarılmaktadır. Kentlerde oluşturulan açık ve yeşil alanlar kentsel yaşam kalitesinin belirleyici unsurlarını oluşturmaktadır.

Sürdürülebilir kentsel gelişme hedeflerinin gerçekleşmesinde ve sağlıklı çevrelerin oluşmasında üstyapının sağlıklı bir biçimde hizmeti için gerekli altyapı ile ilgili kararların da kent planlama çalışmalarında bir bütün olarak ele alınması gereklidir. Teknik ve sosyal altyapı sistemlerinin mevcut durumu ve sistemin gelişmesine ilişkin planlar ve yapılabirlik analizleri, kentlerin gelişmesinde dikkate alınması gereken konulardır, ve ancak kent planlama ile kentsel altyapı planlaması eşgüdüm içinde bütünleşik bir yaklaşımla ele alındığında sürdürülebilir kentleşme yönünde olumlu adımlar atılması mümkündür.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde kent planlarında çoğunlukla göz ardı edilen yeşil altyapının sürdürülebilir kentsel gelişmedeki yeri ve önemini araştırmak, ülkemiz mekansal planlama politikalarına yeşil alan planlamasının aktarılmasının gerekliliğini vurgulamaktır.

1. YEŞİL ALTYAPI

Yeşil Altyapı (Green Infrastructure), 1990'ların ortalarında Amerika Birleşmiş Devletlerinde ortaya çıkan, arazi kullanım planlaması kararlarında doğal çevrenin önemini vurgulayan, bir kavramdır. Özellikle doğal ekosistemin bir ağı olan yaşam destek fonksiyonlarına bir vurgu vardır. Ayrıca uzun vadeli sürdürülebilirliği desteklemesi bakımından önem taşımaktadır [2].

Amerika Koruma Fonu tarafından hazırlanan Yeşil Altyapı Rehberinde yeşil altyapı; birbirine bağlı yeşil alan ağı olarak tanımlanır, doğal ekosistem değerler ve fonksiyonlarını korur ve insan nüfusuyla ilişkili faydalar sağlar. Yeşil Altyapı, sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik için gerekli bir ekolojik çerçevedir. Kısaca, doğal yaşamın sürdürülebilirliğini sağlayan sistem olarak da ifade edilir.

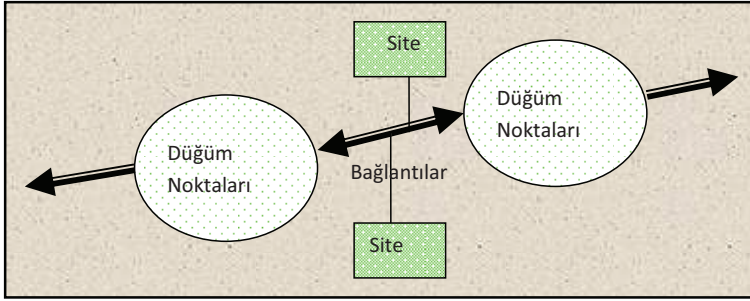
Başka bir tanımla yeşil altyapı doğal alanları ve açık alanları birbirleriyle ilişkilendiren bir sistemdir ve bu sistem ekolojik yararlar sağlayarak insanları ve çevreyi korur [3].

Yeşil altyapı doğal ve yeniden düzenlenmiş tabii ekosistemleri ve peyzaj özelliklerini içeren bir ağıdır. Bu ağ düğüm noktaları (hubs), bağlantılar (links) ve sitelerden oluşur [4] (Şekil 1) .

Düğüm Noktaları (çizgisel olmayan bileşenler) büyük alanlardır ve yeşil altyapı ağına hizmet ederler. Onlar yaban hayatı koruma alanları ve resmi park alanları gibi rezerv alanları olabilir, Devlet ormanı, özel tarım alanları, ormanlık alan ve çiftlikler gibi yönetilen peyzajlar olabilirler.

Bağlantılar (çizgisel bileşenler) arazi kullanımına bağlı olarak boyut ve fonksiyon aralığı değişebilir. Düğüm noktalarını birbirine bağlar, bütün bir sistemi bir araya bağlar. Bağlantılar korunacak koridorlar, yeşil yollar veya ekolojik kuşaklar olabilir.

Site ler düğüm noktalarına benzer fakat onlardan çok daha küçük ve lokalizedir. Örnek olarak parklar ve arberatımlar söylenebilir.



Şekil 1. Yeşil Yol Sistemi [4]

Yeşil Altyapı Sistemleri ile:

- Korunan havzalar; insan eliyle yapılan su arıtma tesisleri ihtiyacını düşürür.
- Tekrar ağaçlandırılan eğimler; toprak kaymaları ve sel olaylarını kontrol altına almaya yardım eder.
- Korunan su yolları; toprak erozyonunu önler, su kalitesini artırır ve yaban hayat yaşam koridorları oluşturur.
- Kurulan geniş ölçekli yağmur hendeği; çimlendirilmiş kanal veya gözaltı göletleri yağmur suyunu süzer ve uzaklaştırır.
- Yarı gözenekli kaldırım taşları; parklardan direkt yağmur suyu akıntısını azaltır.
- Özel orman alanları; su kalitesini korur, yaban hayatı yaşam alanları sağlar ve ekosistem biyoçeşitliliğini yükseltir.

Yeşil Altyapıda yer alan su yollarının, sulak alanların, ormanlık alanların, yaban hayatı yaşam alanlarının ve diğer doğal alanların, yeşil yolların, parklar ve diğer koruma alanları, tarım alanları, orman alanları, boş alanlar ve diğer açık alanların doğru ve sistemli planlanması yerli türün devamlılığını destekler, doğal ekolojik süreçleri korur, hava ve su kaynaklarını sürdürür, sağlık ve yaşam kalitesine katkıda bulunur.

Yeşil altyapı insanların yaşadığı ve çalıştığı alanlara sosyal, ekonomik ve çevresel yararlar sağlar, kentlerde dinlenme ve oyun alanları yaratması, çevresel eğitimi sağlaması, iklim değişikliğini önlemesi, yaşam kalitesini arttırması, ulaşım planlamasına önemli bir veri sağlaması bakımından önemlidir.

2. YEŞİL ALTYAPI PLANLAMASININ DÜNYA ÖRNEKLERİNDE İNCELENMESİ

Ekolojik değerlerin sürdürülebilirliği, su kaynaklarının korunması ve doğru planlanması, yaşam kalitesinin yükseltilmesi açısından önemli bir planlama aracı olan açık ve yeşil alanlar Yeşil Altyapı Planlarıyla stratejik olarak planlanması ve mekansal planlara aktarılması gerekmektedir. Doğal İngiltere Planlama, Ulaşım ve Yerel Hükümet Politika Ekibi tarafından hazırlanan Doğal İngiltere Yeşil Altyapı Rehberi sürdürülebilir kentsel gelişme açısından önemli bir araç olan yeşil alanların birbirleriyle ilişkilendirilerek, yüksek kalitedeki yeşil alanları bir ağa bağlayarak çevresel özellikler dikkate alınarak planlanması ve mekansal planlama çalışmalarına aktarılması konularında önemli ipuçları vermektedir. Bu rehber 2009 yılında yayınlanmıştır ve internet üzerinden erişilebilmektedir.

İngiltere’de yeşil altyapı planlaması giderek mekansal planlama için değerli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Ulusal, bölgesel ve yerel planlama ve stratejilerinde yer almaktadır. Örneğin Milton Keynes ve Güney Midland Büyüme Alanında bu çalışmalar mevcuttur. Kuzey batı İngiltere’de Bölgesel Mekansal Stratejilerinde diğer arazi kullanım gelişme politikalarında olduğu gibi yeşil altyapı politikası bulunmaktadır. Bu politika Kuzeybatı yeşil altyapı rehberi tarafından desteklenmiştir.

Almanya, yeşil altyapı planlaması konusunda çalışmaları olan ülkelerden birisidir. Alman Doğa ve Çevre Koruma Mevzuatı parklar ve diğer kentsel yeşil alanlar düzenlemesine ilişkin kararlar içerir. Almanya Yeşil Alan Planları birçok farklı düzeyde peyzaj planlarını içermektedir. Peyzaj Planları genel mekansal planlarla ilişkilendirilir. Yeşil Yapısal Planları yerel planlarla ilişkilendirilir.

Almanya-Stuttgart kenti, 1960 yıllarına doğru, hava kirliliği ve yeşil alan azalması yönünden oldukça sorunlu kentler arasında bulunmaktaydı. Özellikle hava kirlenmesinin önlenmesi ya da giderilmesi amacıyla iklim planlama çalışmalarının yapılması zorunlu görülmüştür. Bu amaçla, kentin üzerinde meydana gelen durgun kirli havanın düşük hızdaki rüzgar tarafından itilmemesi ana sorunu yarattığından, mikroklimatik sirkülasyon ile kent peyzajının korunması öncelik kazanan iki konu olarak benimsenmiştir. 1960'lardan sonra başlatılan plan ve uygulama çalışmalarına bağlı olarak, kent, merkezden çevreye doğru ışınsal karakterde parklar, tarım alanları ve ormanla bağlanarak organik bir düzen yaratılmıştır. Amaç, kente çevreden gelen havanın yeşillikler arasından süzülerek temiz olarak girmesini sağlamak; hava sirkülasyonu yaratmak ve yüksek yapı istilasını önlemektir. Bugün, Stuttgart'ın imarı, yılın çeşitli zamanlarında esen rüzgarın yön ve hızına göre düzenlenmiş meteorolojik haritaya göre yapılmaktadır. Yapıların yeri ve yüksekliği, yönlendirilmesi bu haritaya göre belirlenmekte, var olan açık alanlar yeşil alan olarak değerlendirilmektedir. Yirmi beş yıllık bir uygulama sonucunda Stuttgart Kenti, merkezden dışa doğru ışınsal biçimde açılan vadi yeşillikleri ve kenti çevreleyen bir yeşil kuşakla organik bir düzene getirilmiş, hava kirliliği asgari düzeye indirilmiştir [5].

Güneybatı Tenessa yeşil altyapı rehberinde yeşil altyapı toplumsal gelişme prensipleri, cadde tasarım teknikleri ve site tasarım teknikleri bakımından 3 ana başlık altında incelenmiştir [6].

1994 Mayıs ayında çalışmalarına başlanılan Florida Eyaleti Yeşil Alan Sistem Planlama Projesi Florida Eyaleti Çevre Koruma Bölümü ve Florida Üniversitesi (Peyzaj Mimarlığı Bölümü) işbirliğiyle hazırlanmıştır. Plan Florida Eyaleti Yeşil Yollar (greenways) komisyonunun , Florida Eyaleti Ulaşım Bölümünün, Florida Yeşil Yollar Koordinasyon Konseyi tavsiyeleriyle çalışmalarını sürdürmüştür. Projede ; yeşil yol sistemini geliştirirken birçok parametreleri göz önünde bulundurmuşlardır. Bunlar;

1. Peyzaj Değerleri
2. Koruma Koridorları (biyolojik bağlantı koridorları, korunacak alanlar v.s)
3. İzler (tarihi, kültürel izler)
4. Yeşilkuşak (korunacak doğal alanlar, doğal ekosistemler, tarım alanları v.s.)
5. Faydalı koridorlar (yollar, boru hatları, kanallar v.s)
6. Rezerv Alanları (büyük koruma alanları; Everglades Milli Parkı gibi, korunacak biyolojik çeşitlilik alanları doğal, kültürel ve tarihi alanlar v.s)
7. Yerel peyzaj unsurları
8. Bölge parkları, açık ve yeşil alanlar
9. Ekolojik, kültürel, tarihi ve rekreasyonel sitler

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak oluşturulan modelde temel raster ve coğrafi bilgi analiz ve sorgulamaları yapılmıştır. Arazi kullanımları matematiksel modellerle alansal olarak analizi yapılmıştır. CBS kullanılarak yapılan çalışmaların sonucunda Florida Yeşil Yollar Sistemi oluşturulmuş ve kent planlarına entegre edilmiştir [7].

Avrupa kentleri yeşil alanların kamu alanları içinde hayati bir önemi olduğunda görüş birliği içindedir. Avrupa kentlerinin bazılarının yeşil alan standartları Çizelge 1’de verilmiştir. Kentlerin ekolojik koşullarının sürdürülebilirliğini sağlayan bir araç olan açık ve yeşil alanlar kentler için geliştirilecek yeşil alan stratejileriyle çevrenin gelişmesine, rekreasyon olanaklarının çeşitlenmesine, sürdürülebilir gelişmeye, eğlence ve sosyal dönüşüme olanak sağlamaktadır.

Çizelge 1. Avrupa Birliği Kentlerinde Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Standartları [8]

Ülke	Kent	m ² /kişi
Norveç	Oslo	45
İsveç	Stocholm	56
Almanya	Münih	11,6
Hollanda	Lahey	19,9

3. YEŞİL ALTYAPININ SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL GELİŞMEDEKİ ROLÜ VE ÖNEMİ

Sürdürülebilir kalkınma, ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun raporunda, insan ile doğa arasında denge kurarak doğal kaynakları tüketmeden, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasına imkan verecek şekilde bugünün ve geleceğin yaşamını ve kalkınmasını programlama anlamında kullanılmıştır.

KENTGES (2008) raporunda, sürdürülebilir kentsel gelişmenin temel amaçları şu şekilde sıralanmıştır;

- Doğal kaynakları bilinçli kullanmak,
- Çeşitli yöntemlerle her türlü doğal kaynak kullanımını azaltarak yenilenebilir kaynaklara öncelik tanımak,
- Toplumsal ilişkiyi destekleyecek fiziksel çevre kalitesini yaratmak,
- Ekonomiyi sürdürülebilir kılmak,
- Yeşille bütünleşmiş bir çevre yaratmak,
- Refah düzeyi yüksek bir çevre yaratmak,
- Toplumsal kararlara halk katılımını desteklemek, kentte yönetim anlayışını geliştirmektir.

Kentsel kaynakların sürdürülebilirliğinde önemli bir araç olan yeşil altyapı sistemleri kentlerin sürdürülebilir gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

- Yeşil alanlar, yaya ve taşıt trafiğini birbirinden ayırarak yaya ve taşıtlar için dolaşımı kolaylaştırır,
- Yağış, nem ve bataklıktan korumak açısından mikro iklimler yaratır, iklim etmenlerini iyileştirir. Kent yüzeyinin büyük bir kısmını oluşturan yapay kitleler ısıyı tutarak, kentin iklim şartlarının olduğundan daha sıcak olmasını sağlar. Yeşil alanlar ise yapay kitlelerin tuttuğu sıcaklığı azaltır. Avustralya'da yapılan gözlemlerde yol ağaçlandırmasının havayı 3-4° serinlettiği saptanmıştır.
- Bireyin ve toplumun aktif ve pasif rekreasyonel ihtiyaçlarının (eğlenme, dinlenme, spor etkinlikleri gibi) karşılanması için imkan oluşturur,
- Toprağın üst kısmını örtmek suretiyle toprak ve su korumayı sağlar, toprak verimliliğini artırır,
- İnsan psikolojisine olumlu katkı sağlar; Kent ortamı stresinin olumsuz etkilerini azaltır.
- Mikro iklimi kontrol eder ve düzenler. Örneğin kent ortamında havayı temizler, oksijen miktarını artırır, tozu veya havadaki kirli materyalleri tutar, hava sirkülasyonu sağlar, hava akımını ve nemini düzenler, ısı yükselmesini önler, havayı serinletir, rüzgar hızını azaltır ve istenilen istikamete yöneltir,

Yeşil Altyapı Sistemleri sürdürülebilir kentsel gelişme açısından büyük önem taşımaktadır. Yeşil Altyapı Tasarım Merkezi Yeşil altyapı sisteminin kentsel alanda sağladığı faydalarını 4 ana başlıkta toplamaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Yeşil Altyapının Faydaları (Center for Green Infrastructure Design, 2011)[9]

Sağlık	Sosyal	Çevresel	Ekonomik
Temiz hava	Stresi azaltır	Doğal yaşam alanlarını korur	Ulaşım maliyetini düşürür
Temiz su	Toplumsal iletişimi artırır	Ekolojik dengenin sürekliliğini sağlar	Evleri parklara bitişik evlerin değeri % 22 daha çoktur. Rekreasyon Alanları ve parklara yakın evlerin değeri % 15-20 daha yüksektir.
Sağlıklı besin	Sosyal aktivitelere olanak sağlar	Su kaynaklarını korur	Yeşil altyapı ev satışlarını artırır.
Fiziksel aktivitelerin artmasını sağlar	Güvenli kamu alanları oluşturur, suç oranını düşürür.	Yağmursuyu deşarjını sağlar	Yeşil altyapı işletmeler ve konaklamalar için çekicidir, Yerel işletmeleri ve turizmi destekler

Yeşil altyapının yukarıda ana başlıklarıyla belirtilen faydalara ek olarak mekansal planlama ve sürdürülebilir gelişme açısından fiziksel işlevleri de mevcuttur. Bunlar;

- Kent kimliği yaratmak,
- Kentsel gelişmeyi sınırlandırmak ve yönlendirmek,
- Kentsel kullanışlar arasında tampon görevini üstlenmek,
- Aktif ve pasif rekreasyon olanağı sağlamak,
- Ulaşım, dolaşım ve erişimi rahatlatmak,
- Kentsel mekana estetik değer kazandırmak,
- Kent-doğa kontrastını oluşturarak, kitle-boşluk dengesini kurmaktır.

4. YEŞİL ALTYAPININ MEKANSAL PLANLAMAYLA İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan KENTGES (Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi) Dokümanı Araştırma Raporunda [10] Mekansal Planlama; farklı kamu politikalarını, bu kamu politikaları doğrultusunda hazırlanan yatırım programlarını ve sektörel uygulamaları dikkate alan “kurumsal bir uygulama aracı” olarak tanımlanmaktadır. Kentlerin sürdürülebilir gelişmesinin sağlanmasında ve yaşam kalitesinin artırılmasında yeşil alan planlama politikaları mekansal planlamada önemli bir aracı oluşturmaktadır.

Kent dokusu içinde ekolojik, ekonomik, sosyolojik bakımdan son derece faydalı işlevler üstlenen açık ve yeşil alanların kent planlamada vazgeçilmez bir yeri ve önemi vardır. Kent planlama çalışmalarının başarılı olabilmesi için önemli bir planlama aracı olan açık ve yeşil alanlar kentsel mekan organizasyonunda doluluk ve boşluk dengesini sağlayan, kentin fiziksel yapısını ortaya koyan ve biçimlendiren temel alan kullanımlarından birisi olup kent planlamasında ve tasarımımda diğer alan kullanımlarını bütünleştiren bir denge unsurudur.

Aynı zamanda genel bir açık alan olan su yüzeyleri ve kıyılar kent planlamada bir açık-yeşil alan sistem kurgusu içinde değerlendirilmesi kent mikro iklimasına yararlar

sağlamaktadır. Yeşil alanlar ve kent formu oluşumu arasındaki ilişkilerde, bir yeşil yol sisteminin unsurları olarak nehir kıyıları, su kıyısı promenadları, ağaçlı geniş cadde ve bulvarlar, bir hat boyunca uzanan parklar (doğrusal parklar), yürüyüş yolları, doğrusal doğal koridorlar (vadiler, dere yatakları gibi) önem taşımaktadır. Bu yeşil yollar parklar, bahçeler, meydanlar, su yüzeyleri, okul bahçeleri ve diğer açık ve yeşil alanlarla birlikte kentsel yeşil altyapıyı (yeşil alan sistemini) oluşturmakta ve yeşil kuşak, yeşil kama gibi uygulamalarla kent makroformu üzerinde belirleyici olmaktadır [11].

Kent yerleşim planları incelendiğinde, kent içerisindeki açık-yeşil alanlar bazen belli planlar çerçevesinde bazen de plansız olarak kendiliğinden oluşabilmektedir. Her iki durumda da açık-yeşil alanlar, kentin topoğrafyası, jeomorfolojisi, iklimi, kentin politik ve mimari yapısı, en önemlisi de kent insanının sosyal, kültürel ve ekonomik yapısı bu konuda önemli rol oynamaktadır. Genel olarak yeşil doku sistemi iki ana kompozisyon içinde incelenebilir.

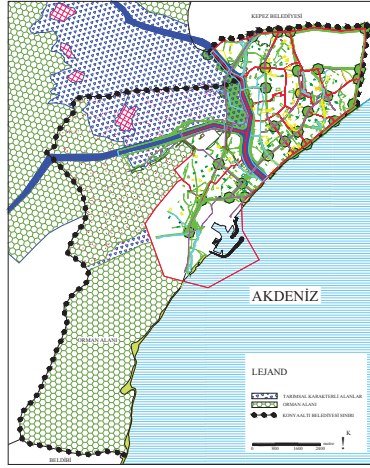
1-Dağınık Yeşil Alanlar: Kent içinde lekeler halinde ayrı ayrı büyük veya küçük birimler halinde yer alır. Dağınık yeşil alanlar sistemi daha çok arazi politikasından yoksun ve plansız gelişen kentlerde yaygındır.

2-Yeşil Bantlar Sistemi: Bu sistem kentin bölgelerini veya belli kısımları birleştiren bantlar şeklinde bütünlük arz eden ve organik bir yeşil dokudur. Yeşil bant, kentin morfolojik, iklimik, jeomorfolojik, kent karakteri gibi pek çok etkenlere bağlı olarak zincirleme eksen, yıldız veya kama şeklinde olabilmektedir [12].

Manavoğlu tarafından 2005 yılında tamamlanan “Konyaaltı Kentsel Alanında Bir Yeşil Alan Sistemi Önerisi Geliştirilmesi” başlıklı yüksek lisans çalışmasında; bölgede oluşturulacak yeşil alan sistemi için korunacak alanların sürdürülebilir kullanımının sağlanması, tarım alanlarının korunması, kıyısız ekosistemin kentle bütünleştirilmesi, Akdeniz Üniversitesi’nin kentle bağlantısının sağlanması, kentsel ölçekte yeşil alan gereksinimlerinin belirli yaş gruplarına göre çeşitlendirilmesi ve kademelenmesi, kent içerisinde yeşil alanların düzenli dağılımının sağlanması temel ilke olarak benimsenmiştir (Şekil 2). Bu ilkeler doğrultusunda Konyaaltı bölgesi yeşil alan sistemine yönelik stratejiler 5 grupta toplanabilir:

1. Mahalle ölçeğinden konut ölçeğine kadar inen yerleşme hiyerarşisi çerçevesinde mahalle parkları, çocuk bahçeleri ve spor alanlarından oluşan aktif yeşil alanların oluşturulması,
2. Aktif yeşil alanların etki alanlarının tüm Konyaaltı bölgesini kapsamaması,
3. Bölgedeki doğal (dere, vadi) ve yeterli genişliğe (30 m.) sahip yapay (cadde ve bulvarlar) doğrusal hatlar ağaçlandırılarak, bunlara ekolojik koridor niteliği kazandırılması,
4. Ekolojik koridorların kesiştiği noktalarda yeşil alanların oluşturulması,
5. Bölgedeki aktif ve pasif tüm yeşil alanlarla, bölgeyi çevreleyen tarım ve orman alanları arasında koridorlar vasıtasıyla organik bağ kurulması.

Açık ve yeşil alan sistemleri gelecekteki kentsel gelişmeleri arazi kullanım düzeni, ulaşım sistemi ve kent formu açısından biçimlendirecek temel dinamiği oluşturması bakımından önem taşımaktadır.



Şekil 2. Konyaaltı Kentsel Alanı Yeşil Alan Sistem Önerisi [13]

5. TÜRKİYE MEKANSAL PLANLAMA SİSTEMİ İÇİNDE YEŞİL ALANLARA İLİŞKİN TESPİTLER VE ÖNERİLER

Ülkemizde imar yasaları ve yönetmelikleri kent planlama sürecini yönlendiren temel yasal mevzuatı oluşturmaktadır. Bu mevzuatta yeşil alanlara yönelik yaklaşım, kişi başına belirli büyüklükte (m^2) yeşil alanın sağlanmasıdır. 1985 yılında çıkarılan ve halen yürürlükte olan 3194 sayılı İmar Kanunu'nda kişi başına aktif yeşil alan miktarı $7m^2$ olarak öngörülmüştür. 2 Eylül 1999 tarih ve 23804 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan İmar Planı Yapılması ve Değişikliklerine Ait Esaslara Dair Yönetmelik'le kişi başına aktif yeşil alan miktarı $10m^2$ 'ye çıkarılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge: 3 Türkiye Planlama Sistemi İçinde Aktif Yeşil Alan Standardının Gelişimi

Tarih	Kanun Adı- No	Yeşil Alan Standardı
1933	2290 Sayılı Yapı ve Yollar Kanunu	$4m^2$ /kişi
1956	6785 Sayılı İmar Kanunu	Plancının kendi çalışma ve kabulleri ile standart belirlenmiştir.
1985	3194 Sayılı İmar Kanunu	Belediye ve Mücavir Alan Sınırları içinde $7m^2$ /kişi, Belediye ve Mücavir Alan Sınırları dışında $14m^2$ /kişi
1999	2 Eylül 1999 tarihli 23804 sayılı yönetmelik	Belediye ve Mücavir Alan Sınırları içinde $10m^2$ /kişi, Belediye ve Mücavir Alan Sınırları dışında $14m^2$ /kişi

Kentsel açık ve yeşil alanlar, 3194 Sayılı İmar Kanunu'nda aktif yeşil alanlar ve diğer yeşil alanlar olarak iki grupta tanımlanmıştır. Aktif yeşil alanlar; toplumun doğrudan yararlanması için düzenlenmiş parklar ve dinlenme alanları, çocuk bahçeleri ve oyun alanlarını kapsayan kullanımlardır. Diğer yeşil alanlar ise; halkın doğrudan kullanabilecek ya da dolaylı olarak yararlanabilecekleri ancak, aktif yeşil alanların fonksiyonlarına genellikle sahip olmayan alanlardır. Yerleşim alanları bünyesinde doğal olarak kullanabilecekleri gibi insan eliyle de düzenlenmiş olabilirler. Şehirlerdeki diğer yeşil alanların başlıcaları şu şekilde sıralanabilir; orman alanları, ağaçlandırma alanları, çalılıklar, kamu yada özel mülkiyete ait bahçeler, fuar, panayır ve festival alanları, mezarlıklar vb. gibi alanlar.

Ülkemizde kentlerde kişi başına aktif yeşil alan oranlarının belirlenmesi çok sayıda bilimsel çalışmaya konu edilmiş, böylece kentsel yeşil alan varlığı üzerine görülen eksiklikler belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda ortak görüş, kentlerimizde aktif yeşil alanların küçük yüzölçümleri ve kent genelinde düzensiz dağılımları nedeniyle kent yaşantısına yeterli katkı sağlamadığını göstermektedir [14]. Kent planlama kararlarına yeşil alan stratejileri aktarılamamış, imar planlarıyla oluşturulan yeşil alan kararları uygulamada sorunlarla karşılaşmıştır. Yeşil alanlar, korunacak alanlar, su kaynakları özellikle hızla kentleşen kentlerimizde rantın gücü karşısında baskı altında kalmış, planlama; bu gücü sağlayan bir araca dönüştürülmüştür.

2007 yılında Aksaray kentinde yapılan bir araştırmada, Aksaray kentindeki mevcut düzenlenmiş aktif açık-yeşil alanlar (kent ve mahalle parkları, çocuk bahçeleri ve oyun alanları) nitelik ve nicelik olarak yetersiz olup kişi başına ortalama 3,4 m² düşmektedir [15]. 2007 yılında Kahramanmaraş kentinde yapılan bir çalışmada kişi başına 1.4 m² aktif yeşil alan varlığı saptanmıştır[16]. 2006 yılında Çorum kentinde yapılan yeşil alanlara yönelik araştırma sonucunda açık ve yeşil alanların kent içindeki dağılımları dengesiz ve yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır[17]. 2005 yılında Akdeniz Üniversitesi tarafından yapılan bir araştırmaya göre Antalya'da kişi başına düşen aktif yeşil alan miktarı 4.4. m² ve yeterli değildir [18]. 2004 yılında İstanbul'da kişi başına 1.9 m² aktif yeşil alan varlığı, Isparta'da 2001 yılında 3 m² aktif yeşil alan varlığı tespit edilmiştir. Bu örnekleri çoğaltmak mümkündür. Yeşil alanların alansal olarak standartların altında olmasının yanında diğer bazı sorunlar da bulunmaktadır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Bilimsel Çalışmalar Sonucu Bazı Kentlerimizin Yeşil Alan Varlığı, Sorunları ve Öneriler [14]

Şehir	Çalışma yılı	Mevcut Aktif Yeşil Alan m ² /kişi	Yeşil Alan Sorunları	Öneriler
Adapazarı	2006	0.70	- Kent merkezinde belirgin bir açık ve yeşil alan sistemi mevcut değildir. Yeşil alanlar kent içinde dağınık olarak bulunmaktadır. - Yeni yerleşim alanlarında da sonradan yapılmalarına rağmen gerçek anlamda bir açık ve yeşil alan sistemi bulunmamaktadır.	-İmar Kanunu'ndaki açık ve yeşil alan standartları, gerekli yasal düzenlemelerle çağdaş seviyeye getirilmelidir. -Ayrıca saptanan bu standardın içerdiği kategoriler, kategorilerin tanımları, büyüklükleri, ulaşım mesafeleri ve donanımları da belirlenmelidir.

Aksaray	2007	3.4	- Aksaray kent merkezinde aktif yeşil alanlar yetersizdir. - Konut ve toplu konut birimlerinde yer alan açık-yeşil alanlar istenilen standart, estetik ve işlevsel özelliklere sahip değildir.	Yeşil alanların nitelik ve niceliğini, bilimsel ve teknik kriterler dikkate alınarak planlamak, uygulamak ve sürekliliğini sağlamak ile mümkündür. Kent içindeki tüm açık ve yeşil alanlar, kentsel yönetimin kararlarının yer aldığı planlarla bir bütünlük arz etmelidir.
Ankara	2008	2 m ² 'nin altı	Belediye ve mücavir alan sınırları içerisinde yapılacak olan planlamalarda kişi başına minimum 10 m ² aktif alan alınmak kaydıyla planlar hazırlanmakta, fakat kentlerimizin çoğunda kişi başına düşen yeşil alan miktarları giderek azalmaktadır.	-İmar mevzuatı içerisinde kentsel açık-yeşil alanlarla doğrudan ilgili olan 3194 sayılı İmar Kanunu Avrupa Birliği standartlarına uyumlu hale getirilmelidir. - Peyzaj mimarlığı meslek disiplini, kent ve kır yaşantısını doğrudan etkileyen imar mevzuat sürecine mutlaka dahil edilmelidir.
Çorum	2006	2.1	-Açık ve yeşil alanların kent içindeki dağılımı dengesiz ve düzensiz. -Mevcut alan kullanımlarının planlama kararlarıyla örtüşmediği	- Kentte yeşil kuşak oluşturmaya yönelik öneriler sunulmuştur.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yeşil Altyapı kentlerin sürdürülebilir gelişmesi ve mekansal planlama politikalarının şekillenmesinde büyük önem taşımaktadır.

Dünya ülkelerinde yeşil altyapı her geçen gün sağladığı sosyal, ekolojik, çevresel ve ekonomik faydalara bağlı olarak mekansal planlama politikaları arasında yerini almakta ve yapılan çeşitli çalışmalarla kentsel mekana aktarılmaktadır.

8333 km. uzunluğa sahip Türkiye kıyıları her biri farklı ekolojik işlevlere sahip olması nedeniyle kentlerimizdeki açık ve yeşil alan sistem kurgusu içinde değerlendirilmesi gereken alan kullanımlarını oluşturmaktadır.

Her ülkede şehir ve bölge planlama çalışmalarında yeşil alan ölçütlerinin belirlenmesi zorunlu olmuştur. Dünyadaki değişik ülkeler arasında standartların ve stratejilerinin belirlenmesinde, nüfus, yeşil alan kullanıcı grubunun sosyo-ekonomik yapısı ve ihtiyaçları, yerleşimin iklimsel ve coğrafi özellikleri, büyüklüğü, çevresiyle olan ilişkileri, yerleşim yapısı ve o ülkenin planlama kültürü önem taşımaktadır. Dünya ülkelerinde yeşil alan gereksinimi artan kentliler için şehir planlama çalışmalarında sadece belirli standartlar belirlemek yeterli olmamakta yerleşmeler için geliştirilen kentsel yeşil alan stratejileriyle sürdürülebilir kentsel gelişmeye olanak sağlayarak kentlinin yeşil alanlardan daha fazla yararlanması hedeflenmektedir. Bu stratejilerde yeşil alanların niteliklerinin günümüz koşullarına uygunluğu, kent içindeki dağılımı ve kolay ulaşılabilirliği önem taşımaktadır. Son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar da göstermiştir ki kentsel yeşil alanların aktif kullanımı ve kentlinin rekreasyonel ihtiyaçlarına cevap verebilmesi kentlinin yeşil alanlara

kolay ulaşılabilirliği ile mümkündür. Yeşil altyapı planlamasıyla kentlinin yeşil alanlardan daha rahat ve kolay ulaşılabilirliği sağlanmaktadır.

Yeşil alanların mekansal planlamada sahip olduğu birçok işlevleri yerine getirebilmeleri için makro ölçekten mikro ölçeğe kadar her aşamada bir sistem dahilinde planlanmalıdır. Ayrıca kent planlarında bir yeşil alan stratejisinin gözetilmesi önem taşımaktadır. İmar mevzuatımızda sadece m² olarak ifade edilen yeşil alanlar maalesef uygulamada gerçekleştirilmekte ve kente yeterli sosyal, ekonomik, fiziksel ve ekolojik katkıyı sağlayamamaktadır. Açık ve yeşil alanlar; yurtdışında yapılan çalışmalar gibi kentsel yeşil alan planlama sistemi içerisinde değerlendirilmeli, stratejiler oluşturulmalı ve mekansal planlama politikaları oluşturulmalıdır.

Kent planlama çalışmalarında sadece üstyapı sistemlerinin uyumlu organizasyonu geleceğin kentlerini oluşturmak açısından yeterli olmamaktadır. Sürdürülebilir kentsel gelişme hedeflerinin gerçekleşmesinde ve sağlıklı çevrelerin oluşmasında üstyapının sağlıklı bir biçimde hizmeti için gerekli altyapı ile ilgili kararların da planlama çalışmalarında bir bütün olarak ele alınması gereklidir.

KAYNAKLAR

- [1] Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi Dokümanı Araştırma Raporu KENTGES, 2008, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Green_infrastructure
- [3] http://www.dfr.state.nc.us/Urban/urban_green_infrastructure.htm
- [4] M.A. Benedict, E.T. McMahon 2001, Green Infrastructure Smart Conservation for the 21. Century. The Conservation Fund.
- [5] A. Yeşil, 2006, Ankara Metropolitan Alanının Yeşil Alan Sisteminin Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 81s, İstanbul.
- [6] SETDD 2011, "Green Infrastructure Handbook" <http://www.sdev.org/downloads/GreenInfrastructureHandbook.pdf>
- [7] <http://geoplan.ufl.edu/projects/greenways/greenwayindex.html>
- [8] M.Ersoy,1994, Kentsel Alan Kullanım Normları. ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları. Ankara.
- [9] Center for Green Infrastructure Design. 2011, "The Benefits of Green Infrastructure" www.greeninfrastructuredesign.org
- [10] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Kentleşme Şurası 2009, Mekansal Planlama Sistemi ve Kurumsal Yapılanma 1 Raporu, Ankara.
- [11] A. Walmsley, 1995, "Greenways and the making of urban form", Landscape and Urban Planning 33. 81-127.
- [12] A. Gül, V. Küçük, 2001, Kentsel Açık -Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Ölçeğinde İrdelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, Sayfa: 27-48
- [13] E. Manavoğlu, V. Ortaççşme, 2007, Konyaaltı Kentsel Alanında Bir Yeşil Alan Sistem Önerisi Geliştirilmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2007 (2) : 261-271. Antalya
- [14] E. Manavoğlu, 2010, Kentsel Yeşil Alan Planlama Stratejilerinin Kent Planlarına Entegrasyonunun Türkiye Kentlerinde İncelenmesi, Dünya Şehircilik Günü, Kayseri.
- [15] Ç.D. Akbulut, 2007, Aksaray Kenti Açık ve Yeşil Alanlarının Nitelik ve Nicelik Yönünden Değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 194 s.
- [16] A.A.İlter, H. Doygun, 2007, Kahramanmaraş Kentinde Mevcut ve Öngörülen Aktif Yeşil Alan Yeterliliğinin İncelenmesi. Ekoloji Dergisi 17,65.21-27.
- [17] B.Albayrak, 2006, Çorum Kenti Mevcut Alan Kullanım Kararları ve Açık-Yeşil Alan Verilerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi. 116 s.
- [18] V. Ortaççşme, E. Yıldırım, E. Manavoğlu, 2005, Kentsel Yeşil Alan Fonksiyonları Düzleminde Antalya Kenti Yeşil Alanlarına Bir Bakış. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt 2, s.539-549, Antalya.

BÖLÜM 2

KENT İÇİ ULAŞIM

ULAŞIM MEKÂNLARININ TASARIMINDA TASARIM REHBERLERİNİN ROLÜ

Mehmet Nazım ÖZER^{*1}, Emrah SÖYLEMEZ ^{*2}

***Yüksek Şehir Plancısı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekânsal Planlama Genel
Müdürlüğü, Söğütözü Mahallesi 2179 sok. No.5 Ankara**

ÖZET

Tasarım rehberleri, kentsel tasarım projelerinin en önemli aracıdır. Rehberler, belirli bir yöre için geçerli olacak tüm standartlar, yöntem ve teknikleri açıklayıcı ve yönlendirici kararları içerir. Bu kararların imar planları raporundaki plan notları ve kararlarından farkı üçüncü boyut mimari karakter, malzeme, mühendislik detaylar vb. konularının yer almasıdır.

Kentsel tasarım, kentsel yerleşmelerin bütünündeki politikalar, kentsel karakteristikle uyumlu, kısaca kentsel planlamanın devamlılığı ve ilişkisi içinde sonuçlanan, kentsel yaşam kalitesini artırıcı eylem planları olarak tanımlanabilir. Bu planlar mimari-peyzaj-altyapı uygulamalarını yönlendiren önemli bir araçtır.

Kentsel tasarım rehberleri aracılığı ile ulaşım mekânların oluşturulmasındaki temel ilkelerinin tanımlanacağı bu bildiride; öncelikle kentsel tasarım, kentsel tasarım rehberleri gibi kavramlar tanımlanacaktır. Sonrasında ise dünyadaki ulaşım sistemlerine yönelik hazırlanan örnek tasarım rehberleri incelenecektir. Son olarakta ise tasarım rehberlerinin kentlerin ulaşım mekânlarının şekillenmesindeki rolü ve ilkeleri tartışılarak öneriler geliştirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Tasarım, Kentsel Tasarım Rehberleri, Ulaşım Mekânları.

¹ Kentsel Tasarım Şube Müdürü, mmazimozzer@gmail.com, Gazi Üniv., Mim. Fak. Şehir ve Bölge Planlama Bölümü Yarı Zamanlı Öğretim Görevlisi.

² Kentsel Gelişme Şube Müdürü, emrahsoylemez@gmail.com

1. GİRİŞ

Kentlerin yaşam kalitesini artıracak en önemli araç planlama ve kentsel tasarımıdır. Ancak ülkemizin planlama sistemini oluşturan (günümüzde yaygın olarak kullanılan) imar planları kentlere yaşam mekânları kazandıramadığı gibi mevcut yaşam mekanlarında yozlaşmasına veya yok olmasına neden olmaktadır.

Kentlerin yaşam kalitesinin geliştirilmesinde; planlama sürecinde, kentsel tasarım ve kentsel tasarımın en önemli aracı olan kentsel tasarım rehberlerinin önemli etkisi bulunmaktadır. **Kent planlama ve kentsel tasarım gelecek için yaşam çevrelerinin ortaklaşa tasarlanması, düzenlenmesi ve birlikte yönetme fikrinin en önemli aracıdır.** (Erten, 2006) **Tasarım rehberleri** ise bu fikri yönlendiren ve denetleyen bir klavuzdur.

Çağdaş, yaşanabilir, sağlıklı, kimlikli fiziksel çevrelerin oluşturulabilmesi için kentsel tasarım rehberlerinin nasıl olması gerektirdiği bu çalışmanın konusudur.

Bildiride çeşitli varsayımlar ortaya konulmaktadır. Bunlar;

- **Sağlıklı, yaşanabilir ve sürdürülebilir kentsel mekânların oluşturulmasında kentsel tasarım** rehberleri önemli bir rol üstlenebileceği,
- Bu sürecin sağlıklı işleyebilmesi için planlama sisteminin yeniden tanımlanmasının gerekliliği,
- Tasarım rehberlerinin kentsel mekânın niteliğini değiştirecek, **estetikli ve yaşanabilir çevreleri** oluşturabileceği, şeklinde özetlenebilir.

2. YAŞAM KALİTESİ

Kentsel mekânın karakteri, ait oldukları coğrafyanın kültürel tarihini, ekonomik gelişmişlik düzeylerini olduğu kadar, toplumsal ve sosyo psikolojik özelliklerini de yansıtır. Fiziksel çevrenin oluşumunda mekânların **sürdürülebilirliği** ve **yaşanabilirliği** önemli yer tutmaktadır.

Kentsel mekânlarda sürdürülebilirlik kavramı, doğal kaynakların tahrip edilmemesini, ekolojik dengenin korunmasını, kültürel değeri olan yapıların ve kentsel dokuların muhafaza edilerek geleceğe iletilmesini ifade etmektedir.

Geray (1995) "**Kentsel yaşam kalitesi**" deyiimiyle anlatılan kavramın eş anlamlı olmasada benzer anlamda kullanılan "sağlıklı kent" deyiimiyle yalnızca yapının fiziksel özelliklerini, estetiğini, sağlamlığını sağlık koşullarına uygunluğunu belirtmekle yetinilmemesini açıklıyor. "Sağlıklı kenti", belli bir plana göre gelişen, her türlü olanaklarıyla güzel bir çevre oluşturan, içinde yaşayanların rahat, mutlu, gönençli oldukları, kentiyle özdeşleştikleri, kenttaş kimlik ve bilincine sahip bulundukları bir toplumsal ortam olarak açıklıyor.

Kentli olmanın yaşam kalitesi açısından önemini yine Geray (1995), davranış, değer, tutum ve yaşam biçimlerine sahip olmayan, fakat kentte yaşayan, kentiyle, daha doğrusu kentte yaşayan öbür insanlarla bütünleşmeyen, kentin sunduğu olanaklardan yararlanamayan, yararlanmanın, kenti yaşamının olanaklarından yoksun bulunan, bu yüzden kentte yaşayan

bir köylü olmaktan ileri gidemeyen, kenttaş olmayan insanların çoğunlukta olduğu bir kentte, planlama, mimarlık, estetik kuralların geçtiği bir fiziksel ortamın varlığı buranın sağlıklı kent niteliğine kavuşmuş olması demek değildir şeklinde belirtiyor.

Kentsel yaşam kalitesi herşeyden önce içinde yaşayanların kentli olmasından geçtiğinin unutulmaması gereklidir. Burada yaşam kalitesine uygun mekânlar yaratmak ve bu mekânları kullananların kent ve kentli ile iletişim sağlanmasıdır.

Yaşanabilir çevrelerdeki olanaklar bütünü, bulunduğu zaman ve coğrafyaya göre farklılaşmakta ve kentsel mekânın kalitesinin tek bir karşılığı bulunmamaktadır. Ancak burada önemli olan, temel gereksinimler, fizyolojik gereksinimler açısından ele alındığında, **yaşanabilirlik göstergelerinde** değinilen özellikleri de kapsayacak, yaşanabilir çevrenin, sağlıklı koşullarını içeren bir ortam, mekân oluşturabilmesidir. İzlendiği gibi, yaşam kalitesini belirten öğeler, sosyal, ekonomik, çevresel, estetik gibi temel konuları kapsamaktadır ve bu özellikler mekâna anlam kazandırmaktadır.

Kentsel yaşam kalitesi sağlanmasında; insanın temel gereksinimlerinden, fizyolojik ve güvenlik gereksinimlerinin karşılanması yeterli değildir. Mekân, geçmiş, bugün ve gelecek ile doğal çevre ilişkilerini kurabilecek kentlinin bir kenttaş olarak birtakım eyleme olanak tanınmalıdır. Böylece kentsel mekâna, yerel ve kendine özgün kimlikler yaratılabilecektir. Sonuçta **mekân-insan-zamana** bağlı olarak **biçimsel bir dil oluşturulması gerekmektedir.**

3. KENTSEL TASARIM KENTSEL YAŞAM KALİTESİ İLİŞKİSİ

Kentlerdeki yaşam kalitesinin temel nedeni planlama, mimarlık, peyzaj mimarlığı ve mühendislik meslek disiplinlerinin ilişkisinin kurulamamasıdır. Bu anlamda planlama doğal çevre ile yapay çevre alanlarında denge ve uyum sağlamayı amaçlayan bir çaba olarak değerlendirilmelidir. Ancak bu çabanın mimari ve peyzaj mimarlığı ve mühendislik detaylarıyla da ilişkilendirilememesi sonucu, kentsel yaşam kalitesi olgusu yitirilmektedir. Planlama ile mimarlık ve peyzaj mimarlığı meslek disiplinlerinin birbirlerini tamamlayan misyonlarını pratikte yaşama geçirmede kentsel tasarımın rolünün göz ardı edilmemesi gerekir.

Kentsel yaşam kalitesini elde etmede ve kentsel alanların çözümlenmesinde **kentsel tasarım yeni bir araçtır.** Ülkemiz açısından oldukça yeni ve farklı tanımlanan karmaşık bir kavram olan kentsel tasarım eyleminin bir uzmanlık alanı olarak algılanması yenidir.

Kentsel tasarım, planlama sistemi içerisinde **mekânın biçimlenmesinde** önemli bir araçtır. **Kentsel tasarım kentsel mekânın biçimlenmesine ilişkin tasarım politikaları ve kentsel tasarım araçları** (tasarım rehberleri, gelişme özetleri, ek planlama rehberleri, vb.) ile ortaya koyar.

Kentsel tasarım, mekânın organizasyonu olduğu için tasarım disiplini diyebileceğimiz şehir planlama, peyzaj mimarlığı ve mimarlık dalları ile ilişkisi yoğundur. Kentsel tasarım projeleri kentsel sorunların çözümünde bu üç disiplinin şu yaklaşımları;

- Sosyal, ekonomik, kültürel ve uzlaştırıcı güç olarak kentsel tasarımcı-şehir planlama,
- İmge yaratıcı ve artist olarak kentsel tasarımcı – mimari,

- Uygulamalı ekolojist olarak kentsel tasarımcı - peyzaj mimarlığı ve
- Altyapı tasarımcısı olarak kentsel tasarımcı - mühendislik yaklaşımlarını içermelidir. (Karaman,1999, s. 236)

Tekeli (1993:57-58) bu amaçla bir kentsel tasarımın gerçekleştirmesi gereken kaliteleri, değerleri yada kentsel tasarım projesinin iç dinamiklerini yedi kriter altında sıralamaktadır. Bunlar: Yaşanabilirlik, işlevine uygunluk, kolayca okunurluk, görsel doyum sağlamak, **Çağrısız algılama yoluyla anlam yüklemiş olmak**³, özel ve kamu denetiminde olan mekânlar dengesi ve gerçekleştirilebilirlik.

4. ULAŞIM MEKANLARINA İLİŞKİN KENTSEL TASARIM REHBERLERİ

Ulaşım mekânları, kentteki sokaklar/caddeler yaya, bisiklet, toplu taşıma ve otomobil trafiğini kapsamaktadır. Ulaşım mekânlarının en önemli önceliği insandır. İnsan kenti sokaklar ile algılayabilir. Ulaşım mekânları insan öncelikli olarak tasarlanmalıdır.

Kentteki ulaşım sorununa insan öncelikli yaklaşım ile bakıldığında ulaşım mekânları birer kamusal mekân olarak kentin en önemli yaşam alanları olarak değerlendirilebilir.

Kentsel tasarım kentsel mekânın biçimlenmesine ilişkin süreci tasarım politikaları ve kentsel tasarım araçları (tasarım rehberleri, gelişme özetleri, ek planlama rehberleri, vb.) ile ortaya koyar. Kentsel mekânın biçimlenmesinde kentsel tasarım planları kadar **kentsel tasarım rehberleri** de önemlidir.

Dünyada kentsel tasarım rehberleri elli yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. İncelenen kentsel tasarım rehberi örneklerinin; mekana ilişkin malzemeler, ulaşım sistemi, yapı oran ve cephe özellikleri, açık alanlardaki kent mobilyaları, yeşil ölgenin kullanımı gibi konuları ele alıp, belirleyerek bütünü oluşturmada temel teşkil eden yönlendirici ve hatta mimari ve peyzaj projeleri içinde yaratıcılığı özendiren bir klavuz oldukları görülmektedir.



³ Kentsel tasarımla mekânın yer niteliğine ulaşarak yer kimlik kazandırılması ve bunun yanında algılamayla ona anlam yüklenmesi

Geleneksel referansları güçlü olan bu bölgede hazırlanacak olan kentsel tasarım rehberlerini daha iyi anlamak neleri kapsadığını görebilmek için incelenen örneklerde belirli saptamalar yapılmıştır.

Tasarım rehberleri genelde; görsel çevrenin kalitesinin yükseltilmesi ile ilgili olarak estetik kuralları tanımladığı belirtilebilir. Belli hedef ve ilkeler doğrultusunda hazırlanan tasarım rehberlerinde, amaç uygulamada ve uygulama sonrasında bu ilke ve hedefleri yakalaması ve koruması olmaktadır.

Ulaşım mekânlarında kentsel tasarım rehberlerinin temel amacı

- Karma kullanımlarının güçlendirilmesi ve güçlü bir görsel imajlar yaratılarak ekonomik canlandırma sağlanması,
- Sosyal etkileşim alanı düzenlenmesi,
- Yaya öncelikli kamusal bir mekan yaratılması,
- Taşıt trafiğinin kısıtlandırılarak çevresel iyileştirme yaratılması,
- Çevre ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesidir (peyzaj düzenleme, suyun dengeli kullanımı, çevre düzenlemesinde kullanılan malzeme ile yağmur suyu akışı sağlanması).

Kentsel tasarım rehberleri genel olarak sokak görünümüne ilişkin düzenlemeler dışında özgü bir yer duygusu yaratmak, düğümleri rolünü güçlendirmek, sokak kimliğini güçlendirmek ve yaşam kalitesini yükseltmek gibi temel kavramlara ağırlık vermektedir.



Kentsel tasarım rehberleri sokağı veya bölgeyi kullanan topluluğun beklentilerine ve isteklerini dikkate almaktadır. Alana ilişkin iyileştirme ve düzenlemelere yönelik bir dizi atölye çalışmaları ile halkı, tasarım sürecine katmaktadırlar.



Rehber, cadde veya sokakların taşıt, toplu taşıma veya park gibi kullanımalarını belirler. Bu kullanıma göre sokak ve caddeler ile kaldırımların genişlikleri belirlenir. Kaldırımlar

genelde yeme – içme ağırlık kullanımlara göre peyzaj düzenlemesi yapılmaktadır. Ağaç, taşıt trafiğinin yaratmış olduğu görsel ve çevresel sorunların çözümünde önemli bir peyzaj elemanıdır.

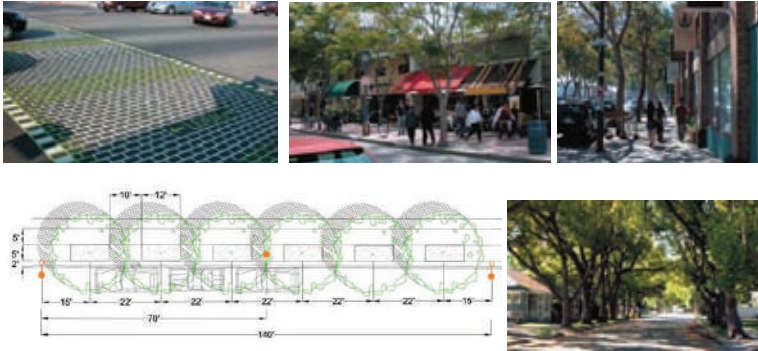


Tasarımda yaya geçitleri ve kaldırımlar herkezin erişebileceği ve güvenli mekanlar olarak gerekli önlemleri almaktadır. Bazı malzeme ve peyzaj öğeleri ile sokakta kapı veya görsel imgelker yaratılabilmektedir. Özellikle özürllüler ve yaşlılar için erişim rampaları düşünölmektedir.



Tasarımda kullanılan malzeme ile sürücülerin dikkatlerini artırılmaktadır.

Sokaklarda kullanılan ağaclar, mekâna görsel süreklilik sağlanması, gölge ve hava kirliliğini önleyen, mekâna ölçek ve canlılık kazandıran tasarım öğesidir. Bu nedenle sokak peyzajında uygun uygun ağaclar türlerinin seçimi önemlidir.

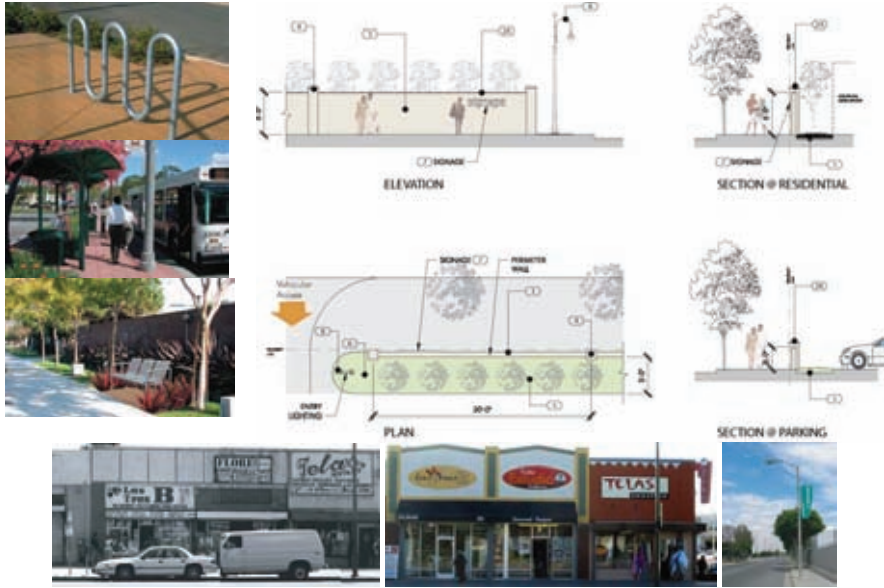


Rehberde sokakların ve kaldırımların aydınlatılması mekânın güvenliği ve kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Aydınlatma elemanlarının formu ve malzemesi mekâna kimlik kazandırabilir. Cadde refüjlerinde bitkisel ve malzemeler ile daha canlı mekânlar yaratılabilir.



Tasarım rehberleri kent mobilyalarının kullanımında da önemli bir yol gösterir. Sokak mobilyaları; otobüs durakları, oturma bankları, çöp kutuları, bisiklet parkları, duvarlar gibi kullanımlara olanak sağlamanın yanında görsel bir obje olarakta düşünülmelidir.

Ulaşım mekânlarının tasarımında yönlendirme ve bilgilendirme tabelalarının önemli yeri vardır. Bu nedenle yönlendirme tabelaları kurgulanması; kullanıcı, mesaj ve yer anahtar kavramlardır. Tasarlanan tabelaların kullanıcıyı tanımak ve tanımlamak, hedefleri belirlemede önemli bir başlangıç noktasıdır. Yönlendirme tabelaları tasarımı ürünlerinin taşıyacağı mesajlar (sunacakları bilgiler, formu, rengi...), kullanıcı grubunun gereksinim duyduğu içeriği taşımalı ve anlayabileceği biçimde iletilmelidir. Böylece kullanıcıya iletilen mesajlar ile mekânın tanımlanması amaçlanmaktadır.



Sonuç olarak kentsel tasarım rehberleri şu hedef ve ilkeleri tanımlamaktadır. Bunlar;

Yerellik ve Strüktür: Yerellik konsepti ile amaçlanan her çevrenin kendine ait dinamiklerinin ve kimliğinin olduğu ve bunun korunması yönünde tasarım uygulamaları çevrenin kimliğine aykırı düşmemelidir. Strüktürel yönden bakıldığında ise kentsel ve doğal koruma alanlarının göz önünde bulundurulması ve yerel potansiyellerin kullanılması gerekliliği bulunmaktadır.

Aktivite Örüntüsü: Aktivite örüntüleri, aktivitelerin bir arada uyum içerisinde bulunması sonucunda oluşan sistemlerdir. Aktivite alanlarının oluşturulması ve korunması ve onlara ulaşılabilirliğin sağlanması insanların aktivite ihtiyaçlarını karşılamada önemlidir.

Okunabilirlik: Kentlerde tasarımlar insan ölçeğinde olmalı ve insanlar mekânları algılayabilmelidirler. Buna en fazla ihtiyaç duyulan mekânlar ise kamusal mekânlardır. Odak, nirengi noktaları, imaj öğeleri ortaya çıkarılmalı ve okunabilir olmalılar.

Geçirgenlik: Kent içi fonksiyonlar arasındaki ulaşımın rahat ve kamusal alanların birbirine bağlanmış olması geçitler, arkadaşlar ve pasajlar ile yaya dolaşımının kesintisiz sağlanması geçirgenlik sağlamaktadır.

Kentsel Peyzaj: Rehberlerde kentsel peyzaja uyumlu ve onu geliştiren kararlar alınması önemlidir. Kentin görsel boyutu olan kentsel peyzaj biçimleniş, estetik, form gibi unsurlar içermeli ve kentsel mekânlar arasında bütünleyici olmalı ve geçişi sağlamalıdır.



Kentsel Kalite: Kentsel kaliteyi arttırmak sosyo-kültürel, ekonomik ve mekânsal olmak üzere üç boyutta sağlanabilir. Kültürel etkinliklere ilgiyi oluşturmak, potansiyelleri kullanarak, ekonomiye dâhil etmek ve insan için daha yaşanabilir bir çevre sağlamak kentsel kaliteyi geliştirmede önemli unsurlar arasındadır. (Samur, 2007)

5. SONUÇ;

Kentsel Tasarım Rehberlerinin Ulaşım Mekânlarının Biçimlenmesindeki Rölü

Kentsel tasarım rehberlerini; tasarımın denetimini, ulaşım mekânının kalitesinin artırılmasını, mekân karakterinin ve kimliğinin korunmasını amaçlayan bir belge olarak tanımlayabiliriz. Bu bağlamda “rehber”, ulaşım mekânının biçimlenmesinde yazılı ve görsel olarak açıklanan ve yol gösterici kuralların tanımlandığı bir belgedir.



Karaman (1992), Tasarım rehberlerinin amacını, kentsel sorun alanlarına ilişkin projelerin sosyal ve fiziksel programlarını ve ifadelerini **sistemleştirmek** olarak tanımlamakta ve rehberi, mekânın değişim süreci içerisinde **kontrolünü** ve **ortak bir dil** oluşturulmasını sağlayan bir kentsel tasarım aracı olarak belirtmektedir.

Tasarım rehberleri aslında 3194 sayılı İmar Kanunun imar planları ile birlikte hazırlanmasını zorunlu tuttuğu plan notları ve açıklama raporlarının geliştirilmiş bir şekli olduğunu düşünmekteyiz. Ancak ülkemizdeki ulaşım mekânlarının uygulama sürecinde salt mühendislik çözümlerini ön plana alan çözümler üretilmektedir. Bunun sonucunda ise yaşam kalitesi düşük kentsel mekânlar yaratılmaktadır. Bu bağlamda tasarım rehberleri ulaşım mekânlarının tasarlanmasında yaşam kalitesini yükseltecek bir belge olarak algılanmalıdır.



KAYNAKLAR

- [1] Ayten, M.,1997, “Kent Kimliği Yapı Belirleyicilerinin Ankara Kentindeki Durumunu Tarihsel Gelişmişlik Süreci İçinde Değerlendirilmesi”, **Ankara Sempozyumu 13-15 Ekim 1997**, Mimarlar Odası Ankara Şubesi, Ankara, ss. 18-28.
- [2] Erten, S, 2006, “Kentsel Tasarım ve Farklı Disiplinlerin Sorun Alanları”, **Planlama Dergisi 2006/4**, Sayı 38, Şehir Plancıları Odası Yayını, s.17-18, Ankara.
- [3] Karaman, A, 1999, “Bir Disiplin ve Meslek Olarak Kentsel Tasarımın Yeri, Konumu ve İçeriği”, **1. Ulusal Kentsel Tasarım Kongresi; Kentsel Tasarım: Bir Tasarımlar Bütünü 26-28 Mayıs 1999**, MSÜ Mim.Fak. Yayını, ss. 234-239, İstanbul.
- [4] Karaman, A. 1992, “Kentsel Tasarımda Çevresel Bütünlük ve Süreklilik”, **1. Ulusal Kentsel Tasarım Kongresi; Kentsel Tasarım: Bir Tasarımlar Bütünü 26-28 Mayıs 1992**, MSÜ Mim.Fak. Yayını, ss. 234-239, İstanbul.
- [5] Lynch, K., 1960, **The Image of The City**, MİT Press Mussachusetts.
- [6] Ocakçı,M.,1995, "Kimlik Elemanlarının Şehirsal Tasarıma Yönlendirici Etkisi", **V. Kentsel Tasarım ve Uygulamalar Sempozyumu "Kentsel Tasarım ve Ekoloji - Tasarıma Ekolojik Yaklaşım 1994"**, MSÜ, İstanbul, ss. 239-245.
- [7] Özer, M.N., 1998, **Planlı ve Tasarlı Yaşam alanlarının Kent Kimliği Üzerindeki Etkileri, Antalya Örneği**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [8] Samur, İ.Z., 2007, **Örnek Alan Eminönü-Sirkeci’de Kentsel Tasarım Rehberi Hazırlanması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, MSGS Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] Şanlı, İ, 1991, “Kentsel Tasarım Eğitimi Üzerine Yanıtlanmamış Bazı Temel Sorunlar”, **1. Kentsel Tasarım ve Uygulamalar Sempozyumu**, MSÜ Mim.Fak. Yayını, ss. 5-9, İstanbul.

KENTSEL TOPLU TAŞIMACILIK ve AKTARMA OLGUSU: PRAG ÖRNEĞİ

Görkem GÜLHAN*, Halim CEYLAN**

Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak., İnşaat Müh. Bölümü
Denizli/TÜRKİYE

ggulhan@pau.edu.tr (*), halimc@pau.edu.tr (**)

ÖZET

Günümüzde kentlerin sürekli büyümekte olması ve arazi kullanım kararlarına etkin müdahale edilerek ulaşım talebinin istenilen şekilde yönlendirilememesi nedeniyle "ulaşım" kavramı karşımıza bir sorun olarak çıkmaktadır. Ulaşımın özellikle ülkemizde erişilebilirlik odaklı olmak yerine otomobil odaklı olması ve toplu taşımacılık faktöründen yeterince yararlanılmıyor olması sorunların en önemlisidir. Etkin bir kentsel toplu taşımacılık için koordinasyon kavramı hayati önem taşımaktadır. Bu sebeple kentsel toplu taşımacılıktan tam faydalanabilmek için "aktarma sistemlerini" kullanmak gereklidir. Etkin bir aktarma yapabilmek için toplu taşıma sistemleri arasındaki aktarma süresi en aza indirilecek şekilde planlama yapılmalıdır. Farklı güzergahlarda, farklı işletmelere ait hatların daha önceden tasarlanarak detaylı bilgilendirme, optimum maliyet ve kısa varış zamanları ekseninde kullanımı kentsel toplu taşımacılıktan maksimum faydanın elde edilmesini sağlamaktadır. Bütünleşik toplu taşıma planlaması için en önemli parametre aktarma olgusudur. Bu amaçla; çalışmada, aktarma olgusu kentsel toplu taşımacılık ekseninde incelenmiş ve sağlıklı bir aktarmanın yapılması için gereken kriterler araştırılmıştır. Aktarmanın tanımı ve gerekliliği; konfor, bilgilendirme, ulaşım zamanlaması ve maliyet konuları önceliğinde incelenmiştir. Başarılı bir aktarma sistemi kurmak için gerekli olan ön ve yan koşullar tespit edilerek bu alanlarda rol alan aktörler ve bu aktörlerin rolleri incelenmiştir. Aynı zamanda tarifeler, ücretlendirme, armoni ve gelir dağılımı konularında değerlendirmelerde bulunularak aktarma yönetimi kavramsal olarak sorgulanmıştır. Aktarma sisteminin başarıya ulaşma süreci, Prag ulaşım sistemi özelinde değerlendirilmiş ve örneklendirilmiştir. Prag kentsel toplu taşımacılık sistemi aktarma kavramı önceliğinde incelenirken, sistemi başarıya ulaştırmada öncelik taşıyan uygulamalar ve yöntemler tespit edilerek ulaşım sistemi tarifeler, zamanlar ve hatlar önceliğinde sorgulanmıştır. Aktarmanın temel bileşenlerinin bu sınıflama altında oluşturulmasının günümüzde aktarma eksenli kentsel toplu taşımacılığı hedefleyen kentler için yol gösterici olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel toplu taşımacılık, Aktarma, Entegrasyon

1.GİRİŞ

Sanayileşmenin ve teknolojinin modern dönem ile birlikte çağ atlayarak günümüz kentlerini biçimlendirmesi sonucunda kentler hızla göç alarak tarihte yer alan boyutlarından çok daha geniş olan demografik ve fiziki büyüklüklere ulaşmıştır. Özellikle ülkemizde 1960'lı yıllardan sonra otomobil kullanımının yaygınlaşması ve karayolu ağının genişlemesi ile birlikte kentlerde ulaşım sorunu önemli bir konu olarak plancılarının gündeminde sürekli yer alacak ana konulardan birisi haline gelmiştir.

Ulaşım dokusu, kentin, kent planının omurgasını, arazi kullanım kararlarını birbirine bağlayan ağını oluşturmaktadır. Genel anlamda insan ve eşyaların bir yerden başka bir yere aktarılmasına ulaşım, bunu sağlayan araçlara da ulaşım sistemi denmektedir. Günümüzde kent planlarının ve ulaşım planlarının insan odaklı olması gerekirken özellikle karayolu ulaşımına hizmet eden otomobil odaklı planlar olarak tasarlanması dikkat çekicidir. Özellikle ülkemizde arazi kullanım kararları alınırken trafik etki değerlendirmelerinin dikkate alınmaması ve "yap-temin et" anlayışının sürdürülmesi kent trafiğinin gün geçtikçe daha sorunlu hale gelmesine neden olmaktadır.

Günümüzde gelişmiş medeniyetlerin kent içi trafik sorunlarını toplu taşımacılıktan yararlanarak çözdükleri artık bilinen bir gerçektir. Etkinliği yüksek bir toplu taşıma planlaması ile birlikte taşıtların değil insanların taşınması, kaynakların etkin kullanımı, çevrenin korunması ve erişilebilirliğin artırılması sağlanabilmektedir. Toplu taşımacılıkta hizmet belli bir amaca yönelik olarak yapılır. Bu amaçlar, sistem maliyetinin azaltılması, karın artırılması, yolcu memnuniyetinin artırılması, duraklarda veya aktarmalardaki bekleme sürelerinin kısaltılması, taşınan yolcu miktarlarının artırılması, gibi daha özel ve alt alanlardan oluşmaktadır. Toplu taşıma sistemleri performans kriterleri; seyahat süresi, durakta bekleme süresi, kapasite, doluluk, durakların fiziksel özellikleri, ortalama hız, seyahat maliyeti, erişilebilirlik, enerji verimliliği, güvenilirlik ve konfor kriterlerinden oluşmaktadır. Kent içi toplu taşımacılıkta hizmet kalitesinin yükseltilmesi için değişik tür ve sistemlerin uygun zamanda, uygun hatlarda zaman ve ücret ayarlaması yapılarak kullanılması gerekir. Özellikle zirve saatlerde otomobillerle rekabet edebilecek tür ve sistemlerin özendirilmesi ve araçların kapasitelerine uygun güzergahlarda kullanılmaları gerekmektedir. Kent içi ulaşımında özel araçla seyahati özendirici yatırımlardan kaçınılarak toplu taşımacılığı öne çıkaran yatırım kararlarının alınması gereklidir. Günümüzde toplu taşımacılıkta başarıya ulaşmış kentler incelendiğinde karşımıza hepsinde kullanılan tek bir ortak özellik çıkmaktadır: Aktarma ve bütünleşme.

Kent içi toplu taşıma kavramı kentler büyüdükçe, göç aldıkça ve merkezlerin etki alanının genişlemesiyle birlikte başkalaşarak gelişmiş ve daha karmaşık bir yapıya bürünmüştür. Günümüzde artık tek hat ile seyahat sistemleri, hatta tek tür ile seyahat tercihleri yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle "**aktarma**" yani toplu taşımada seyahatlerin ve tür seçimlerinin bütünleştirilerek ortak bir organizasyon ve plan dahilinde kullanımı seçeneği doğmuştur.

Her yolcu taşıma türünün belirli koşullarda verimli ve etkin çalıştığı dikkate alınmadan genişletilen birbirinden bağımsız hizmet ağları, birbirleri ile bütünleştirilmeyen türler, kent içinde verimsiz, maliyeti yüksek, dolayısıyla pahalı, yavaş güvenliği ve çevreye olumsuz etkileri fazla hizmet katmanları ortaya çıkartmaktadır [3]. Kentlileri çekmek ve özel otomobille yarışmak için türler arası bütünleşme bir zorunluluktur [5]. Aktarma bütün bir ulaşım sistemini kullanma fırsatına sahip olmak olarak nitelendirilebilen bir kavramdır. Bu fırsat yerel veya bölgesel olarak ulaşım türleri, tarifeler, ücretler, şebekeler ve bilet

sistemlerinin etkin kullanımıyla artırılabilir. Günümüze artık aktarma sistemleri olmayan ulaşım şebekeleri kullanıcıların ve halkın ihtiyaçlarına cevap veremez hale gelmiştir. Aktarma sistemleri sadece kullanıcılarının talepleri doğrultusunda değil aynı zamanda işletmecilerin taleplerine de cevap vermek için doğmaktadır. Etkin bir aktarma sistemi otomobil kullanıcılarına cazip gelerek otomobil kullanımını azaltabilir. Bu şekilde kent içi trafik rahatlayarak erişebilirlik artabilir. Aynı zamanda etkin bir aktarma sistemi ulusal kaynakların ve enerjinin sarfiyatını önleyerek sürdürülebilir ulaşımı sağlayabilir.

Dünyada toplu taşımacılığın en geliştiği şehirlerden birisi olan Çek Cumhuriyeti'nin başkenti Prag, etkin bir toplu taşıma, koordinasyon ve aktarma sistemine iyi bir örnek teşkil etmektedir. Toplu taşımacılıkta başarısının yanı sıra ülkemiz kentleri ile olan ölçeksel benzerliği, Prag'ın örnek alan seçilmesinin bir gereğesidir. Prag'da kurulan aktarmaya dayalı kentsel ulaşım sistemi dikkat çekici özelliği; üç metro hattının kent merkezinde kesiştiği her metro hattının ayrı ayrı tramvay hatları ile beslendiği, otobüs ağlarıyla bütünleşik bir ulaşım sistemi olmasıdır. Değişik ulaşım türlerinin birbirleri ile olan bağlantıları etkin ayarlanmış ve bekleme süreleri minimize edilmiştir. Toplu taşıma sistemi kullanıcıları, türler arası aktarma yaparken zaman ve konfor kaybı yaşamamaktadırlar. Aynı zamanda ücretler ve tarifeler çok seçenekli olarak ayarlanmıştır ve aktarma sistemini kullananlar tek bir ücret ödeyerek farklı işletmelerin hat ve türlerini kullanabilmektedirler. Çalışmada; Prag'daki ulaşım sisteminin aktarma öncelikli özellikleri, sistem entegrasyonun nasıl sağlandığı, hatlar, güzergahlar, ulaşım ağı, aktarma zamanları, konfor durumu, aktarma merkezleri, kurumsal entegrasyon yapısı ve yolculuk süreleri incelenmiştir.

2. KENTSEL TOPLU TAŞIMACILIK

Kentsel toplu taşımacılık günümüzde kentsel taşımacılığın kilit noktasını oluşturmaktadır. Erişilebilirlik odaklı yaklaşımın merkezinde yer almakta ve emniyet, arazi kullanım, çevre, ekonomi, enerji, sağlık ve gürültü alanlarında faydalar sağlamaktadır. Kısaca kentsel toplu taşımacılığın yararları şu şekilde özetlenebilir.

Emniyet faktörü: Özel araçlarla yapılan seyahatlerde kaza olasılığı, toplu taşımacılıkla yapılan seyahatten çok daha fazladır. Çünkü kullanıcı ve operatör sayısı artmaktadır. Kişisel hataların yapılma olasılığı artmakta bu yüzden toplu taşımacılık daha emniyetli bir türdür. Ayrıca kent içerisinde etkin bir toplu taşıma ölümcül trafik kazalarında azalmaya neden olmaktadır.

Arazi Kullanım Verimliliği: Hayali bir doğrultuda ve yönde bir 50.000 kişinin taşınması için;

- Özel araç ile 175 m genişliğinde karayolu;
- Otobüs ile 35 m genişliğinde karayolu; ve
- Metro ile 9 m genişliğinde raylı sistem kullanımı gerekmektedir [14].

Kent toprağının korunumu ve minimum betonlaşmanın sağlanması toplu taşımacılık ile sürdürülebilir hale getirilebilir.

İklimsel etkiler: Toplu taşımacılık, bisiklet kullanımı ve yaya ulaşımı oranının %55'i aşan kentlerde toplu ulaşımdan kaynaklanan karbondioksit miktarı, özel araç kullanım oranının %75'i aşan kentlere nazaran kişi başına yılda 2,4 ton daha azdır [14].

Ekonomik etkiler: Toplu taşımacılığın yaygın olduğu kentlerde, ulaşımın topluma maliyeti toplu taşımacılığın yaygın olmadığı şehirlere nazaran yarı yarıyadır. Tokyo ve Hong Kong gibi toplu taşımacılığın yaygın olduğu kentlerde ulaşımın maliyeti GSMH'nin %6'sı iken; Houston ve Sydney gibi toplu taşımacılığın daha az yaygın olduğu kentlerde bu oran %12'dir. Bu verimlilik oranı yılda kişi başına yaklaşık 2 € değerindedir. Toplu taşımacılık yatırımları, karayolu veya otoban yapımı için ayrılan aynı miktardaki yatırıma nazaran %25 daha fazla istihdam sağlamaktadır [14].

Enerji tasarrufu: Dünya çapında toplu taşımacılıkla ilgili enerji talebi 1950'lerden bu yana beş kat artmıştır. Avrupa Birliği'nde toplam enerji tüketiminin %30'u ve sera gazı salınımlarının %19'u ulaşım kaynaklıdır. Ortalama olarak toplu taşımacılıkla kat edilen her x km'de, yolcu başına otomobile nazaran 3,4 kat daha az enerji tüketilmektedir. Bu oran, yoğun saatlerde çok daha düşmektedir. Toplu taşımacılık, yaya ulaşımı ve bisiklet kullanımı gibi taşımacılık türlerinin kullanılması ile kentlerdeki her vatandaş, yılda 500 ila 600 litre petrol tasarruf etmektedir. Bu da 15 adet dolu tankere tekabül etmektedir [14].

Gürültü kirliliği: Trafik içerisinde yer alan araç sayısının önemli ölçüde azalması, gürültü kirliliğini azaltarak daha huzurlu sakin bir kentsel çevre oluşumuna katkıda bulunmaktadır.

2.1. Kentsel Toplu Taşımanın Yapı Taşları

Erişebilirlik odağı ve bütünleşme: Geleneksel ulaşım anlayışının bir yansıması olan otomobil ve karayollarının öncelliği artık günümüzde erişebilirlik kavramının önem kazanmasıyla birlikte yerini raylı sistemlere ve bütünleşik, birbiri ile bütünleşebilen başka türlere bırakmıştır. Etkin ve verimli hareketlilik ile erişebilirlik sağlanması bir zorunluluk olduğu için pek çok açıdan kullanışsız olan otomobil kullanımını arttırmaya yönelik yatırımlardan kaçınılması gerekmektedir. Otomobil kadar konforlu ve kapıdan kapıya hizmet sunabilen bir ulaşım sistemi oluşturma anlayışı günümüz kentlerinin ortak hedefi haline gelmiştir. Erişebilirliğin artması zaman, maliyet ve konfor kavramları ile doğrudan ilgili bir durumdur. Seyahat eden kişinin minimum sürede, minimum maliyetle ve maksimum konforda yolculuğunun sağlanması, erişilebilirliğin diğer bir ifade ile ulaşılabilirliğin artması demektir. Toplu taşıma sisteminde pek çok farklı güzergah, farklı işletme ve farklı ulaşım türleri bir arada bulunmaktadır. Her biri bir bütünün farklı parçaları olan bu elemanlar beraberce ortak bir amaca hizmet edecek şekilde koordine edilmelidirler. İyi bir koordinasyon sağlanmadığı durumlarda fazla kaynak kullanımı, erişilebilirliğin düşmesi ve kentsel trafiğin artması gibi problemler doğmaktadır. Bu nedenle toplu taşımacılıkta erişilebilirliğin artırılması ancak detaylı ve geniş kapsamlı bir bütünleşme sağlanması ile gerçekleşmektedir.

Ulaşım tür seçimi ve kapasite: Toplu taşımada ulaşım türünün seçilmesinde pek çok etken vardır. Kent için ulaşım türü kararı alınırken bölgenin coğrafi yapısı, ekonomisi, kültürel alışkanlıkları, kentsel yapısı ve gelecek öngörülleri gibi etkenler değerlendirilir. Kentsel toplu taşımacılıkta kentin koridorlarına gelecek yolcu yükünün hesaplanması ve bu projeksiyonlara uygun türlerin ve altyapıların oluşturulması toplu taşıma planlamasının eksenini oluşturmaktadır [Çizelge 1].

Çizelge 1. Gelişmekte olan ülkelerdeki ulaşım türlerinin kapasite ve işletme özellikleri [1]

Ulaşım Türü	Kapasite (Şerit başına saatte taşınan kişi)	İşletme hızı (km/s)
Yaya	Bilgi yok	4
Bisiklet		
- Karışık trafikte	5.000	10-14
- Otoyolda	6.650	10-18
Otomobil		
- Karışık trafikte	440-800	15-25
- Otoyolda	2.750	60-70
Otobüs		
- Karışık trafikte	10.000	10-15
- Otoyolda	19.000	35-45
Trolleybüs	4.800	10-15
Tramvay	15.000	12-15
Hafif raylı sistem	18.000	25
Ağır raylı sistem	54.000	35
Banliyö demiryolu	60.000	45
Taksi	1400-2600	15-25
Minibüs	4.000	12-20

3. KENTSEL ULAŞIMDA AKTARMA ve BÜTÜNLEŞME

Kentsel toplu taşımacılık ve aktarma olgusu bir ağaca benzemektedir. Şehirlerarası raylı sistemler ağacın gövdesine, yüksek kapasiteli şehirselsel raylı sistemler ve metrolar ana dallara, monoraylar, banliyö trenleri ve tramvaylar küçük dallara ve minibüsler ile ara ulaşım türleri de yapraklara benzetilebilir.

Aktarma veya bütünleşme, bütün ulaşım türlerinin (tren, karayolu, su, hava) beraber hareket ederek adeta tek bir ulaşım türü gibi kullanılması ve bu durumun kullanıcılar için faydaya dönüşmesi durumudur. Bu durum ulaşım türlerini, tesislerini ve tarifeleri etkin bir şekilde planlayarak ve aktarmayı koordine ederek elde edilebilmektedir. Başarılı bir aktarma sistemi kurmak için çeşitli yönlerden pek çok düzenleme yapmak gerekmektedir. Bu düzenlemeler kullanıcıların ulaşım sisteminden maksimum faydayı sağlayacakları her türlü uygulamadan oluşmaktadır. Bu uygulamalar aşağıda özetlenmiştir.

3.1.Hat-güzergah Düzenlemeleri, Ulaşım Ağı Entegrasyonu ve Zaman

Kentlerde her istenilen noktadan başka bir noktaya her zaman tek seferde gidilmesi mümkün olmamaktadır. Bu yüzden “besleyici hat” olarak adlandırılan sistemler kullanılmaktadır. Besleyici hatlar ana hatlara yolcu taşıyan daha düşük kapasiteli ulaşım türleridir. Besleyici hat sistemleri kaynakların verimli kullanılmasını sağlayarak işletmeler açısından karlılık sağlar. Hatlar planlanırken deniz, raylı sistemler ve metrobüs gibi “ana-hat sistemleri”nin sabit güzergahları ile oynamak imkansızdır. Buna karşılık otobüs, minibüs/midibüs gibi lastik tekerlekli sistemlerin hat yapıları esnek ve ana hatlara göre düzenlenmelidir [3].

Aktarmada en önemli unsur yolculuğun kesintisiz olma özelliğinin sağlanmasıdır. Bu özelliği sağlayabilmek için zamanlamanın ve tarifelerin bir yolculuk bittiği zaman öbür yolculuğun başlayacak şekilde planlanması gerekmektedir. Bu şekilde yolcular yolculuklarını bekleme yapmadan tamamlayabileceklerdir. Bu nedenle ulaşım ağının aktarma sistemleri gözetilerek tasarlanması önemlidir. Aynı zamanda hatlarda duraklar arası mesafe optimum şekilde ayarlanmalı yolcuların duraklar arasında zaman ve efor sarf etmeleri engellenmelidir. Çizelge 2’de duraklar arası mesafe standartları gösterilmektedir.

Hem kullanıcılar için hem de işletmeciler için etkin bütünleşme sağlanmış bir sistemde hizmet tekrarları önlenebilir, fayda çift yönlü olarak sağlanabilir ve karlılık artabilir. Bu verimliliği sağlayabilmek için tüm ulaşım türlerinin kapasite ve hizmet özelliklerini değerlendirmek, gelecekteki yolculuk kestirimlerini, hatların güzergahlarını ve istek hatlarını planlamak gerekmektedir. Tek bir hattın planlaması ya da tek bir işletmenin değil bütün sistemin verimliliği dikkate alınmalıdır. Çizelge 2’de Egeter ve Van den Heuvel’in [11] duraklar arası ortalama uzaklık standartları gösterilmiştir.

Çizelge 2. Ulaştırma sistemlerinin hiyerarşik tanımı [11]

<i>Hiyerarşik sistem tanımlaması</i>		
	Duraklar arası ortalama uzaklık (km)	
	Egeter	Van den Heuvel
Uluslar arası	150	100
Ulusal	50	30
Bölgelerarası	15	10
Bölgesel	3	3
Büyükşehir	1	1

3.2. Bilet Teknolojisi, Ücretlendirme

Ulaşım ağı ve zamanlama bütünleşmesi kadar tarife ve ücretlendirmelerin bütünleştirilmesi önemlidir. Tarife ve ücret ayarlanması genellikle ulaşım ağı ve zamanlama ayarlamaları sonrasında atılan ikinci adımdır. İdeal olan ulaşım ağı ve zamanlama ayarlamalarının ücretler ve tarife ayarlamaları ile birlikte yapılmasıdır. Eğer kullanıcılar her ulaşım türü ve hattı için ayrı ayrı biletler kullanmak durumunda kalırlarsa aktarma sisteminin sağladığı genel fayda düşer. Bu yüzden kullanıcının değişik türler ve hatlar arasında tek bilet kullanabilmesi önemlidir. Ulaşım ağı ve zamanlama planlamaları ücretlendirme ile tarife planlaması yapıldığı takdirde tamamlanır. Özellikle Avrupa’da pek çok tarife ve ücretlendirme sistemi pek çok seviye ve çeşitte aşağıda açıklandığı şekilde uygulanmaktadır [4].

- Aynı hatta tek bilet uygulaması: En basit ve temel tarife sistemidir. Aynı hattaki değişik işletmeler birbirlerinin biletlerini kabul ederler.
- Aynı ulaşım ağında tek bilet uygulaması: Aynı hatta olmayan işletmelerin birbirlerinin biletlerini kullanmalarıdır.
- Tarife birlikleri: Ulaşım ağındaki bütün işletmeler ortak tarifelerini ayarlarlar. Özellikle bölgesel bir kanun yoksa bu tarifeler daha kolay ayarlanabilir. Mevsimlik geçiş tarifeleri ya da tamamen geçiş tarifeleri en sık kullanılanlarıdır.

- Toplu taşıma birlikleri: En yüksek bütünleşme seviyesidir. Pratikte tarife birliklerinden farkı yoktur esas fark servis aşamasında oluşmaktadır. Kurumlar arası birleşmenin sağlanmasıyla gerçekleşir.

Tarifeler ve ücretlendirme planlanırken besleyici parametreler,

- Basit ve anlaşılır bir tarife sistemi olması;
- Standartlaştırılmış bir bilet sınıflandırmasına sahip olması;
- Birleştirilmiş tarife uygulamalarına sahip olması;
- Zonlar arasında sabit olan fiyat farkları oluşturulması;
- Fiyat sınırlandırmaları; ve
- Geçişler için fiyat azaltımlarıdır.

Fiyatlandırma ve ücretlendirme kadar bilet teknolojileride aktarma sistemleri içinde planlanması gereken önemli bir noktadır. Son 5-10 yıl içerisinde ortaya çıkan teknolojik gelişmeler fiyatlandırma ve bilet sistemlerindeki bütünleşmenin gerçekleştirilmesi konusunda yeni bir dönemi başlatmış; (EFC: Electronic Fare Collection) ya da otomatik ücret toplaması (AFC: Automatic Fare Collection) olarak adlandırılan bu yeni teknolojilerin uygulanması hızla yaygınlaşmıştır [1]. Bilet teknolojilerinin güncel ve yeni olması yolcular için kolaylık sağlayıcı olmakta ve işletmeler açısından hem bilet toplama hem de denetim açısından bu teknolojiler önem arz etmektedir.

3.3. Yönetmelik Entegrasyonu

Büyük kentlerde ulaştırmanın en önemli sorunu, koordinasyon içinde etkin bir yönetim sisteminin oluşturulamamasıdır [9]. Hatların ve güzergahların, hatta ulaşım türlerinin birbirleri ile koordinasyon içerisinde olduğu bir ortamda, kurumlar ve işletmeler bu koordinasyonu sağlamak zorunluluğu içerisinde. Koordinasyon sağlanmadığı takdirde her işletme kendi ticari çıkarı için çalışacak ve kaynakların yanlış kullanımına sebep olacaktır. Bu konuda kamu ve özel sektörün kuracağı işbirliği oldukça önemlidir. Bu noktada unutulmaması gereken önemli bir nokta toplu taşımacılığın bir hak olduğu ve kamunun bu hakkı doğrudan sağlaması gerektiği ya da sağlayıcıları denetlemesi gerekliliğidir. Aktarmalarda bütünlüğe imkan verecek ve alt birimlerin yapısal sınırlarının bütünsel planlama ve işletme yapılmasına engeller yaratmayacak şekilde düzenlenmiş olması gerekmektedir.

3.4. Aktarma Merkezleri ve Fiziki Düzenlemeler

Yolculuğun farklı ayaklarını birleştiren, yürümeyi ve zaman kaybını azaltan ve aktarma yapılan türleri birbirine yaklaştıran mekanlara aktarma merkezi denilmektedir. Aktarma merkezlerinin yeri ve büyüklüğü kentin toplu taşıma ağına, ulaşım koridorlarına ve istek hatlarına bakılarak belirlenmelidir. Aktarma merkezleri yapılmadan önce hangi ulaşım türünden hangi türlere aktarma yapılacağı ve bu aktarmanın ne kadar olacağı belirlenmelidir. Özellikle geniş ve kolay algılanabilir mekanların varlığı gerekmektedir. Hatlar arasındaki değişimlerde, yolcular tekrar bilet ve fiyatlandırma uygulamalarına dahil edilmeyerek ek zaman ve ek efor harcamaları önlenmelidir. İmar planlarının hazırlanması aşamasında aktarma alanları, çevresindeki kullanımlarla birlikte planlanmalı, alana giren ve çıkan taşıt trafiğinin ihtiyaçları çözülmelidir. Aktarma tesisinin, çevresinde yer alacak ticaret, sosyal, kültürel aktivitelerle, bu alanın bir alt merkez oluşturacak şekilde

düzenlenmesi durumunda, istasyon çevresinin canlanması ve aktarmaların daha çekici hale gelmesi sağlanacaktır [1].

3.5. Bilgilendirme

Aktarma sistemleri yolcuların etkin bir şekilde kullanması sağlanacak şekilde düzenlenerek yolcular için etkin bir bilgilendirme yapılmalıdır. Yolcular sistemdeki sabit ve değişken bilgilere hakim olurlarsa sistemi etkin bir şekilde kullanabilirler. Bilgilendirme sistemleri;

- Duraklarda hat şemaları, haritalar ve zaman tarifeleri bulunması;
- Başka hatlarla ilgili bilgilerin bulunması;
- Elektronik altyapının kurulması, yolcuların internet sitelerinden yararlanması;
- Elektronik tabelalarla anlık bilgi sunulması;
- Aktarma alternatifleri hakkında bilgi verilmesi; ve
- Kente gelecek yabancılara yönelik bilgilerin sunulması olarak sıralanabilir.

4. PRAG'DA KENTSEL TOPLU TAŞIMACILIK ve AKTARMA

4.1. Prag'da Kentsel Toplu Taşımacılık

Prag, Çek Cumhuriyeti'nin başkenti ve en büyük şehridir. Çek cumhuriyeti ve Slovakya birleşikken de başkent olan kent Orta Bohemya'da Vltava Nehri'nin üzerinde yer alır ve 1.2 milyon nüfusa sahiptir. İş dünyası istatistiklerine göre bu sayıya ek olarak 300.000 kişi de resmi kaydı olmaksızın Prag'da yaşamaktadır. Prag kentsel toplu taşımacılıktaki başarısı ile dikkat çeken ve örnek gösterilen bir kent durumundadır. Özellikle metro, tramvay ve otobüs hatları kent merkezinde koordineli şekilde çalışarak kentin taşıma yükünü çekmektedir..

Kentsel toplu taşımacılık tarihi: Prag'da kentsel toplu taşımacılık için tramvaylar 1875'li yıllardan itibaren kullanılmaktadır. İkinci dünya savaşına kadar Avrupa'daki bütün kentlerde olduğu gibi toplu taşımacılık Prag'da da gelişmiştir. Savaş'tan sonra S.S.C.B'nin kontrolü altında kalan kentte araba sahipliği batıdaki kadar gelişmemiştir. 1974 yılında Moskova'dan esinlenilen ve kurulan metro sistemi çalışmaya başlamıştır. Daha 1926 yılında Prag'da metro planları mevcut olup savaş zamanında Almanya Prag'a metro yapmayı tasarlamıştır. 1966 yılında Almanya'da ki Stadbahn planları doğrultusunda yer altı tramvay sistemi yapılmaya başlanmış, ancak bu proje iptal edilmiştir [10].

Ulaşım ağının ana elemanları: Prag metrosu Prag'da en hızlı ulaşım yolu olup kent insanının önemli bir bölümü bu sistemi kullanmaktadır. Biletler her hangi bir metro istasyonundan, otelde vb. yerlerden temin edilebilmektedir. Önceden satın alıp metroya girişte bulunan işaretleme kutularında girilen tarih ve saati bastırarak kullanmak mümkündür. Tramvaylar biraz daha yavaş olmasına karşın güzel ve rahat bir yolculuk imkanı sunmakta ve pek çok yeri görme olanağını sağlamaktadır. Her tramvay istasyonunda o tramvayın hangi saat ve dakikada durduğu yerlerin listesi mevcuttur. Prag metrosu ve tramvayları yeterli ve etkin olduğu için otobüsler turistler tarafından genellikle tercih edilmeyen bir türdür. Prag otobüs hatları özellikle şehrin banliyö kesimine hizmet vermektedirler. Otobüslerde kullanılan biletler diğer toplu taşıma araçlarında kullanılanların aynısıdır. Gece otobüsleri gündüz çalışan otobüslerin çalışmadığı saatlerde çalışırlar [2].

Kentsel toplu taşımacılık kullanım talebi: Kentsel toplu taşımacılığın kullanım oranı Prag'da çok yüksek seviyelerdedir. Özellikle toplu taşımacılıkta yıllık kişi başına düşen seyahat sayısı 950 gibi bir rakama ulaşmaktadır. Diğer bir deyişle her şehirli günde 3 yolculuğunu kentsel toplu taşıma ile yapmaktadır. Bu kullanım oranına karşılık Prag'da araç sahipliği azımsanamayacak boyutlardadır ve kentte her 1000 kişi 555 araca sahiptir. Motorlu taşıtlarda kentsel toplu taşımacılık için türel ayrım oranı %57'dir. Bu durumda kentlilerin araç sahibi olmalarına rağmen toplu taşıma tercih ettikleri görülmektedir. Kentte toplu taşıma işletmelerinin seyahat başına kazancı 0,083 €'dur [6,8,10,12,13].

4.2.Prag'da Aktarma Sistemi ve Bütünleşme

Bütünleşmede hiyerarşik yapı ve kurumsallaşma: Çek Cumhuriyeti'nde ilk aktarma sistemi 1990'lı yıllarda Prag'da kurulmuştur ve kısa zamanda 20-40 km çapına ulaşmıştır. Merkezi yönetim anlayışları 1990'lı yıllarda çok güçlü durumda olduğu için bu dönemde ulaşım dair bölgesel organizasyonlar gelişmemiştir. Ancak, 2001 yılından sonra yeni kanun ve yönetmelikler ile birlikte; bölgesel ulaşım gelişmeye başlamış, kent içi ulaşım ile bütünleşmiş ve ulaşım da hiyerarşik yapı tamamlanmıştır. Prag'da şehirlerarası yolculukların kent merkezine doğrudan bağlanmakta olması bu durumun en güzel örneğidir.

Zamanlama, ulaşım ağı ve bağlantı uyumu: Aktarma sistemi içerisinde en önemli ilke olan "süreklilik" ilkesi Prag'da her aşamada en ön planda tutulan ilke olmuştur. Bu durum bölgede yolculukların türler ve güzergahlar arasında geçiş yapma olanağını kullanarak "kapıdan-kapıya" yolculuk sistemine çok yakın bir sistemde çalışmasıdır. Prag'da 3 adet metro hattı mevcuttur A-Dejvicka (13 durak), B-Zlicin (24 durak), C-Letnany (20 durak) ve bu hatlar etkin bir şekilde kentin tramvay ve otobüs güzergahlarıyla kesişmekte ayrıca pek çok noktada aktarma gerçekleştirmektedir. Duraklar arası yolculuk süresi 2 dakikayı geçmemektedir. Metro kendi ulaşım ağı içerisinde 3 noktada aktarma yapmaktadır bu noktalar Muzeum (kırmızıdan yeşile), Mustek (yeşilden sarıya) ve Florenc (sarıdan kırmızıya)'dır [Şekil 1]. Metro hattının olduğu bölgede aynı zamanda 26 adet tramvay hattı kentsel ulaşım da besleme görevi görmektedir. Toplam 12 noktada tren aktarması yapılmaktadır. Letnany metro hattı 5, Zlicin metro hattı 5 ve Dejvicka metro hattı 2 adet parket-bin alanı ile aktarma noktasına sahiptir. Kablolı tren hatları (funicular) aynı zamanda ulaşım ağı içerisinde yer almaktadır. Tramvay durakları ile metro durakları arasında transfer yapılması muhtemel noktalarda yürüme mesafesi hiçbir zaman 500 m eşiğini aşmamakta ve pek çok yerde bu rakamın oldukça altındadır. Tramvay kalkış aralıkları 2 ila 20 dakika arasında, zirve saatlere ve hafta sonu olup olmamasına göre değişkenlik göstermektedir. Metro her sabah saat 05:00 ve akşam 24:00 arasında hizmet vermektedir. Metro zirve saatlerde 2-3 dakika sefer sıklığı ile çalışmakta zirve dışı saatlerde 4 ila 9 dakika sefer sıklığında çalışmaktadır [6], [12].

Şehirlerarası yolculuklar doğrudan kent merkezindeki ulaşım sistemi ile bütünleşmiş durumdadır. Havaalanı doğrudan metro ile kent merkezine bağlanmamakta ancak kent merkezine giden metro hatlarına doğrudan bağlantı mevcuttur.

- No 119: Havaalanı- Metro A Dejvicka, 5-20 dk. frekans, seyahat süresi 25 dk.
- No 100: Havaalanı-Metro B Zlicin, 15-30 dk. frekans, seyahat süresi 18 dk.
- No 225: Havaalanı-Metro B Stodulky, limitli servis, seyahat süresi 40 dk.
- No 179: Havaalanı Metro B Butovice, 12-30 dk. Frekanas, seyahat süresi 40dk [8].

100 ile 291 numaralı hatlar arasındaki bütün hatlar gün içerisinde şehir içinde çalışmaktadır. Metro ve tramvayların servis dışı olduğu zamanlarda çalışmakta olan otobüs hatları mevcuttur. 501 ve 513 numaralı hatlar gece boyu çalışan hatlardır. Otobüs kalkış aralıkları 2 ila 20 dakika arasında bölgenin konumuna, zirve saatlere ve hafta sonu olup olmamasına göre değişkenlik göstermektedir ve pek çok noktada metro ile aktarma yapmaktadır.



Şekil 1. Prag kentsel toplu taşıma şeması [12]

Bilet teknolojileri ve Ücretlendirme: Pek çok kullanıcı günlük geçiş kartlarını daha ekonomik ve kullanılabilir kabul etmektedir. Eğer kentsel toplu taşıma günde birkaç defadan fazla kullanılacaksa geçiş kartları avantajlı duruma gelmektedir. Aynı zamanda 3 günlük ve 5 günlük geçiş kartları mevcuttur. **24-saat geçiş** 100 CZK, **3-gün geçiş** (72 saat): 330 CZK, **5-gün geçiş** (120 saat): 500 CZK'dır. Biletler otomatik makinalardan veya bütün satış noktalarından temin edilmektedir. Aynı zamanda SMS yöntemi ile bilet almak mümkündür. Prag'da biletler her ulaşım türü için aynıdır. Temel bilet (transfer izinli) 26 CZK maliyetlidir ve 75 dk. seyahata izin vermektedir ve bu süre geceleri ve hafta sonlarında 90 dk. olmaktadır. Limitli biletler 18 CZK maliyetli olup, 5 metro durağı boyunca geçerlidir ve 30 dk. ile sınırlıdır. Aynı zamanda haftalık, aylık ve yıllık biletler mevcuttur. SMS ile alınan biletin geçerlilik süresi 1.5 saattir ve bilet metro, tramvay ve otobüsler için geçerlidir.

Bilgilendirme ve aktarma merkezleri: Her durakta ilgili ulaşım türüne ait hat şemaları, hatların haritaları ve zaman tariflerini gösteren bilgilendirme tabelaları mevcuttur. Aktarma merkezlerinde tramvay ve metro hatlarının sabit ve değişken durumunu gösteren tabelalar bulunmakta ve aktarma yapmakta olan yolcular işaretlendirmelerle yönlendirilmektedirler. Ayrıca her aktarma noktasında danışma merkezleri bulunmaktadır. Aktarma noktalarında

toplu taşıma araçları ile ilişkili duraklardaki hizmet bilgileri, besleme servisleri hakkında bilgiler mevcuttur. Şekil 2'de aktarma noktalarının düzenlemeleri ve tasarımı ile ilgili örnek gösterilmektedir.



Şekil 2. Metro C güzergahı, 2 numaralı durak

Aktarma merkezleri Prag'da erişilebilirlik önceliğinde tasarlanmış ve merkez sıfatı taşımasa da yolcu transferinin gerçekleştiği noktalar aktarma alanları olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle bu noktalarda bilgilendirme tabelaları, tarife ile fiyat bilgilendirme levhaları konumlandırılmıştır. Aktarmanın olabileceği noktalarda yürüme mesafeleri kısa tutulmuş, bekleme nedeniyle süre kaybedilmesi önlenmiş, kullanıcıların hareketlerini kısıtlamayacak şekilde tasarlanmıştır. İşlevsel ve ticari kullanıcıları içinde barındırmaktadır.

SONUÇ

Bu bildiride kentsel toplu taşımacılık kavramı aktarma ve bütünleşme kavramları ekseninde sorgulanmış ve konunun teorik düzeyde parametreleri, kriterleri ve temel ilkeleri ortaya konularak Prag örneği özelinde değerlendirilmiştir. Kentsel toplu taşımacılıkta aktarmanın önemine, gerekliliğine, tekniği ve yöntemlerine değinilerek temel prensipleri araştırılmış ve ortaya konulmuştur. Bu inceleme yapılırken teoride aktarma olgusu ve bütünleşme, hat-güzergah düzenlemeleri, ulaşım ağı entegrasyonu ve zaman tarifi, bilet teknolojisi, ücretlendirme, yönetsel entegrasyon, aktarma merkezleri/fiziki düzenlemeler ve bilgilendirme sınıflandırması altında ele alınmıştır. Bu sınıflandırma örnek alan performans ölçümlemesi için temel oluşturmıştır. Ortaya konulan sınıflama ve/veya özelliklerin örnek alanda nasıl uygulandığı, ne derece bu kriter ile parametreleri sağladığı sorgulanmıştır. Çalışma sonucunda örnek alanın aktarma eksenli toplu taşımacılık kriterlerine ve parametrelerine başarılı bir biçimde uyum sağladığı, kentsel toplu

taşımacılığın ve aynı zamanda bütünleşmenin etkin şekilde planlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Türler arasında transfer aşamasında bekleme sürelerinin minimum olduğu, duraklar arası mesafelerin ve seyahat zamanlarının uygun olduğu, bilgilendirme teknolojilerinden yeterince yararlanıldığı, kesintisiz ulaşım ilkesinin benimsendiği, hatların ve güzergahların tek bir tür sayılabilecek derecede armonize edildiği, fiyatlandırmanın uygun olduğu ve tüm toplu ulaşım türlerinden yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda, aktarmanın temel bileşenlerinin bu sınıflama altında oluşturulmasının günümüzde aktarma eksenli kentsel toplu taşımacılığı hedefleyen kentler için yol gösterici olacağı sonucuna ulaşılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Candan S. 2003, “Ulaşım Sistemlerinin Bütünleştirilmesi Açısından Ankara Uygulamalarının Değerlendirilmesi ve Geliştirme Önerileri”, Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [2] <http://vvv.prague.fm/city-transport/>
- [3] Acar İ.H., 2010, “Yolcu Taşıma Sistemlerinde Bütünleşme”, Toplu Ulaşım Sempozyumu, Transist 2010, 29
- [4] Sixth Framework Programme, “Public Transport Integration”, Guidelines in Market Organisation, Strategies for Public Transport in Cities
- [5] V.R. Vuchic, 2005, “Urban Transit: Operations, Planning, and Economics” 215
- [6] <http://vvv.caovd.cz/IndexEN.htm>
- [7] Camkesen N., 2010, “Toplu Taşımada Aktarma Merkezleri ve Sistem Entegrasyonu”, Toplu Ulaşım Sempozyumu, Transist 2010, 47
- [8] <http://vvv.pragueairport.co.uk/public-transport.htm>
- [9] Yılmaz E., 2006, “Aksiyomlarla Tasarım İlkeleri Yardımıyla Kent içi Toplu Taşıma Sistemlerinin Tasarımı”, Uludağ Üniversitesi Müh.-Mimarlık Dergisi, Cilt 11 sayı 1, 13
- [10] <http://vvv.kaupunkiliikenne.net/Praha/indexe.html>
- [11] Transport Studies Unit, 2003, “Final Report: Integration and Regulatory Structures in Public Transport”, University of Oxford, Rijsvijk, 21
- [12] <http://vvv.czech-transport.com/transport-service>
- [13] <http://vvv.rayturk.net>
- [14] Toplu Taşımacılık: Akıllı Yeşil Çözüm, www.uitp.org

DENETİMSİZ KAVŞAKLARDA ANAYOL ARAÇLARININ GECİKMELERİ ÜZERİNE BİR TARTIŞMA

**Neslihan ERDOĞANOĞLU, Serhan TANYEL, Pelin ÇALIŞKANELLI
ve Mustafa ÖZUYSAL**

*Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Böl., İzmir -
neslihanerdoganoglu@hotmail.com
serhan.tanyel@deu.edu.tr
pelin.caliskanelli@deu.edu.tr
mustafa.ozuysal@deu.edu.tr

ÖZET

Denetimsiz eşdüzey kavşakların düzenlenmesinde, kavşağa bağlanan yollardan birisi, hacim ya da geometrik özelliklerine göre diğerlerinden daha önemli kabul edilir ve “anayol” adını alır; diğeri ise yanyol olarak adlandırılır. Bu kavşaklarda genel kabul, anayol akımı içindeki araçların mutlak önceliğe sahip olmasıdır. Ancak gerçek koşullar altında bu her zaman mümkün olmayabilir. Yapılan çalışmalar, yanyolda bekleyen sürücülerin, bekleme süresi uzadıkça kavşağa girişte kural dışı davranışlar sergileyebildiklerini göstermektedir. Bu durumda ise anayolda hareket eden sürücüler, yavaşlayarak veya durarak olası bir kazayı engellemeye çalışacaklardır. “Ters öncelik” veya “Aralık zorlama” olarak ta adlandırılan bu durumda, anayol akımındaki araçlar belirli bir gecikmeye maruz kalacaklardır. Anayol akımında kavşaktan direkt geçiş yapan araçları gecikmeye uğratacak diğer koşullar ise anayoldan sağa ve/veya sola dönen araçlardır. Bu üç koşulun etkileri çeşitli çalışmalarda ayrı olarak incelemiş olmasına rağmen, ortak etkilerinin ne olduğu tam olarak bilinmemektedir. Çalışmada bir benzetim programı yardımıyla denetimsiz bir “T” kavşakta anayol sürücülerinin maruz kaldığı gecikmelerin sebepleri irdelenmiş ve yeni bir bağıntı önerilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: kontrolsüz kavşaklar, kapasite, gecikme, ters öncelik

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde, kavşakların büyük kısmı denetimsiz (sinyalize olmayan) kavşaklar olarak tasarlanmaktadır. Denetimsiz eşdüzey kavşakların düzenlenmesinde, kavşağa bağlanan yollardan birisi, hacim ya da geometrik özelliklerine göre diğerlerinden daha

önemli kabul edilir ve “anayol” adını alır; diğeri ise yanyol olarak adlandırılır [1]. Bu iki akım arasındaki etkileşimler genel olarak, “DUR” ve “YOL VER” işaretleri ile yönlendirilmeye çalışılır:

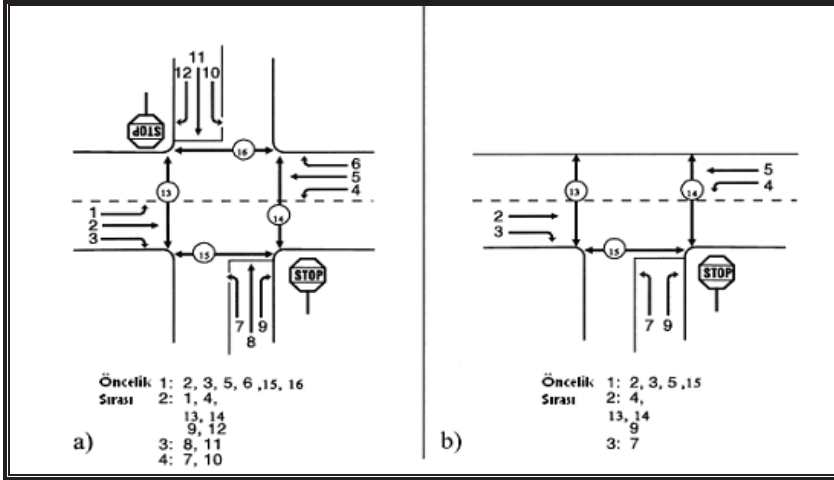
- **“DUR” kontrollü kavşaklarda (stop controlled intersections)** yanyoldan gelen sürücüler, anayolda hiç araç bulunmasa bile durmak, yolu kontrol etmek ve yol boş ise kavşağa girmek zorundadırlar. Bu tür kavşaklar iki türlü tasarlanmaktadır: a) iki yönlü durma kontrollü kavşaklar (two-way stop controlled intersections TWSC) b) Tüm yönlerde durma kontrollü kavşaklar (all-way stop controlled intersections).
- **“YOL VER” kontrollü kavşaklarda (give-way controlled intersections)** ise yanyoldan gelen sürücüler, yavaşlayarak anayolda araç bulunup bulunmadığını kontrol etmek zorundadırlar. Eğer anayolda araç yoksa; kavşağa durmadan giriş yaparak hareketlerine devam edebilirler.

Denetimsiz bir kavşakta bir yanyol bağlantısının başarımı büyük ölçüde, yanyoldaki sürücülerin anayoldaki araçlar arasında buldukları aralıkları değerlendirerek kavşağa güvenli bir giriş yapmalarına bağlıdır. Yanyoldan kavşağa yaklaşan sürücü kavşağa daha önce giriş yapmış bir anayol sürücüsü varsa bu taşıtın kavşağı boşaltmasını bekleyecek ve bir sonraki anayol taşıtını gözlemleyecektir. İki anayol sürücüsü arasındaki bu aralık, yanyol sürücüler için “araya giriş” aralığı olarak tanımlanır. Yanyol sürücüsü, kavşağa geldiğinde kavşakta taşıt yok fakat anayolda yaklaşmakta olan bir taşıt var ise anayoldaki taşıt ile arasındaki uzaklığın yapmak istediği manevra için yeterli olup olmadığına karar verip kavşağa bu koşul altında giriş yapar. Bu durumda da anayol taşıtının kavşağa, dolayısıyla yanyol taşıtına olan uzaklığına “öne giriş” aralığı adı verilir [1].

Denetimsiz bir kavşağın kapasitesi ve başarımının hesaplanmasında, kavşağa gelen araçlar arasındaki manevra önceliği büyük önem taşımaktadır. Bu manevra öncelikleri, “DUR” kontrollü kavşaklar için Şekil 1’de gösterilmiş ve aşağıda kısaca açıklanmıştır [2]:

1. **Öncelikli Araçlar:** Doğru geçen ve sağa dönen anayol araçları kavşakta en büyük geçiş hakkına sahip olan araçlardır. Bu araçların kavşakta hiçbir gecikmeye uğramadığı kabul edilir.
2. **Öncelikli Araçlar:** Sola dönen anayol araçları ve sağa dönen yanyol araçları kavşak noktasında ikinci öncelikli araçlardır.
3. **Öncelikli Araçlar:** Yanyoldan gelerek doğru geçiş yapacak araçlar kavşakta öncelikli araçlardır.
4. **Öncelikli Araçlar:** Sola dönüş yapacak olan yanyol taşıtları, bütün anayol taşıtlarına ve yanyol taşıtlarına öncelik vermek zorundadır [2].

Denetimsiz kavşakların kapasite ve başarımlarının belirlenmesinde yapılmış olan ana kabul, anaakım içindeki araçların mutlak önceliği sahip olmasıdır. Bu, yapılan hesaplarda önemli kolaylıklar sağlamasına rağmen, tamamen doğru bir kabul değildir.



Şekil 1. “DUR” kontrollü kavşaklarda hareket öncelikleri [2]

Kavşakta araçlar arasındaki etkileşimler sonucunda, ana akımdaki sürücüler de belirli bir oranda gecikmeye uğrayabilirler. Bu gecikme üç şekilde meydana gelebilir:

1. Anaakım içinde sağa dönüş yapan araçların, bu manevrayı gerçekleştirirken yavaşlamaları sonucunda;
2. Ananakım içinden sola dönüş yapan araçların, bu hareketi gerçekleştirebilmek için yavaşlamaları ve/veya durmaları sonucunda;
3. Öncelik sırası daha düşük olan sürücülerin, anaakım içinde beklenenden daha kısa aralıkları kabul etmeleri ve anaakımdaki araçları yavaşlamaya veya durmaya zorlamaları sonucunda.

1970 yılında, Stover ve diğerleri [3] ile Alexander [4] birbirlerinden bağımsız olarak, sağa dönen araçların anaakımdaki aynı şeritte direkt geçiş yapan araçlar üzerinde oluşturdukları gecikmeleri incelemişlerdir. Stover ve diğerleri, anayol üzerindeki trafik hacmindeki artışın, sağa dönen taşıtlardan kaynaklanan anaakım gecikmelerini ve yakıt tüketimini üstel olarak arttırdığını göstermiştir. Alexander ise, yapmış olduğu gözlemlerden yola çıkarak, sağa dönen taşıtlara bağlı olarak anaakımdaki araçların ortalama gecikmesinin hesaplanması için aşağıdaki ampirik bağıntıyı önermiştir:

$$D_{anaakım} = -219 + 2,05Q_r + 0,37Q_{anaakım} + 4,33U_{anaakım} \quad (1)$$

Burada $D_{anaakım}$, anaakımda doğru geçiş yapan araçlara ait gecikme değerini (saniye); Q_r , sağa dönen akım oranını (araç/saat); $Q_{anaakım}$, anayoldaki akım oranını (araç/saat) ve $U_{anaakım}$ ise anaakımdaki araçların ortalama seyir hızlarını (m/saniye) göstermektedir.

McSahne [5] çalışmasında, bir benzetim programı kullanarak sağa dönen araç sayısına bağlı olarak, anaakımdaki araçların hızlarındaki değişimi belirlemeye çalışmıştır.

Bonneson [6], sağa dönen araçların anayol üzerinde direkt geçiş yapmak isteyen araçlar üzerinde sebep oldukları gecikme değerinin hesaplanması için bir model geliştirmiştir. Çalışma sonucunda, sağa dönüş oranının artması ile birlikte gecikmenin arttığını, buna

karşılık bu sağa dönüş oranının çok küçük olması durumunda ise anayol üzerindeki seyahat hızının gecikme üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Akgüngör ve diğerleri [7] ise, sağa dönen araçlardan kaynaklanan anaakım gecikme hesabı için aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir:

$$D_{anaakım} = -146,858 + 0,102U + 177,475AV + 0,164Q + 73,569SD \quad (2)$$

Burada, U; hız (mil/saat); AV, ağır araç oranı (%); Q, trafik hacmi (araç/saat) ve SD, sağa dönen araç oranıdır (%).

Sola dönen araçlarla ilgili en kapsamlı çalışmalar ise Bonneson ve McCoy [8] ile Bonneson ve Fitts [9] tarafından yapılmıştır. Çalışmalarda, sola dönen araçlardan kaynaklanan anaakım gecikmeleri, dört farklı yöntem kullanılarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Çalışmaların en önemli kabullerinden biri, sola dönüş yapılan yaklaşımda ya sola dönüş cebinin bulunduğu ya da yaklaşımın iki şeritten meydana geldiğidir. Bu kabule göre, anayoldan sola dönüş yapmak isteyen araçların arkasındaki doğru gidecek sürücüler, diğer şeride kayarak o şeritteki sürücülerin de gecikmesine yol açabileceklerdir. Eğer anayolda sadece tek şerit varsa (sola dönüş cebinin de olmaması durumunda), anayoldaki araçların gecikmeleri doğrudan sola dönüş yapacak araçların gecikmelerine bağlı olacaktır.

Anayoldaki araçların gecikmeleri üzerine yapılmış en detaylı çalışmalar ise “ters öncelik” veya “aralık zorlama” üzerine yapılmış olan çalışmalardır [10, 11,12, 13]. Yapılan çalışmalar, yanyolda bekleyen sürücülerin, bekleme süresi uzadıkça kavşağa girişte kural dışı davranışlar sergileyebildiklerini göstermektedir. Bu durumda ise anayolda hareket eden sürücüler, yavaşlayarak veya durarak olası bir kazayı engellemeye çalışacaklardır. Bu durum genelde dönel kavşaklar ve çevreyolu katılımları için incelenmiş olsa da, her tür kontrolsüz kavşak için dikkate alınması gereken önemli bir parametre olarak kabul edilebilir.

Anayoldaki araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerlerinin Cowan M3 dağılımı ile modellenebileceği kabulüyle, sinyalizasyon olmayan bir kavşaktaki yanyol akımının kapasitesi aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir:

$$q_e = \frac{\alpha \cdot q_c e^{-\lambda(T-\Delta)}}{\lambda \cdot T_o} \quad (3)$$

Burada q_e , yanyol kapasitesi (araç/saniye); q_c , anayol akımını (araç/saniye), T , yanyoldaki sürücülere ait kritik aralık kabulü değerini (saniye), T_o yanyoldan giriş yapan araçlar arasındaki en küçük zaman cinsinden takip aralığını (saniye) ve Δ , anayoldaki araçlar arasındaki en küçük zaman aralığı değerini (saniye), α ise anayolda birbirinden bağımsız hareket eden araç oranını ifade etmektedirler. Bağıntıda yer alan “ λ ” ise Cowan M3 dağılımına ait bir azaltma parametresi olup aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\lambda = \frac{q_c \alpha}{1 - q_c \Delta} \quad (4)$$

Yapılan çalışmalar, yanyoldan kavşağa giriş için bekleyen sürücülere ait gecikme süresi arttıkça, sürücülerin kabul edecekleri kritik aralık kabul değerinin (T) azaldığını göstermiştir [14]. Gedizlioğlu [1] ve Gedizlioğlu ve Yayla [15] çalışmalarında ise, ülkemizdeki sürücülerin kontrolsüz kavşaklarda nispeten daha kısa zaman cinsinden aralıkları kabul ettikleri belirtilmektedir. Bu durumda, yukarıda açıklanan ters öncelik kuralının ülkemiz için daha da büyük önem taşıdığı açıktır. Troutbeck, kavşak yaklaşımından önce ve yanyol katılımında, yanyoldan giriş yapan araçlar sebebiyle, anayoldaki araçlar arasındaki zaman cinsinden aralıkların dağılımlarının bir miktar birbirlerinden farklılık göstereceklerini vurgulamıştır [11, 12]. Bu fark aşağıdaki bağıntı ile hesaplanan “ C ” parametresi kadardır:

$$C = \frac{1 - e^{-\lambda T_0}}{[1 - e^{-\lambda(T-\Delta)} - \lambda(T - T_0 - \Delta)e^{-\lambda(T-\Delta)}]} \quad (5)$$

Buna göre, ters öncelik koşulunda yanyol kapasitesi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$q_e = \frac{\alpha C q_c e^{-\lambda(T-\Delta)}}{1 - e^{-\lambda T_0}} \quad (6)$$

Burada önemle vurgulanması gereken bir husus, “ C ” parametresinin “1”e eşit veya küçük olduğudur. Bu da, ters öncelik koşullarında yanyoldan giriş yapan sürücülerin agresif davranışlarının beklenildiğinin aksine yanyol kapasitesinde bir düşüş meydana getirdiğini göstermektedir. Tanyel ve Yayla [16] ülkemizdeki çok şeritli yuvarlakada kavşaklarda yaptıkları gözlemlerde benzer bir sonuca ulaşmışlardır. Bu koşul yanyol kapasitesinde düşüşe sebep olmasının yanı sıra, anayoldaki araçlarında gecikmeye maruz kalmasına yol açmakta ve tüm kavşak başarımını olumsuz yönde etkilemektedir. Troutbeck anayoldaki araçların gecikmelerinin aşağıdaki şekilde hesaplanabileceğini göstermiştir [11]:

$$D_{anaakım} = [1 - P(0)] \frac{[T_0 + \Delta - T]}{2} \quad (7)$$

Burada $P(0)$, yanyoldan kavşağa giren araçlar nedeniyle anayol akımının gecikmeme olasılığı olup aşağıdaki bağıntı yardımıyla bulunabilir:

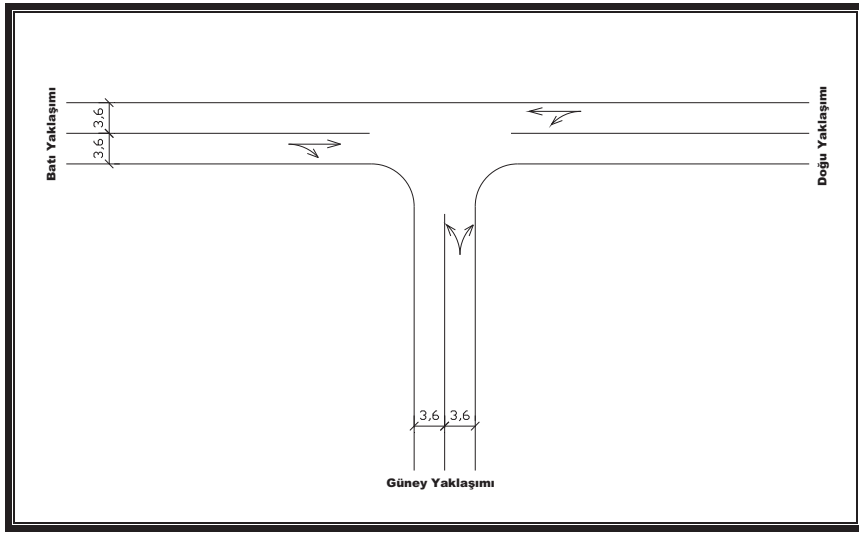
$$P(0) = \frac{1 - e^{-\lambda(T-\Delta)}}{[1 - e^{-\lambda(T-\Delta)} - \lambda(T - T_0 - \Delta)e^{-\lambda(T-\Delta)}]} \quad (8)$$

Sağa dönen araçlardan kaynaklanan anaakım gecikmeleri birkaç saniyeden 5~6 dakikaya kadar değişiklik gösterebilmektedir [7]. Sola dönen araçlara ait gecikmelerin ise, sola dönüş yapılan kolda dönüş cebi veya birden fazla şerit bulunması durumunda araç başına 5 saniyeden daha düşük olacağı görülmüştür [9]. Ancak sola dönen araçlarla direkt geçiş yapacak araçların aynı şeridi paylaşmaları durumunda sola dönüşten kaynaklanan gecikmelerin daha büyük değerlere ulaşabileceği açıktır. Ters öncelik koşulunda ise, bağıntı (7)’den de anlaşılabileceği üzere anaakımdaki araçların gecikmeleri, anaakımın özelliklerine ve yanyoldan giriş yapan sürücülerin en küçük takip aralığı değerine bağlıdır. Yanyoldaki sürücülerin kabul ettikleri aralık değerleri düştükçe anaakımdaki gecikmeler de azalmaktadır.

Yukarıda da belirtildiği gibi, anaakımdaki araçlara ait gecikmeler, değişik koşullar için hesaplanabilmektedir. Ancak her üç koşul için gecikmeler birlikte değerlendirilmemiştir. Ananakımda her üç koşulun birlikte gözlemlenebilmesi ancak sürücülerin “DUR” veya “YOL VER” işaretlerine dolayısıyla trafik kurallarına uymaması ile mümkün olabilir. Bu nedenle çalışma kapsamında AIMSUN trafik benzetim programı kullanılarak kontrolsüz bir “T” kavşak üzerinde, değişik trafik akımları için anaakım gecikmeleri hesaplanmış; elde edilen sonuçlardan yararlanarak ampirik anaakım gecikme bağıntıları elde edilmiştir.

2. BENZETİM MODEL KURGUSU

Çalışmada AIMSUN programı kullanılarak, bir “T” kavşak üzerinde anaakım gecikmeleri ve etki eden faktörler incelenmeye çalışılmıştır. Benzetim programına temel alınan kavşak örneği Şekil 2’de sunulmaktadır.



Şekil 2. Benzetim Programında kullanılan kavşak örneği

Şekilden de görülebildiği gibi, denetimsiz eşdüzey T kavşaklar bölünmemiş ve tek şeritli olarak tasarlanmıştır. Şerit genişlikleri 3.6 m, yaklaşım eğimleri % 0, ideal doygun akım değeri 1900 araç/saat ve pik saat faktörü 0,92 alınmıştır. Araçların sağa dönüş başlangıç hız değeri 15 km/saat, sola dönüş başlangıç hız değeri ise 25 km/saat kabul edilmiştir. Kavşakta yaya, herhangi otobüs durağı, yol kenarı parklanma, orta refüj veya ada olmadığı varsayılmıştır.

Kavşak modelleri üzerinde trafik hacmi her yön için, diğer yönlerin hacimleri sabit tutularak sıfırdan başlayıp yüzer artırılarak 1200 araç/saat trafik hacmine kadar sistem çalıştırılmıştır. Her hacim değeri için sistem yanyoldan anayol yaklaşımına girişin ve tüm dönüş manevralarının serbest olarak yapıldığı (trafik işaretinin bulunmadığı) öngörülmüştür.

3. BENZETİM PROGRAMI SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Kontrolsüz kavşaklarda anaakım araçlarının gecikmelerinin modellenmesinde, benzetim programı çıktılarından yararlanarak bir çoklu regresyon modelinin oluşturulması hedeflenmiştir. İlk aşama olarak, batı yaklaşımındaki araçlara ait gecikme değerleri modellenmeye çalışılmıştır. Model ilk olarak gecikme üzerinde etken olabilecek tüm parametreler dikkate alınarak elde edilmeye çalışılmıştır (Çizelge 1). Çizelgede $Q_{\text{Batı}}$, batı yönünden kavşağa gelen talebi (araç/saat); $Q_{\text{Doğu}}$, doğu yönünden kavşağa gelen talebi (araç/saat); $Q_{\text{eGüney}}$, güney yaklaşımından kavşağa giriş yapmış olan araç sayısını (araç/saat); $\%SD_{\text{Batı}}$, batı yaklaşımından sağa dönüş yapan araç yüzdesini ve $\%SLD_{\text{Doğu}}$ ise doğu yönünden sola dönüş yapan araç yüzdesini ifade etmektedir.

Çizelge 1. Batı yaklaşımı ilk aşama regresyon analizi sonuçları

	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistiği	P-değeri	Regresyon İstatistikleri	
Sabit	-18,477	5,576	-3,314	0,001	r	0,761
$Q_{\text{Batı}}$	0,026	0,004	7,363	0,000	R^2	0,579
$Q_{\text{Doğu}}$	0,001	0,004	0,297	0,767	Düzeltilmiş R^2	0,550
$Q_{\text{eGüney}}$	0,013	0,006	2,062	0,043	Standart Hata	6,672
$\%SD_{\text{Batı}}$	0,116	0,045	2,565	0,012	Gözlem	78
$\%SLD_{\text{Doğu}}$	0,029	0,043	0,680	0,499		

Çizelge 1 incelendiğinde, doğu yönünden gelen trafik akımının, batı yönünden gelen ve sağa dönüş yapan araçlar sebebiyle batı akımında doğru gidecek araçlarda meydana getirdiği gecikmeler üzerinde etkisinin olmadığı görülmüştür. Ancak beklenildiği üzere, sadece bu yaklaşımdan sağa dönüş yapan araçlar değil, yanyoldan kavşağa giren araçların da batı yaklaşımının gecikmesinde etkin olabileceği anlaşılmaktadır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus, güney yaklaşımından kavşağa giren araç sayısının, $Q_{\text{Batı}}$ ve $Q_{\text{Doğu}}$ değerlerine bağımlı olduğundan, $Q_{\text{eGüney}}$ değişkeninin modelde diğer değişkenler ile birlikte yer alması modelin geçerliliği açısından sakıncalı olarak kabul edilebilir. Bu nedenle $Q_{\text{eGüney}}$ değişkeni de değerlendirme dışında bırakılmıştır. Buna göre, batı yaklaşımına ait gecikme değeri aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir:

$$D_{SDi} = -10,300 + 0,023Q_i + 0,142SD_i \quad r = 0,742 \quad (9)$$

Burada D_{SDi} , sağa dönüş yapan araçların bulunduğu yaklaşıma ait gecikmeyi; Q_i , “i” yönünden kavşağa gelen araç sayısını ve SD_i ise yine “i” yönünden sağa dönüş yapan araç yüzdesini ifade etmektedir. Bu bağıntı, Alexander ve Akgüngör v.d. tarafından önerilmiş olan bağıntılarla uyum göstermektedir. Ancak her üç model de incelendiğinde sabitin (9) bağıntısında sıfıra daha yakın olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin çalışma kapsamında önerilen modelde kavşakta hiçbir işaret kontrolünün olmaması olduğu düşünülmektedir.

Benzer bir yaklaşım kavşağa doğu yönünden gelen araçlara ait gecikmelerin hesaplanması için de kullanılmıştır. Doğru yaklaşımına ait ilk regresyon sonuçları incelendiğinde, beklenildiğinin aksine doğu yaklaşımına ait talep değerinin, gecikme üzerinde bir etkisi olmadığı; yine aynı şekilde güney yaklaşımından kavşağa giriş yapan araçların da doğu yaklaşımındaki sürücülerin gecikmelerinde önemli bir faktör olmadıkları anlaşılmaktadır (Çizelge 2). Hesaplar, doğu yaklaşımından sola dönen araç yüzdesinin ve batı yaklaşım talebi ile bu yaklaşımdan sağa dönüş yapan araç yüzdesinin doğu akımı gecikmesinde

etkili olabileceklerini göstermektedir. Nitekim bu yönde yapılan analizler, bu sonucu doğrulamaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 2. Doğu yaklaşımı ilk aşama regresyon analizi sonuçları

	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistiği	P-değeri	Regresyon İstatistikleri	
Sabit	-526,064	111,219	-4,730	0,000	r	0,773
Q _{Batı}	0,476	0,071	6,669	0,000		
Q _{Doğu}	0,116	0,078	1,489	0,141	R ²	0,598
Q _{Günev}	0,174	0,125	1,386	0,170	Düzeltilmiş R ²	0,570
%SD _{Batı}	3,871	0,902	4,290	0,000	Standart Hata	133,097
%SLD _{Doğu}	2,321	0,860	2,698	0,009	Gözlem	78

Çizelge 3. Doğu Yaklaşımına son regresyon analizi sonuçları

	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistiği	P-değeri	Regresyon İstatistikleri	
Sabit	-361,802	49,303	-7,338	0,000	r	0,763
Q _{Batı}	0,424	0,064	6,663	0,000		
%SD _{Batı}	4,118	0,875	4,706	0,000	R ²	0,582
%SLD _{Doğu}	2,260	0,824	2,743	0,008	Ayarlı R ²	0,565
					Standart Hata	133,834
					Gözlem	78

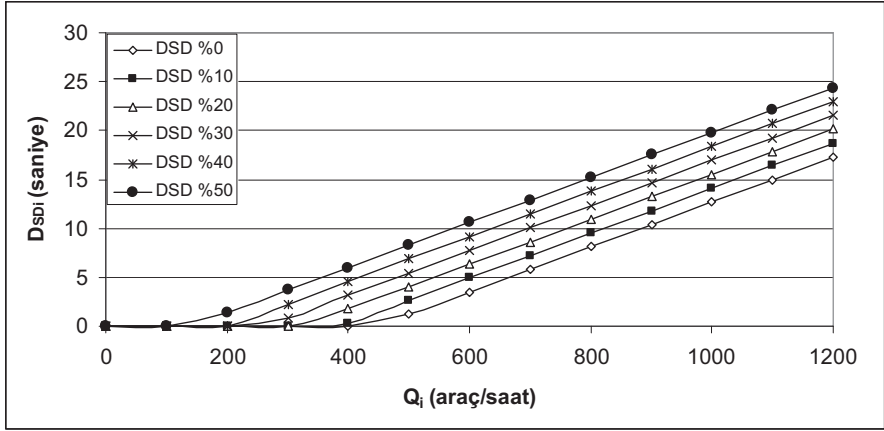
Son regresyon analizi sonuçları, ilk aşamada yapılmış elde edilen öngörülerini doğrulamaktadır. Her ne kadar, doğu yaklaşımına ait korelasyon katsayısı “r” değeri, batı yaklaşımı için elde edilen korelasyon katsayısından büyük olsa da, standart hata değeri daha yüksektir. Buna göre, bir akımdan sola dönen araçlardan kaynaklanan gecikmelerin daha değişken değerlere sahip olduğu söylenebilir. Hesaplar sonucunda elde edilen diğer önemli bir sonuç ise, doğu yaklaşımındaki araçların maruz kaldıkları gecikmeler üzerinde batı yaklaşımından sağa dönüş yapan araç yüzdesinin daha etkin olduğudur. Bu da, kavşak tam denetimsiz olarak çalıştığında bile özellikle sola dönüş yapan sürücülerin, herhangi bir kaza meydana gelmemesi için engelleyici akımdaki araçlara öncelik tanıdıkları anlaşılmaktadır. Buna göre sola dönüşlerden kaynaklanan anaakım gecikme değeri için aşağıdaki bağıntı kullanılabilir:

$$D_{SLD_j} = -361,802 + 0,424Q_i + 4,118SD_i + 2,260SLD_j \quad (10)$$

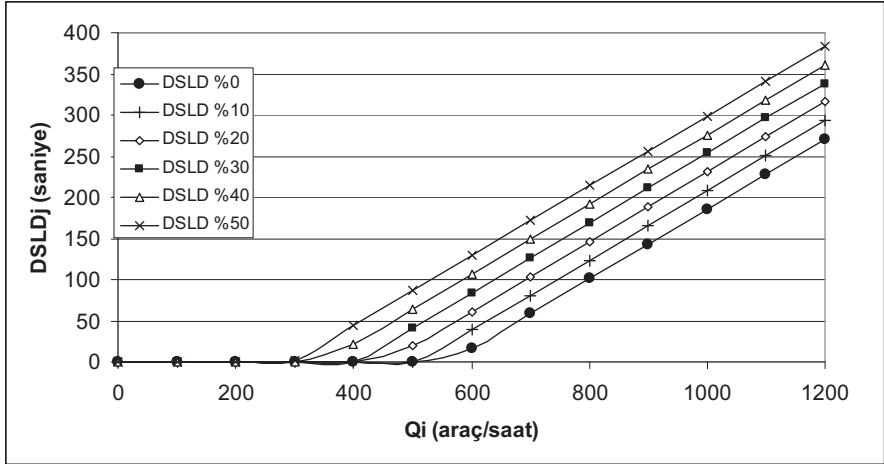
Burada D_{SLD_j} , “j” sola dönüş yapan araçların bulunduğu yaklaşıma ait gecikmeyi; Q_i , “i” yönünden kavşağa gelen araç sayısını, SD_i yine “i” yönünden sağa dönüş yapan araç yüzdesini ve SLD_j ise “j” yönünden sola dönüş yapmak isteyen araç yüzdesini ifade etmektedir.

Şekil 3’te, “i” yaklaşımına ait anaakım gecikmelerinin, akım hacim oranına ve sağa dönen araç yüzdesine bağlı olarak değişimi gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde, beklenildiği gibi “i” yaklaşımından gelen araç sayısı ve akım içinde sağa dönmek isteyen sürücü yüzdesi arttıkça, doğru gitmek isteyen sürücülerin maruz kaldıkları gecikme değerlerinin de arttığı görülmektedir.

Benzer bir sonuç, “j” yaklaşımında doğru geçiş yapmak isteyen araçların gecikmeleri için de söylenebilmektedir (Şekil 4). Ancak sola dönüş yapılan yaklaşımın gecikmesinin daha yüksek olduğu açıktır.



Şekil 3. Sağa dönen araçların bulunduğu yaklaşıma ait anaakım gecikme değerlerinin değişimi



Şekil 4. Sola dönen araçların bulunduğu yaklaşıma ait anaakım gecikme değerlerinin değişimi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir “T” kavşak örneğinde, AIUMSUN benzetim programı kullanarak, anaakımdaki araçların gecikmeleri modellenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda:

- Anaakımda sola dönen araçlardan kaynaklanan gecikme değerlerinde anayolda karşı yöndeki akım, bu akımdan sağa dönüş yaparak yanyola giren araç yüzdesi ile incelenen trafik akımında sola dönen araç yüzdesinin etken olduğu görülmüştür.
- Anaakımda sağa dönüş yapan araçlardan kaynaklanan gecikme değerlerinde ise, incelenen trafik akım oranı ve bu akımdan sağa dönen araç yüzdesinin etkili olduğu anlaşılmıştır.
- Bu sonuçlar, tamamen kontrolsüz kavşaklarda bile özellikle sola dönüş yapan sürücülerin herhangi bir kaza meydana gelmemesi için büyük oranda geçiş önceliklerine dikkat edebileceklerini göstermektedir.
- Çalışma kapsamında yanyoldan kavşağa giriş yapan araçların etkisinin beklenilenden daha düşük olabileceğini göstermiştir. Bunda yanyol kapasitesinin büyük oranda anayol trafik hacmine bağlı olmasının da önemli bir rolü bulunmaktadır.

Burada yanyoldan giren araçların anaakımdaki sürücülerin gecikmeleri üzerine kısa bir tartışma yapmakta yarar görülmektedir. Bir denetimsiz kavşak yaklaşımında, kavşağa gelmeden önce gözlenen zaman cinsinden aralık dağılımları ile kavşak sonrasında gözlenen aralık dağılımları birbirlerinden farklı olacaklardır. Anayoldan sağa dönen araç olmaması durumunda, yanyoldaki sürücülerin nispeten daha kısa aralıklar tercih etmeleri sonucunda kavşak öncesine ait zaman cinsinden aralıkların olasılık dağılım fonksiyonu “F(t)”:

$$F(t) = 1 - \alpha e^{-\lambda(t-\Delta)} \quad (11)$$

kavşak sonrasında gözlemlenen zaman cinsinden aralıkların olasılık dağılım fonksiyonu “G(t)” ise:

$$G(t) = 1 - \alpha C_i e^{-\lambda(t-\Delta)} \quad (12)$$

olacaktır. Burada C_i , “i” yaklaşımına ait (5) bağıntısından hesaplanan katsayı değeridir.

Ancak anaakımdan sağa dönen araçlar olması durumunda, bu dönüş yanyol akımındaki sürücülerin algılayabileceği kadar uzun bir mesafede gerçekleşiyorsa, yanyoldan sürücüler nispeten daha güvenli bir aralık kabul ederek kavşağa giriş yapacaklardır. Bu ise anayol sürücülerinin sağa dönerek çıkış yaptığı nokta ile yanyol sürücülerinin giriş yaptıkları nokta arasında yeni bir zaman cinsinden aralık dağılımının tanımlanması gereğini ortaya çıkarmaktadır:

$$H(t) = 1 - \alpha' e^{-\lambda'(t-\Delta)} \quad (13)$$

Burada H(t), anayol sürücülerinin sağa dönerek çıkış yaptığı nokta ile yanyol sürücülerinin giriş yaptıkları nokta arasındaki zaman cinsinden aralık dağılımını; α' , anayoldan çıkan araçlar sebebiyle değişen serbest araç oranını ve λ' ise α' değerine bağlı olarak hesaplanmış azaltma katsayısını ifade etmektedir. Yeni dağılım parametreleri kullanılarak, yanyoldan kavşağa giriş yapan araçların anayol akımında maruz kaldıkları gecikmeler daha gerçekçi bir şekilde tanımlanabileceği gibi, anayoldan çıkış yapan araçların yanyol

kapasitesi üzerindeki etkileri daha sağlıklı bir biçimde tanımlanabilecektir. İlerideki çalışmalarda bu durumun yeterli sayıda gerçek gözlem verileri ile test edilmesinde yarar olduğu düşünülmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda, anayol araçlarının maruz kaldıkları gecikmelerin gözlem verilerine bağlı olarak modellenmeye çalışılmasında yarar olduğu açıktır. Ayrıca her üç gecikme koşulunu da içeren bir analitik modelin geliştirilmesi yararlı olacaktır. Bu amaçla yazarlar tarafından ileride yapılacak çalışmalarda, İzmir kentinde belirlenecek kontrolsüz, “DUR” veya “YOL VER” kontrollü kavşaklarda video kamera ile çekim yapılacak, bu çekimler büro ortamında değerlendirilerek aralık kabulü, yan yol sürücülerine ait takip aralıkları, anaakımdaki araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık dağılımları, trafik kompozisyonu, yanyol ve anaakım gecikmeleri gibi değerler elde edilerek benzetim programının kalibrasyonu yapılacak ve değişik senaryolar yardımıyla çalışma kapsamında önerilmiş olan bağınıtların geliştirilmesine çalışılacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı sayın Doç.Dr. Ali Payidar AĞÜNGÖR’e ve Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi’ne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] E. Gedizlioğlu, 1979 “Denetimsiz kavşaklarda yanyol sürücülerinin davranışlarına göre pratik kapasite saptanması için bir yöntem“, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İstanbul
- [2] Transportation Research Board (TRB), 2000, Highway Capacity Manual, National Research Council, Washington D.C.
- [3] V.G. Stover, W.G. Adkins, J.C. Goodknight, 1970. “Guidelines for Medial and Marginal Access Control on Major Roadways” NCHRP Report 93, Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C.
- [4] M.H. Alexander, 1970 “Development of An Economic Warrant for the Construction of Right-Turn Deceleration Lanes. Final Report” Joint Highway Research Project C-36-17HH. Purdue University. Lafayette, Indiana.
- [5] W.R. McShane, 1995. “Access Management and the Relation to Highway Capacity and Level of Service”. Technical Memorandum on Activity 4, Florida.
- [6] J.A. Bonneson, 1998 “Delay to Major Street Through Vehicles Due to Right-turn Activity”, Transportation Research-A, 32(2), 139-148.
- [7] A.P. Akgüngör, A. Demirel, E. Doğan, T. Gürbüz, 2006, “Sağa Dönen Taşıt Trafikinin Anayol Üzerinde Sebep Olduğu Gecikme ve Yakıt Tüketimi için Yeni Bir Model Önerisi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-3, 398-403.
- [8] J.A. Bonneson, P.T. McCoy, 1997, “capacity and Operational Effects of Midblock Left-Turn Lanes”, National Cooperative Highway research Program Report 395.
- [9] J.A. Bonneson, J.W. Fitts, 1999, “Delay to Major Street Through Vehicles at Two-way Stop-Controlled Intersections”, Transportation Research Part A, 33-3/4, 237-253.
- [10] R. Troutbeck, 1991, “Unsignalized intersections and roundabouts in Australia: recent developments”, Intersections Without Traffic Signals II, Bochum, Germany, 238-257

- [11] R. Troutbeck, 1998, "The capacity of a limited priority merge", Physical Infrastructure Centre Research Report 98-4, Queensland University of Technology, School of Civil Engineering, Brisbane, Australia
- [12] R. Troutbeck, S. Kako, 1999, "Limited Priority Merge at Unsignalized Intersections", Transportation Research Part A, 33-3/4, 291-304.
- [13] J. Bunker, R. Troutbeck, 2003, "Prediction of Minor Stream Delays at a Limited Priority Freeway Merge", Transportation Research Part B: Methodological, 37-8, 719-735.
- [14] R.T. Luttinen, 2004 **"Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections"** Finnish Road Administration, Finnra Reports 1/2004, Helsinki.
- [15] E. Gedizlioglu, N. Yayla, 1978, "Kontrolsüz Eşdüzey Kavşaklarda Giriş Aralığı Kavramı " İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye İnşaat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı, 785 - 800, Ankara.
- [16] S.Tanyel, N.Yayla, 2010, "Yuvarlakada Kavşakların Kapasiteleri Üzerine Bir Tartışma", Teknik Dergi-İMO, 21-1, 4935-4958.

BİRBİRİNE YAKIN SİNYALİZE KAVŞAKLARDA ARAÇ GELİŞLERİNİN GECİKME VE YAKIT TÜKETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ali Payidar AKGÜNGÖR*, Yetiş Şazi MURAT**, Erdem DOĞAN***

*Kırıkkale Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Kırıkkale- akgungor@kku.edu.tr

**Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Denizli- ysmurat@pau.edu.tr

***Kırıkkale Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Kırıkkale-erdemdogan71@gmail.com

ÖZET

Birbirine yakın sinyalize kavşakların oluşturduğu kent içi ana yollarda, sinyal eşgüdümü (koordinasyonu) ve en iyileme tekniği (optimizasyonu) ile başta gecikme olmak üzere, trafik sıkışıklığı, duruşlar ve bunların neden olduğu gürültü ve çevre kirliliğinin daha düşük seviyelere indirilmesi mümkündür.

Bu bildiride, Kırıkkale iline ait Yahşihan (Üniversite) Kavşağı ile Yeni Sanayi Kavşağı arasındaki ana yol göz önüne alınarak bu yoldaki kavşakların performansında etkili olan ve varış tipini belirleyen araç kümeleşme oranı bilgisayar ortamında incelenmiştir. Aynı zamanda mevcut trafik ve işletim koşulları altında Synchro benzetim programı yardımı ile aynı kavşaklardaki ortalama gecikme miktarı tahmin edilerek, yakıt tüketimi ve kavşaklara ait diğer başarımlar (performans) ölçütleri belirlenmiştir. Synchro benzetim programı kullanılarak kavşaklardaki sinyal süreleri tekrar düzenlenerek her bir kavşak için en iyileme tekniği uygulanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise kavşaklar arasında eşgüdüm sağlanmış ve kavşakların eşgüdümlü olarak çalışması için gereken yeni sinyal sürelerine göre gecikme ve yakıt tüketimi yeniden tahmin edilmiştir. Kavşakların mevcut, en iyileme tekniği uygulanmış ve eşgüdümü sağlanmış durumları farklı performans ölçütleri altında karşılaştırılarak yapılan düzenlemenin ne derecede etkili olduğu araştırılmış ve mevcut kavşaklar için elde edilen bulgular ışığı altında yapılması gerekenler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Araç kümeleşme oranı, Sinyal eşgüdümü, Gecikme, Yakıt tüketimi

1. GİRİŞ

Başta büyük kentler olmak üzere orta ve küçük ölçekli kentlerde de yaygın olarak görülen ulaşım problemlerinin başında trafik sıkışıklığı, gecikmeler ve bunların neden olduğu trafik kaynaklı gürültü ve çevresel etkiler gelmektedir. Trafik sıkışıklığı ve buna bağlı olarak oluşan problemler ekonomik ölçekte değerlendirildiğinde ciddi rakamlara ulaştığı görülmektedir. İstanbul ili için yapılan bir çalışmada, trafik sıkışıklığının yıllık maliyeti 3.12×10^9 \$ olarak belirlenmiştir. Bu değerin yaklaşık yarısını zaman kaybı, dörtte birini ise ilave yakıt tüketimi oluşturmaktadır. Trafik sıkışıklığının sebep olduğu kişi başına ortalama gecikme miktarı ise yılda 73,9 saat/kişi'ye ulaşmaktadır (1). İstanbul için yapılan bu çalışma, daha küçük ölçekli kentler için de yapıldığında toplamda ekonomik açıdan ciddi rakamlarla karşılaşılacaktır.

Bir ana yol üzerindeki sinyalize kavşakların birbirine yakın olması durumunda, ışık süreleri ayarlanarak trafik akımının kesintiye uğramadan ana yol üzerinde ilerlemesi sağlanmakta ve o ana yol üzerindeki kavşakların daha etkin bir şekilde kullanılması mümkün olmaktadır. Kavşaklar arasındaki uzaklık 800 metrenin altında olduğunda kavşakların eşgüdümü olarak çalıştırılması daha uygun olmaktadır (2, 3). İki sinyalize kavşağın birbirlerine olan uzaklıkları 800 m den daha az olduğunda, araçlar genelde küme halinde hareket etmekte, hızlanma ivmeleri birbirlerinden farklı olmasına rağmen yeterli mesafe olmadığından araç dağılımı fazla olmamaktadır. Hatta bir kavşaktan serbest bırakılan taşıt kümeleri, 300 metrenin ilerisine kadar bozulmadan gidebilmektedir. (4,5 ve 6). Bununla birlikte kavşaklar arası mesafe arttıkça araç kümeleşme yoğunluğu ve büyüklüğü azalmakta, araç kümesi içindeki taşıtların seyahat hızları farklılaşmakta ve araçlar arasındaki taşıt takip aralığının zaman değeri artmaktadır. Araştırmalar, taşıtlar arasındaki zaman aralığının farklı trafik hacim değerlerine bağlı olarak 1 sn ile 10 sn' ye arasında değiştiğini ortaya koymuştur (6,7). Bu değişkenliğe bağlı olarak da ana yolun yukarıdaki kavşakta yeşil ışık yanması ile serbest kalan taşıtlar, ana yolun aşağısındaki kavşağa kırmızı veya yeşil ışığın herhangi bir anında farklı kümeleşme yoğunluklarında gelebilmektedirler. Araçların ana yolun aşağısındaki kavşağa hangi kümeleşme yoğunluğunda ve ışığın hangi anında geldiğine, ana yolun yukarısındaki kavşağın işletildiği sinyal planı ve araç grup dağılımına ait özellikler etkili olmaktadır. Kümelenen araçların dağılımlarının sinyal performansındaki etkisinin ortaya konması amacı ile farklı dağılım modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerden en eskisi, 1956 yılında Pacey tarafından geliştirilen dağılım modelidir (8). Pacey, bir yol kesiti üzerindeki araçların normal dağılıma uyduğu kabulünden hareket ederek D uzaklığı boyunca araç seyahat zaman dağılımını Denklem 1'de verilen şekli ile modellemiştir.

$$f(\tau) = \frac{D}{\tau^2 \sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{\left(\frac{D}{\tau} - \frac{D}{\bar{\tau}} \right)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (1)$$

Burada,

D : sinyalden varışların gözlemlendiği noktaya kadar olan uzaklık

τ : D uzaklığı boyunca bireysel araç seyahat zamanı

$\bar{\tau}$: ortalama seyahat zamanı

σ : hızın standart sapması

Yaygın olarak bilinen diğer bir küme dağılım modeli de 1969 yılında Robertson tarafından önerilen ve denklem 2' de verilen dağılım modelidir (9). TRANSYT modeli olarak da bilinen Robertson geliştirdiği bu model de, araç seyahat süresinin binom dağılımına uyduğu kabulü yapılmaktadır.

$$q_2(j) = \frac{1}{1+\alpha\tau} q_1(j) + (1 - \frac{1}{1+\alpha\tau}) q_2(j-1) \quad (2)$$

Burada τ ortalama seyahat süresi, α da arazideki gözlemlerle belirlenen parametredir.

Araç geliş oranlarını ve küme dağılım karakteristiklerini tahmin etmek için yapılan çalışmalar günümüzde de güncelliğini korumakta ve bu konu ile ilgili yeni yöntem ve modeller geliştirilmektedir (10-12).

Kavşak performansı üzerinde etkili olan araç kümeleşme oranları sinyal eşgüdümü ile artırılarak daha fazla aracın yeşil ışıkta geçmesi mümkün olmaktadır. Bu bildiride birbirine yakın sinyalizasyon kavşakların oluşturduğu bir ana yolda araç kümeleşme oranları ve kavşak performansları, mevcut, en iyilenmiş ve eşgüdümlü durumlar için Synchro benzetim programı (13) kullanılarak bilgisayar ortamında karşılaştırılmıştır.

2. ARAÇ GELİŞ TİPLERİ, KÜMELEŞME ORANI VE İLERLEME KALİTESİ

Karayolu Kapasite Elkitabı'nda (HCM), araç geliş tipleri, bir koridor boyunca taşıtların sinyalizasyon kavşaktan diğer bir sinyalizasyon kavşağına ilerleyebilme vasfını ve trafik akım karakteristiklerini tanımlayan bir etkinlik ölçüsü olarak kullanılmaktadır (4). Araç geliş tipleri, yeşil ışık süresince gelen araçların yüzdesine ve küme halinde gelen araçların yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Araç geliş tiplerinin sınıflandırılmasında kümeleşme oranı (R_p) değerinden yararlanılmaktadır. Kümeleşme oranı, trafik akımının ilerleme kalitesini tanımlayan sayısal bir değer olup, Denklem 3'deki bağıntı yardımı ile hesaplanmaktadır. Her bir devre süresine ait gözlem verileri kullanılarak R_p değeri hesaplandıktan ve bulunan bu değere bağlı olarak da araç geliş türleri sınıflandırıldığından gerçek zamanlı olarak araçların küme halinde ilerleme kalitesi ölçülebilmektedir. Bu da trafik mühendislerine sinyal sistemlerinin performansını kolaylıkla belirleyebilme imkânı sağlamakta ve sinyal sisteminin daha etkin bir şekilde işletilmesine olanak sağlamaktadır.

$$R_p = P \cdot \left(\frac{C}{g} \right) \quad (3)$$

Burada R_p kümeleşme oranı, P devre süresindeki yeşil faz boyunca gelen araçların yüzdesi, C devre süresi, g etkili yeşil ışık süresidir.

Altı araç geliş tipi HCM 2000'de aşağıdaki şekilde tanımlanmakta ve geliş tipleri ile kümeleşme oranı arasındaki ilişkide Çizelge 1'de verilmektedir.

Geliş Tipi 1: Yoğun kümeleşme mevcut olup, şeritlerin hacminin %80'den fazlası kırmızı fazın başlangıcında gelmektedir. Bu geliş tipi koridorun eşgüdüm eksikliğinden dolayı çok zayıf bir ilerleme kalitesine sahip olduğunu gösterir.

Geliş Tipi 2: Orta derecede kümeleşme mevcut olup, kümeleşen araçlar kırmızı fazın ortasında gelmekte veya şeritlerin hacminin %40 ile % 80'ni içeren dağınık gruplanma kırmızı faz boyunca gelmektedir. Bu geliş tipi elverişsiz ilerlemeyi göstermektedir.

Geliş Tipi 3: Şeritlerin hacminin %40'ından daha azının kümeleştiği rasgele varışlardır. Bu geliş tipi izole kavşakların işletimindeki geliş tipini göstermektedir.

Geliş Tipi 4: Orta derecede yoğun kümeleşmiş araçlar yeşil fazın ortasında gelmekte veya şeritlerin hacminin %40 ile % 80'ni içeren dağınık kümeleşme yeşil faz boyunca gelmektedir. Bu geliş tipi elverişli ilerlemeyi göstermektedir.

Geliş Tipi 5: Kısmen yoğun kümeleşmeye sahip olup şeritlerin hacminin %80'den fazlası yeşil fazın başlangıcında gelmektedir. Bu geliş tipi aşırı elverişli ilerlemeyi göstermektedir.

Geliş Tipi 6: Bu geliş tipi ideale yakın ilerleme karakteristiğine sahip bir güzergâhtaki olağanüstü ilerleme kalitesini gösterir. Çok yoğun bir araç kümesi, birbirine yakın birçok kavşağı geçerek ilerlemektedir.

Çizelge1. Geliş Tipi ve Kümeleşme Oranı Arasındaki İlişki (4)

Geliş Tipi	Kümeleşme Oranı (R_p)	Varsayılan Değer (R_p)	İlerleme Kalitesi
1	< 0.50	0.333	Çok zayıf
2	>0.50-0.85	0.667	Elverişsiz
3	>0.85-1.15	1.000	Rasgele varışlar
4	>1.15-1.50	1.333	Elverişli
5	>1.50-2.00	1.667	Aşırı Elverişli
6	>2.00	2.000	Olağanüstü

3. ÖRNEK ÇALIŞMA (ÜNİVERSİTE VE YENİ SANAYİ KAVŞAKLARI)

Kırıkkale ili, Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgesini, batı bölgelere bağlamakta ayrıca Orta Anadolu Rafinerisi ve MKE fabrikalarını da barındırmaktadır. Bu sebeplerden dolayı çalışmada ele alınan iki kavşak yoğun ağır trafik yükü altında işletilmektedir. Ayrıca Ankara'nın yakın olması sebebiyle gerek Ankara'da ve Kırıkkale'de çalışan, gerekse de üniversite okuyan öğrencilerinden oluşan seyahat grupları akşam ve sabah trafiğini arttırmaktadır.

Kırıkkale-Ankara yolunun 5. km' sinde bulunan Üniversite ve Yeni Sanayi Kavşakları, D-200 karayolu üzerinde bulunmaktadır. İki kavşak arası mesafe Şekil 1'de görüldüğü üzere yaklaşık 800 m olup, kavşaklardan Yeni Sanayi Kavşağı, Kırıkkale İl Merkezine yakın tarafta yer almaktadır.

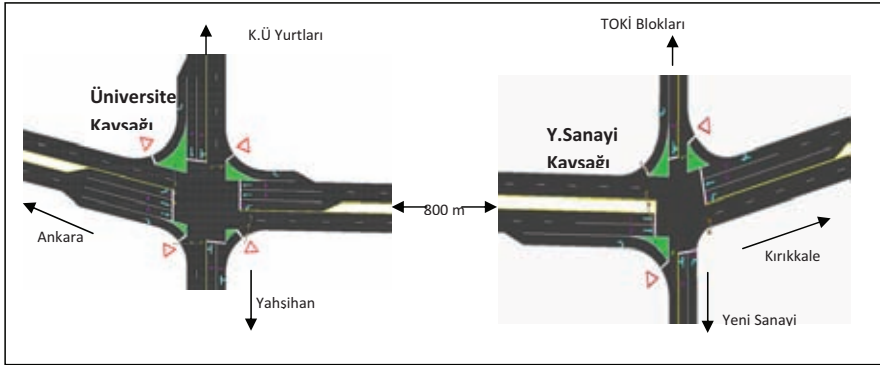
Üniversite Kavşağı, doğuda Yeni Sanayi Kavşağı, batıda Ankara, kuzeyde Kırıkkale Üniversitesi Yurtlarını ve Yenışehir Mahallesini, güneyde Yahşıhan ilçesini bağlamaktadır. Yeni Sanayi kavşağı ise doğuda Kırıkkale, batıda Üniversite Kavşağı, kuzeyde TOKİ blokları, güneyde ise Yeni Sanayi yerleşkesini birbirine bağlayan bir kavşaktır. Şekil 2'de görüldüğü üzere kavşaklar Kırıkkale-Ankara yönünde çift platformludur, sağa ve sola

dönüş şeritleri bulunmaktadır. Dönüş şeritleri Yeni Sanayi yönüne dönen ve Üniversite yurtlarına dönen yönler haricinde yol ver işareti ile kontrol edilmektedir.



Şekil 1. Üniversite ve Yeni Sanayi Kavşağı görünümü

Arazi çalışması ile sabah, öğlen ve akşam saatlerinde araç sayımları yapılmıştır. En yoğun trafiğin yaşandığı saatler akşam saatleri olduğu tespit edildiğinden dolayı faz sürelerinin hesabı için Synchro benzetim programına bu sayımlar girilmiştir. Sayımlarda araç türü de göz önüne alınarak, yüzde cinsinden ağır taşıt trafik değeri de hesaplamalarda kullanılmıştır. Şekil 1.'de görülen Üniversite ve Yeni Sanayi kavşaklarında, Ankara-Kırıkkale yönünde akşam saatlerinde karşılıklı olarak yoğunluk artmakta ve her iki yönde de yaklaşık 750 araç/saat'lik bir akım oluşmaktadır. Kuzey-güney yönünde Üniversite Kavşağı'nda, yaklaşık 50 araç/saat'lik, Yeni Sanayi Kavşağı'nda ise TOKİ yerleşkesine giden ve Yeni Sanayi-Kırıkkale yönüne ortalama 150 araç/saat'lik akımlar oluşmaktadır.



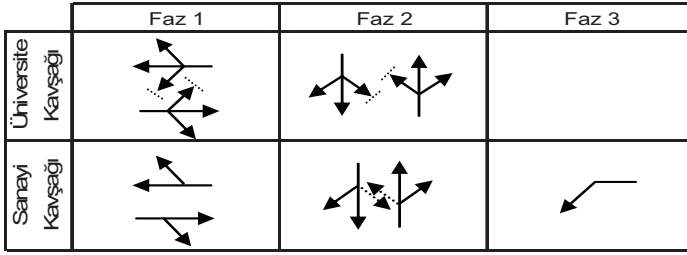
Şekil 2. Üniversite ve Yeni Sanayi Kavşağı benzetim programı görüntüleri.

3.1. Faz Düzenleri ve İyileştirmeler:

3.1.1. Üniversite Kavşağı:

Üniversite Kavşağı, mevcut durumunda 2 fazlı çalışan bir sistemdir. Sistem önce ana istikamet olan doğu-batı yönüne, daha sonra kuzey-güney yönüne geçiş hakkı vermektedir. Kavşak sinyalizasyonlu dönel kavşaktır, fakat programda böyle bir seçenek bulunmadığından, doğu-batı istikametine karşılıklı olarak birer depo şeridi eklenmiştir. Böylelikle, faz 1 de araçlar depo şeridinde beklemekte, faz 2 ile beraber hareket etmektedirler. Kavşağa ait devre süreleri ve ışık süreleri Çizelge 2 ve Çizelge 3'de ayrıntılı olarak verilmektedir.

Bu çalışmada; öncelikle kavşaklar izole ele alınarak, Şekil 3'de görülen mevcut faz düzenleri değiştirilmeden kavşaklara ait süreler optimize edilmiştir. En iyileme tekniğinden sonra kavşaktaki devre süresinin, faz 1 ve faz 2'ye ait yeşil sürelerin yaklaşık yarı yarıya azaldığı Çizelge 3'den görülmektedir. Kavşaktaki ilerleme kalitesinin ise mevcut duruma göre bir alt seviyeye olan rasgele varış tipine düştüğü görülmektedir. Ancak R_p oranlarının birbirine ve sınır değerine çok yakın olduğu da göz önüne alındığında ilerleme kalitesinde belirgin bir değişikliğin olmadığını söylemek mümkündür.



Şekil 3. Kavşaklara ait faz düzeni.

İki kavşak arası mesafenin 800 m olmasından dolayı eşgüdümün daha iyi sonuçlar vereceği düşünülerek, üçüncü bir durum olarak, kavşak faz düzenleri değiştirilmeden benzetim programı yardımıyla ana yol üzerinde bulunan iki kavşak eşgüdümlü çalıştırılmıştır. İşlem sonrasında Üniversite Kavşağına ait devre süresinde mevcut duruma göre 6 sn.'lik bir artış olduğu ve bu artışında faz 2 lehine gerçekleştiği Çizelge 2 ve Çizelge 3' den anlaşılmaktadır. İlerleme kalitesi değerlerine Çizelge 2 'den bakıldığında, Elverişli sınırının alt değerlerinde yer alan mevcut kavşak kümelenme oranının artarak Aşırı Elverişli kalite seviyesine yükseltildiği görülmektedir.

Çizelge 2. Kavşaklara ait devre süreleri, ilerleme kaliteleri ve R_p değerleri.

	Devre Süresi			İlerleme Kalitesi ve (R_p) Değerleri		
	Mevcu t	Optm.	Koord.	Mevcut	Optm.	Koord.
Üniversite Kavşağı	64	40	70	Elverişli (1,18)	Rasgele Varışlar (1,02)	Aşırı Elverişli (1,73)
Yeni Sanayi Kavşağı	78	60	70	Rasgele Varışlar (0,962)	Rasgele Varışlar (0,967)	Elverişli (1,17)

3.1.2. Yeni Sanayi Kavşağı:

Kavşak Şekil 3'de görüldüğü üzere 3 faz ile çalışmaktadır. Sistem faz 1'de nispeten yoğun trafiğin yaşandığı doğu-batı istikametine, daha sonra kuzey-güney istikametine yol vermektedir. Son olarak da Yeni Sanayi bölgesine dönecek olan taşıtlara üçüncü bir faz ile sola dönüş şeridinde yeşil yaktmaktadır.

Üniversite kavşağı için uygulanan çözümleme yöntemi, Yeni Sanayi Kavşağı için de uygulanarak öncelikle kavşaklar benzetim programında optimize edilmiştir. Program, diğer kavşakta da olduğu gibi devre süresini azaltmış ve 78 sn olan devre süresini 60 sn. ye indirmiştir. Yeşil sürelerdeki azalmalar, Çizelge 3'de görüleceği gibi özellikle faz 1 ve faz 3 için gerçekleşmiştir. İşlem sonrasında R_p değeri iyileşme gösterse de, ilerleme kalitesinin rasgele varışlardan üst seviyelere çıkmasını sağlayamamıştır.

İki kavşak tek bir sistem olarak düşünülerek eşgüdümün sağlanması ile Üniversite ve Yeni Sanayi Kavşaklarındaki faz 1'e ait yeşil ışık süreleri mevcut duruma göre 1'er saniye azalırken, Üniversite Kavşağında faz 2'ye ait yeşil ışık süresi 7 sn artmıştır. Ayrıca faz 3'ün sahip olduğu mevcut durumdaki 18 sn' lik yeşil süre, 6 sn azaltılarak kavşakların devre süreleri Tablo 3'den görüleceği üzere 70 sn olarak bulunmuştur. Eşgüdümün sağlanması ile R_p değerinin ve dolayısıyla ilerleme kalitesinin de artarak Elverişli duruma erişmiştir.

Çizelge 3. Kavşaklara ait fazların farklı durumlar için ışık süreleri.

		Faz 1			Faz 2			Faz 3		
		Mev.	Optm.	Koord.	Mev.	Optm.	Koord.	Mev.	Optm.	Koord.
Üniversite Kavşağı	Yeşil	35	18	34	22	15	29	~	~	~
	Sarı	3	3	3	2	2	2	~	~	~
	Her Yöne Kırımızı	1	1	1	1	1	1	~	~	~
Yeni Sanayi Kavşağı	Yeşil	30	23	29	19	18	18	18	8	12
	Sarı	3	3	3	2	2	2	3	3	3
	Her Yöne Kırımızı	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3.2. Sistem Performansının Değerlendirilmesi:

Kavşakların mevcut durumları ile birlikte optimize ve eşgüdümlü olarak çalıştırılmış durumları için elde edilen değerler farklı değerlendirme ölçütleri altında birbirleri ile karşılaştırılmış ve karşılaştırma sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Sistemin mevcut durumuna göre, optimize ve eşgüdümlü olarak çalıştırılmış durumlarından sonra R_p değerinde ve buna bağlı olan ilerleme kalitelerini gösteren sınıflamalarda değişiklikler meydana gelmiştir.

En iyileme tekniği işleminin ardından, Çizelge 2'de Üniversite Kavşağı'nda ilerleme kalitesinin düştüğü, diğer kavşakta ise değişmediği görülmüştür. Tüm sistem için mevcut duruma göre gecikmelerin 3 sn, ortalama hızların ise 2 km/saat' lik iyileşmeler gösterdiği görülmektedir. Diğer taraftan ortalama duruş sayısının 0,91 duruş/toplam araç değerine yükseldiği, emisyon değerlerinde de bir artışın olduğu Çizelge 4' den anlaşılmaktadır. Yakıt tüketimi değerinin eşit olması ise gecikmelerden dolayı oluşan yakıt tüketimindeki azalma ile duruş sayısındaki artışın neden olduğu yakıt tüketimindeki artışın birbirlerini dengelediği düşünülmektedir. Güvenliğin önemli bir performans ölçütü olduğu düşünüldüğünde; sarı ışık yandığında kavşağa giren ve durmak veya devam etmek kararı arasında kalan ikilem bölgesindeki araç sayısının Çizelge 4'den görüleceği üzere % 50 kadar artmış olması trafik güvenliği açısından bir tehlike oluşturmaktadır.

Son olarak, kavşakların birbirleri ile eşgüdümlü olarak çalıştırılması sonucu ele alınan değerlendirme ölçütlerinin tümünün mevcut durumdan elde edilen ölçütlerine göre daha iyi olduğu görülmektedir. Çizelge 2'de ki ilerleme kalitelerinin her iki kavşak için artması sonucunda, araç başına düşen gecikme değeri, 4 sn kadar azalmış, ortalama hızlar artmıştır. Hem gecikme değerinin, hem de duruş sayısının sırasıyla %12,6'lık ve % 12,5'lik iyileşmeler sonucunda yakıt tüketimi de %12,6 oranında azalmıştır. Yakıt tüketiminin ve araç başına düşen gecikme değerinin azalması ile birlikte, emisyon değerlerinde de azalma olmuştur. İkilem bölgesinde kalan araç sayısının mevcut duruma göre % 21 oranında azalması trafik güvenliği açısından bir iyileşmenin sağlandığını göstermektedir.

Çizelge 4. Üniversite ve Yeni Sanayi Kavşaklarının 3 ayrı duruma göre değerleri

	Mevcut Durum	Optimize Edilmiş Durum	Koordine Edilmiş Durum
Araç başına düşen ortalama gecikme (sn/araç)	33,9	29,8	29,6
Ortalama Hızlar (km/st)	35	37	37
Araç başına düşen ortalama duruş sayısı (duruş/toplam araç)	0,89	0,91	0,78
Toplam Yakıt Tüketimi (lt)	202,7	202,7	177,2
İkilem bölgesinde kalan araç sayısı	213	309	168
Emisyon CO (kg)	64,89	66,7	59,01
Nox (kg)	7,60	7,76	6,86

4. SONUÇLAR

Bu bildiri, birbirine yakın sinyalizasyon kavşaklarındaki sinyal düzenlemelerinin araç gelişleri üzerindeki etkisini ortaya koymak amacı ile yapılan küçük ölçekli örnek bir uygulamayı ve elde edilen sonuçlarını içermektedir. Çalışmada, Kırıkkale ilindeki bir anayol üzerinde yer alan birbirine yakın iki sinyalizasyon kavşak göz önüne alınmış, bilgisayar ortamında Synchro benzetim programı yardımıyla modellenerek mevcut, optimize edilmiş ve eşgüdümlü olarak çalıştırılması durumlarında performansları karşılaştırılmıştır.

Mevcut durumda ki sistemin optimize edilmesiyle araç başına düşen ortalama gecikme değerlerinde bir azalma olurken ortalama hızlarda da bir artış meydana gelmiştir. Öte yandan, duruş sayısındaki ve ikilem bölgesinde bulunan araç sayılarında bir artış söz konusu olup, bu artışın güvenlik problemine yol açabileceği düşünülmektedir.

Birbirine 800 m' den daha yakın kavşakların bağımsız çalıştırılmasından ziyade eşgüdümlü olarak çalıştırılmasının performans açısından daha iyi sonuçlar verdiği bu çalışmada da ortaya konulmuştur. Sistemin eşgüdümlü olarak çalıştırılmaya başlamasından sonra, ilerleme kaliteleri ve araç ortalama hızları artmış, duruş sayısı ve toplam yakıt tüketimi azalmış buna bağlı olarak da emisyon miktarı düşmüştür. Mevcut duruma göre kavşakların eşgüdümlü olarak çalıştırılması ile trafik güvenliği ile doğrudan etkili olan ikilem bölgesindeki araç sayılarında belirgin bir azalma olmuştur.

Sonuçların etkinliğinin belirlenmesinde istatistikî testlerin kullanılmasının yararlı olduğu bilinmektedir. Ancak testlerin uygulanması için gereken bazı değerlerin benzetim programı tarafından çıktı olarak elde edilememesinden dolayı bu testlerin yapılması mümkün olmamıştır. Sistemin eşgüdümlü olarak çalıştırılması durumunda, performans ölçütlerinde ki iyileşmelere rağmen bu iyileşmelerin istatistikî olarak anlamlı olup olmadığı bu nedenle belirlenememiştir.

Sinyal düzenlemelerinin kavşak performansları üzerindeki etkisinin daha belirgin bir şekilde ortaya konması için 8–10 kavşaktan meydana gelen ve yaklaşık uzunluğu 10 km'yi bulan bir ana yolun seçilmesi daha uygun olacaktır. Ancak daha önceden de belirtildiği gibi bu çalışma basit bir örnek uygulama olup, sadece iki kavşağın göz önüne alınmasında dahi sinyal düzenlemelerindeki değişikliklerin kavşak performanslarındaki etkilerinin uygulamalara gösterilmesi açısından önemlidir.

Benzetim programları gerçek hayatta ki trafiğin rasgeleliğini tamamen yansıtmasa da veya kullanılan programlara bağlı olarak tahminleri arasında bazı farklılıklar olsa da çeşitli senaryoların kolay, ucuz ve hızlı olarak denenmesine olanak verdiği için dolayı trafik mühendisleri tarafından sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Fakat sistemin gerçek başarımını ancak arazi çalışmaları ile yerinde gözlemler sonucunda elde edilebileceği de unutulmamalıdır. Günümüzde akıllı ulaşım sistemlerin yaygınlaşması ile sinyalizasyon alanında yapılan yapay zekâ çalışmalarında da artış olmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanması ile klasik hesap yöntemlerinden elde edilen performans değerlerinden daha iyi sonuçlar elde edilebilir. İleri çalışmalarda bu sistemlerin arazi üzerinde uygulanması ile trafik güvenliği ve işletiminde daha başarılı sonuçlara ulaşılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] G. Ergün, 2011, “Trafik Sıkışıklığının Kentlerdeki Enerji Tüketimi ve Hava Kirliliğine Olan Etkileri: İstanbul Örneği” 2. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı, İstanbul, Türkiye
- [2] M.Ö. Ayfer, 1977, “Trafik Sinyalizasyonu” Bayındırlık Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No: 226
- [3] R.P. Roess, W.R. McShane, E. S. Prassas 1998 “Traffic Engineering” Prentice Hall New Jersey
- [4] TRB, 2000, Highway Capacity Manual, Special Report 209, Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C.
- [5] J. A Hillier, R. Rothery 1967, The Synchronization of Traffic Signals for Minimum Delays. Transportation Science, 1(2), pp. 81-94.
- [6] D. Lin, L. Kinney, K. Kumar, 1977, Platoon Modeling for Traffic Control Proceedings of 16th IEEE Conference, Louisiana, pp 998-1003.
- [7] May, A.D.,1965, Gap Availability Studies. Highway Research Record 72. HRB, National Research Council, Washington, D.C. 101-136.
- [8] G. M. Pacey, 1956, The Progress of a Bunch of Vehicles Released from a Traffic Signal. Research Note No. Rn/2665/GMP. Road Research Laboratory, London
- [9] D.I. Robertson, 1969, TRANSYT: A Traffic Network Study Tool. Road Research Laboratory Report LR 253. Road Research Laboratory, Crowthorne, United Kingdom
- [10] B. Gong, Z. Yang, C Lin, 2009, Platoon Dispersion Prediction Based on Transformation Kernel Estimate, 2009 Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation
- [11] N. Geroliminis, A. Skabardonis, 2005, Prediction of Arrival Profiles and Queue Lengths Along Signalized Arterials by Using a Markov Decision Process, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1934, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 116–124.
- [12] İ. Altun, 2003, Sinyalize Kavşaklarda Trafik Akım Etkileşimleri Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [13] Synchro Studio 7 User Guide, Synchro, 2006 Trafficware

PEKİŞTİRMELİ ÖĞRENME YÖNTEMİ İLE AYRIK SİNYALİZE KAVŞAK ENİYİLENMESİ

Cenk OZAN, Özgür BAŞKAN, Halim CEYLAN, Soner HALDENBİLEN

Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Ulaştırma Anabilim Dalı, 20070 Denizli
cozan@pau.edu.tr, obaskan@pau.edu.tr, halimc@pau.edu.tr, shaldenbilen@pau.edu.tr

ÖZET

Artan ulaşım talebi sonucu kentiçi ulaşım ağlarındaki kavşaklarda meydana gelen tıkanıklık ve gecikmeleri azaltmanın etkin yollarından birisi kavşakların sinyalizasyon sistemleri ile en uygun bir şekilde kontrol edilmesidir. Sinyalizasyon sistemleri kontrol ettikleri kavşakların durumuna göre hem ayırık hem de eşgüdümlü sistemler olarak işletilebilmektedir. Sinyal tasarım parametreleri genellikle bir kavşaktaki toplam gecikmeyi en küçükleyecek şekilde elde edilmektedir. Gecikme, bir kavşağın hizmet seviyesini belirleyen anahtar bir değişken olup üniform ve üniform olmayan olmak üzere iki bileşen ile tanımlanmaktadır. Üniform gecikme, temel olarak klasik gecikme bağıntıları ile belirlenmektedir. Buna karşın, üniform olmayan gecikme bileşeni, problemin doğası ve kavşağa gelen trafik talebinin rastgeleliğinden dolayı kolayca belirlenmemektedir. Gecikmenin enküçüklenmesi veya kapasitenin enbüyüklenmesine bağlı olarak en uygun sinyal parametrelerinin elde edilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Ancak, trafik kontrol sisteminin karmaşıklığı ve matematiksel olarak çözümünün zor olmasından dolayı yeni yöntemlerin araştırılarak uygulanmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu amaçla, çalışmada; trafik kontrol alanında yeni uygulama alanı bulan Pekıştirmeli Öğrenme (PÖ) tekniğı seçilerek **PÖ Sinyal Kontrol Algoritması (PÖSKA)** geliştirilmiştir. Pekıştirmeli Öğrenme (PÖ), karar vericinin çevre ile etkileşimini dikkate alarak en uygun sonuca ulaşılmasına olanak sağlayan yapay zeka yöntemlerinden birisidir. PÖSKA modeli dört kollu ve üç fazlı örnek bir kavşak üzerine uygulanmış ve sonuçlar gözlem sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Örnek uygulama sonucunda PÖSKA ile ayırık sinyalizasyon kavşaklarda en uygun sinyal parametrelerinin elde edilebileceğı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Trafik sinyal eniyilenmesi, pekıştirmeli öğrenme, ayırık sinyalizasyon kavşak.

1. GİRİŞ

Kentiçi ulaşım ağlarında, sinyalizasyon sistemleri gecikmeleri azaltmak ve trafik güvenliğini artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda artan motorlu taşıt kullanımı nedeniyle kavşak kapasitesinden en iyi şekilde yararlanmak açısından kavşak sinyal parametrelerinin en uygun değerlerinin bulunması oldukça önemlidir. Kavşakları kontrol eden sinyalizasyon sistemleri kavşağın durumuna göre ayrıklı veya eşgüdümlü olarak işletilmektedir. Literatürde en uygun sinyal sürelerinin belirlenmesi için farklı yöntemler geliştirilmiş olmasına rağmen problemin karmaşıklığından dolayı günümüzde problemin çözümü ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Bu konudaki ilk çalışma, Webster [1] tarafından yapılmıştır. Günümüzde iletişim ve bilgi teknolojileri konusunda yaşanan gelişmeler sinyal parametrelerinin eniyilenmesi için klasik yöntemlerden farklı olarak yapay zeka yöntemlerinin kullanılmasına da olanak sağlamaktadır. Robertson [2] tarafından geliştirilen TRANSYT yazılımı günümüzde hala güncelliğini korumaktadır. Ayrıca gerçek zamanlı trafik hacim verilerini kullanan talebe duyarlı programlarda geliştirilmiştir [3].

Trafik tıkanıklığı kentsel alanlardaki ve özellikle büyük kentlerdeki temel problemlerden biridir. Trafik mühendisleri ve araştırmacılar trafik problemlerini çözmek amacıyla özellikle kavşaklarda meydana gelen taşıt gecikmelerini azaltmaya çalışmaktadırlar. Kentiçi ulaşım ağlarındaki toplam seyahat süresinin en büyük kısmını kavşaklardaki gecikmeler oluşturmaktadır. Bu yüzden, kavşaklardaki sinyal parametrelerinin eniyilenmesi, ulaşım ağının performansını önemli şekilde etkilemektedir. Ayrıca ortalama taşıt gecikmesi, sinyalizasyon kavşak tasarımı ve hizmet seviyesinin belirlenmesi için anahtar parametrelerden birisidir. Taşıt gecikmesi, üniform ve üniform olmayan olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Üniform gecikme sinyal süreleri ve trafik hacimlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Diğer yandan, üniform olmayan gecikme, taşıt kuyrukları ve rastgele varışlar dikkate alınarak tespit edilmektedir. Üniform gecikme kolay şekilde ele edilebilirken, üniform olmayan gecikmenin belirlenmesi özellikle doymuş üstü durumlarda araştırmacılar için problem oluşturmaktadır. Bu çalışmada, ayrıklı sinyalizasyon bir kavşaktaki sinyal sürelerini eniyilemek için geliştirilen Pekiştirmeli Öğrenme Sinyal Kontrol Algoritması (PÖSKA) kullanılmıştır. İkinci bölümde, gecikme ile ilgili bağıntılardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde pekiştirmeli öğrenme metodunun genel yapısı verilmiştir. Önerilen modellerin sayısal uygulaması dördüncü bölümde ele alınmıştır. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

2. SİNYALİZE KAVŞAKLARDA GECİKME

Sinyalizasyon kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmeleri üniform ve üniform olmayan gecikme olarak ikiye ayrılmaktadır. Üniform gecikme sinyal parametreleri ve trafik hacmine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Ancak üniform olmayan gecikmelerin hesaplanmasında kuyruk oluşumu ve araçların kavşaklara rastgele varışları göz önünde bulundurulmalıdır [4].

Sinyalizasyon kavşaklardaki taşıt gecikmesi, durma, hızlanma ve yavaşlama gecikmesi olarak tanımlanmaktadır. Durma gecikmesi, sinyalizasyon kavşaktaki kırmızı veya yeşil sürede taşıtın durarak harcadığı zamanı içermektedir. Hızlanma gecikmesi, sinyallerin yeşile dönmelerinden sonra hızlanmak için gereken süre olarak tanımlanabilmektedir. Yavaşlama gecikmesi ise taşıtların sinyalizasyon bir kavşağa yaklaşırken yavaşlaması sırasında

kaybettikleri zamandır. Sinyalize trafik kontrol sistemlerinin tasarımında ve değerlendirilmesinde, toplam gecikme oldukça yaygın olarak kullanılan bir parametredir.

Webster [1] ve Webster ve Cobbe [5] taşıt gecikmelerini ilk modelleyen çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmalarda doyumluk derecesine bağılı olarak gecikme hesapları yapılmıştır. Ayrıca kritik doyumluk derecesi için gecikmenin sonsuza gitme eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Kimber ve Daly [6] gecikme hesabında kuyruk uzunluğunun etkisini dikkate almış ve zamana bağılı kuyruk modeli geliştirmiştir. Akçelik [7] yolların kapasitesi el kitabının (HCM-1985 [8]) gecikme bağıntısını ele almış ve bu bağıntıda kalibrasyon önermiştir. Kalibre ettiği gecikme bağıntısını Avustralya, Kanada yöntemleri ve TRANSYT programı ile karşılaştırmış ve doyum altı ve doyum trafik koşulları için benzer sonuçlar elde etmiştir. Prevedouros ve Koga [9] HCM gecikme bağıntısı ile ilgilenmiş ve 1985 ile 1994 versiyonlarını karşılaştırmıştır. Yenilenen gecikme bağıntısının gerçeğe yakın değerler verdiğini belirlenmiştir. Powell [10] HCM-1997 gecikme bağıntısını iyileştirmek amacıyla yavaşlama ve hızlanma gecikmelerini temsil eden bazı düzeltme faktörleri önermiştir. Çalışma sonucunda, başarılı sonuçlar elde edilmiş ve ağır taşıt etkisi, arazi koşullarındaki değişimler gibi bir dizi faktörün de gelecek çalışmalarda dikkate alınması gerektiği önerilmiştir. Ozan ve diğerleri [11] ayrı sinyalize kavşaklardaki sinyal parametrelerinin eniyilenmesi için pekiştirmeli öğrenme metodu tabanlı RLSD modelini kullanmışlardır. Webster tarafından geliştirilen gecikme bağıntısı modelde amaç fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Geliştirilen modelin doyum altı ve üstü durumlar için gecikme hesabında başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca Murat ve Başkan [12] tarafından sinyalize kavşaklardaki ortalama taşıt gecikmeleri yapay sinir ağı metodu ile hesaplanmıştır. Doyum üstü akım koşullarında geliştirilen modelin analitik bağıntılara göre daha iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur. Ceylan ve diğerleri [13] sinyalize kavşaklardaki gecikme bileşenlerini yaklaşık hesaplama yöntemi ile belirlemişlerdir.

Ayrı sinyalize kavşak parametrelerinin eniyilenmesi amacıyla birçok çalışma literatürde mevcuttur. Çalışmalar özellikle doyum üstü durumda gecikme değerlerinin gerçeğe en yakın şekilde belirlenebilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu nedenle çalışmada ayrı kavşak sinyal parametrelerinin eniyilenmesi amacıyla doyum ve doyum üstü durumlarda çalışabilen PÖSKA dinamik modeli geliştirilmiştir. Akçelik [7] tarafından geliştirilen gecikme bağıntısı amaç fonksiyonu olarak kullanılmış ayrıca sonuçlar gözlem sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2.1 Akçelik Yöntemi

Akçelik [7] tarafından önerilen yönteme göre bir akımdaki araçların ortalama gecikmesini bulabilmek için öncelikle bu akımın oluşturduğu kuyruk uzunluğunun hesaplanması gerekmektedir. Kuyruk uzunluğu değeri Denklem (1) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$N_0 = \frac{QT_f}{4} \left\{ z + \sqrt{z^2 + \frac{12(x + x_0)}{QT_f}} \right\} \quad (1)$$

Burada, N_0 ; taşıt cinsinden ortalama kuyruk uzunluğu (birden fazla şerit varsa, tüm şeritlerdeki taşıt sayısı toplamı), Q ; ta/sa cinsinden kapasite, T_f ; akım süresi, QT_f ; T_f süresi boyunca geçebilecek maksimum taşıt sayısı, x ; doyumluk derecesi ($x=q/Q$), $Z = x-1$, x_0 ; kuyruğun yaklaşık olarak sıfır olduğu en büyük doyumluk derecesidir ve Denklem (2) yardımıyla hesaplanmaktadır. Eğer $x_0 > x$ ise N_0 değeri sıfır olmaktadır.

$$x_0 = 0.67 + \frac{sg}{600} \quad (2)$$

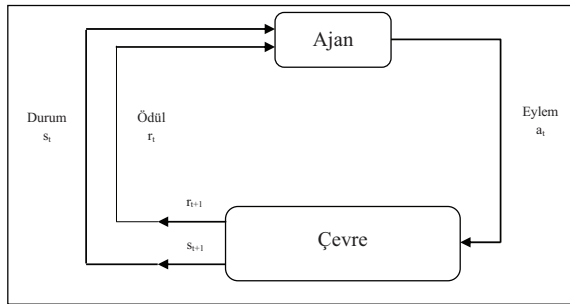
Burada, s ; ta/sn cinsinden doymun akımı, g ; sn cinsinden etkin yeşil süreyi ifade etmektedir. Toplam gecikme değeri ise Denklem (3) ile hesaplanmaktadır.

$$D = \frac{qc(1-u)^2}{2(1-y)} + N_0x \quad (3)$$

Bu denklemde, D ; toplam gecikme, qc ; her devrede gelen ortalama taşıt sayısı, q ; ta/sn cinsinden akım, c ; sn cinsinden devre süresi, u ; yeşil süre oranı ($u=g/c$), y ; akım oranı ($y=q/s$) olarak verilmiştir.

3. PEKİŞTİRMELİ ÖĞRENME

Pekiştirmeli Öğrenme (PÖ), temel olarak belirli bir amaca erişmek için çevre ile etkileşim sonucunda öğrenme anlamına gelmektedir. PÖ’de karar verici ajan olarak adlandırılmakta ve ajan çevresi ile etkileşim içinde olmaktadır. Bu etkileşim, ajana çevreyi algılamasını sağlamak ve bu algılamaya bağlı olarak ajanın çevre içinde uygulayacağı eylemi seçmesi gerekmektedir. Uygulanan eylem çevreyi değiştirebilmektedir ve bu değişim ajana sayısal bir sinyal aracılığıyla iletilmektedir. Çevrede ise yapılan eyleme karşı sayısal değerlerden oluşan ödüller açığa çıkmakta ve ajan zamanla bu ödülleri en büyükmeye çalışmaktadır. Ajan ve çevre ardışık zaman adımlarında, $t = (0,1,2,3,...)$, birbiriyle etkileşmektedir. Her bir t zaman adımında, ajan çevrenin muhtemel durum kümesinden, S , çevrenin durumu, $s_t \in S$, hakkında belirli bilgiler almakta ve s_t durumundaki muhtemel eylemler kümesinden, $A(s_t)$, bir eylem, $a_t \in A(s_t)$, seçmektedir. Sonrasında, ajan çevreden sayısal bir ödül, $r_{t+1} \in R$, almakta ve kendini çevrenin yeni bir durumunda, s_{t+1} , konumlandırmaktadır. Şekil 1’de ajan-çevre etkileşimi görülmektedir [15].



Şekil 1. Pekiştirmeli öğrenmede ajan-çevre etkileşimi

Q-öğrenme algoritması, pekiştirmeli öğrenme yöntemleri içinde modele ihtiyaç duymayan bir yaklaşım olup bu algoritmada çevrenin nasıl çalıştığı hakkında ajana herhangi bir bilgi verilmemektedir. Bunun yerine ajan eylemleri deneyerek en iyi ödülü veren eylemi seçmektedir. Q-öğrenme algoritması, durum-eylem değerlerinin tahmini ile çalışmaktadır.

Q değerleri olarak adlandırılan bu değerler verilen bir durum-eylem çifti için sayısal tahminlerdir [16]. Q -öğrenme algoritması, pekiştirmeli öğrenme literatüründe önemli bir yer tutmaktadır. Algoritmada, Q tablosu olarak adlandırılan tablonun elemanları her durum değişiminde güncellenmektedir [15]. Bu tabloda her bir durum, s , ve eylem, a , çifti için bir Q değeri, $Q(s,a)$, bulunmaktadır. Ajan, çevrenin bir durumdan, s_t , başka bir duruma geçişinde, s_{t+1} , yapılan eylemin, a_t , ardından ödül, r_{t+1} , almaktadır. Q değerleri Denklem (4) ile tanımlanmaktadır.

$$Q(s,a) = r(s,a) + \gamma \times Q^*(s',a') \quad (4)$$

Burada, $Q(s,a)$, durum eylem çifti (s,a) için Q değeridir. $Q^*(s',a')$, s durumunda a eylemi tamamlanmasının ardından gelen s' durumunda seçilen a' eyleminin seçimi ile elde edilebilen en iyi Q değeridir. $r(s,a)$, s durumunda a eylemi tamamlandığında alınan ödül değeridir. γ , gelecekteki ödüllere atanan ağırlığı temsil eden azaltma faktörüdür [17]. Öğrenme süreci, bir kaç öğrenme evresinden meydana gelmektedir. Her öğrenme evresi rasgele bir s durumunda başlamakta, ajan bir a eylemi seçip tamamlamakta, ödülü almakta ve yeni durumu gözlemlemektedir. Buna bağlı olarak, ajan Q değerlerini bu durum-eylem çiftine göre Denklem (5)'de verilen bağıntıyı kullanarak güncellemektedir.

$$Q_t(s,a) = (1-\alpha) \times Q_{t-1}(s,a) + \alpha \times [r(s,a) + \gamma \times \max_{a'} Q_{t-1}(s',a')] \quad (5)$$

Burada, $Q_t(s,a)$ güncellenmiş Q değeri, $Q_{t-1}(s,a)$ Q tablosunda önceden kaydedilmiş güncellenmesi gereken Q değeri ve α algoritmanın öğrenme oranı olup önceden kaydedilen $Q_{t-1}(s,a)$ değeri ile karşılaştırmak için yeni hesaplanan Q değerine atanan ağırlığı tanımlamaktadır ve γ azaltma faktörüdür [18].

3.1 Pekiştirmeli Öğrenme Sinyal Kontrol Algoritması

Ayrık kavşak sinyal tasarım parametrelerinin eniyilenmesi amacıyla geliştirilen PÖSKA'nın matematiksel yapısı Denklem (6)'da verilen matriste gösterilmiştir.

$$\begin{bmatrix} Q_{11}(s_t, a_t), Q_{12}(s_t, a_t), \dots, Q_{1n}(s_t, a_t) \\ Q_{21}(s_t, a_t), Q_{22}(s_t, a_t), \dots, Q_{2n}(s_t, a_t) \\ \dots \\ Q_{m1}(s_t, a_t), Q_{m2}(s_t, a_t), \dots, Q_{mn}(s_t, a_t) \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} f_1(Q_{11}(s_t, a_t)) \\ f_2(Q_{21}(s_t, a_t)) \\ \dots \\ f_m(Q_{m1}(s_t, a_t)) \end{bmatrix} \quad (6)$$

Burada, m çevrenin boyutunu, n karar değişkenlerinin sayısını ve t öğrenme evresinin sayısını ifade etmektedir. Denklem (6)'da verilen matrisin her bir elemanı o öğrenme evresinde çevre içindeki her bir duruma karşılık gelen eylemi temsil eden karar

değişkenlerini ifade etmektedir. Ayrıca PÖSKA'nın çözüm algoritması Şekil 2'de gösterilmektedir.

PÖSKA'da ödül fonksiyonunun değeri, $r_t(s,a)$, s durumunda yapılan a eyleminin amaç fonksiyonunu nasıl etkilediğini belirlemektedir. Bu amaçla geliştirilen ödül fonksiyonu Denklem (7)'de verilmektedir.

```

t=0.  $\alpha, \gamma$  parametrelerini belirle
While  $t \leq t_{max}$  do ( $t_{max}$ =maksimum öğrenme evresi sayısı)
  Başlangıç  $Q(s,a)$  değerlerini oluştur
  Her  $Q(s,a)$  değeri için amaç fonksiyonunun değerini hesapla
  En iyi  $Q_{t-1}^{best}(s,a)$  sakla
  En iyi  $Q_t^{best}(s,a)$  bul
  Ödül değerini  $r_t(s,a)$  Denklem (7)'yi kullanarak hesapla
   $Q_t(s,a)$  değerlerini Denklem (5)'u kullanarak güncelle
t=t+1
End while

```

Şekil 2. PÖSKA çözüm algoritması

$$r_t(s,a) = \frac{Q_t^{best}(s,a) - Q_t(s,a)}{Q_t(s,a)} \quad (7)$$

Burada, $r_t(s,a)$ ödül fonksiyonu, $Q_t(s,a)$ t 'nci öğrenme evresinde çevre içindeki herhangi bir duruma karşılık gelen eylemi temsil eden karar değişkeninin Q değeri ve $Q_t^{best}(s,a)$ t 'nci öğrenme evresinde çevre içinde elde edilen en iyi Q değeridir. PÖSKA'da ödül fonksiyonu, en iyi Q değeri ile öğrenme evresindeki Q değeri arasındaki farkın Q değerine bölümüdür. PÖSKA'da ödül değerleri, ödül fonksiyonunun yapısından dolayı "0" değerine yaklaşmaktadır. Öğrenme evrelerinin sonunda, amaç fonksiyonunun en uygun veya en uyguna yakın bir değeri elde edildiğinde, tüm ödül değerleri "0" değerine yaklaşmaktadır. PÖSKA'da toplam ödül değerinin, amaç fonksiyonunun en uygun veya en uyguna yakın bir değere ulaşması için enküçüklenmesi gerekmektedir.

4. SAYISAL UYGULAMA

Çalışmada PÖSKA dört kollu ve üç fazlı örnek bir kavşağa uygulanmıştır. Karar değişkeni sayısı (n), üç adet faz yeşil süresi ve bir adet devre süresi olmak üzere 4'dür. Çevre boyutu (m) 20 olarak seçilmiştir. PÖSKA'nın genel yapısı Şekil 3'de verilmektedir. Örnek ayrık sinyalizasyon kavşak ve faz düzeni Şekil 4'de görülmektedir. Örnek kavşağa ait iki farklı durum için trafik akımları Çizelge 1'de verilmektedir. Doygun akım oranları her şeritte eşit olarak 1800 ta/sa alınmıştır. Kavşaktaki devre süresi kısıtını sağlamak için yeşil süreler tüm fazlara Denklem (8)'de verilen bağıntıya göre dağıtılmaktadır [19].

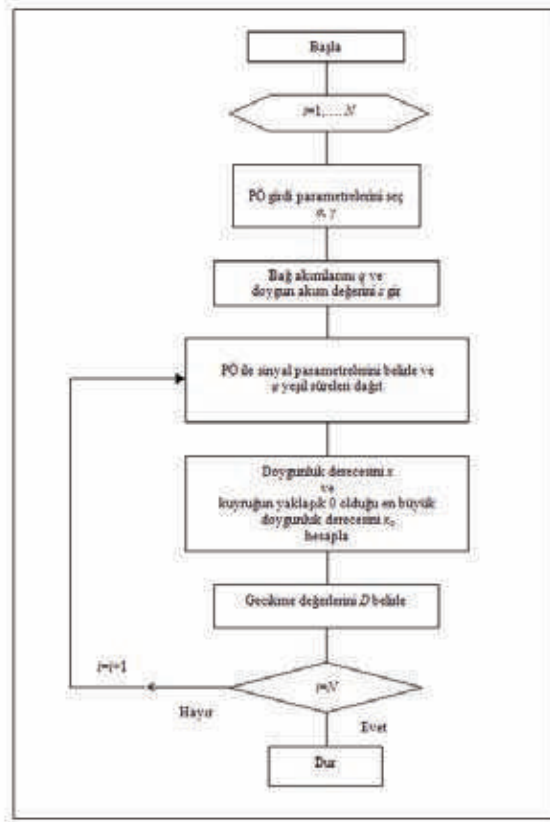
$$\varphi_i = \varphi_{\min,i} + \frac{\varphi_i}{\sum_{k=1}^m \varphi_i} \left(C_i - \sum_{k=1}^m I_k - \sum_{k=1}^m \varphi_{\min,k} \right) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

Burada, φ_i ; sn cinsinden yeşil süre, $\varphi_{\min}$; sn cinsinden en küçük yeşil süre, m ; faz sayısı ve I ; sn cinsinden fazlar arasındaki yeşillerarası süredir. PÖSKA'da Akçelik [7] tarafından önerilen gecikme bağıntısı kullanılmıştır. Amaç fonksiyonu ve kısıtlar Denklem (9)'da verilmektedir.

$$\begin{aligned} & \underset{\psi \in \Omega_0}{\text{Min}} D(\psi, q) \\ \psi = (C, \varphi) \in \Omega; & \left\{ \begin{array}{ll} C_{\min} \leq C \leq C_{\max} & \text{kavşak için devre süresi kısıtı} \\ \varphi_{\min} \leq \varphi \leq C & \text{her faz için yeşil süre kısıtı} \end{array} \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

Burada, D ; kavşak için ortalama gecikme değerini, q ; ta/sa cinsinden kavşağın her yaklaşımındaki trafik akımını, ψ ; sinyal tasarım parametrelerini, C ; sn cinsinden kavşak için devre süresini, φ ; sn cinsinden her faz için yeşil süreyi göstermektedir. Sinyal süreleri ilgili kısıtlar aşağıda verilmektedir.

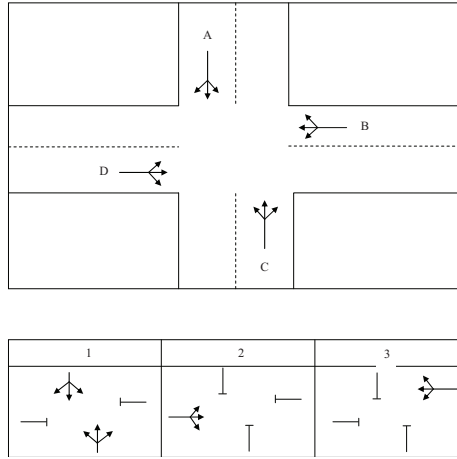
$$\begin{aligned} C_{\min}, C_{\max} &= 40, 120 \text{ sn} && \text{kavşak için devre süresi sınırları} \\ \varphi_{\min} &= 7 \text{ sn} && \text{her faz için en küçük yeşil süre} \end{aligned}$$



Şekil 3. PÖSKA akış şeması

Çizelge 1. Örnek kavşak için trafik akımları

Yaklaşım	Trafik hacimleri (ta/sa)	
	1. durum	2. durum
A	200	90
B	400	750
C	250	100
D	350	550



Şekil 4. Örnek kavşak

Örnek kavşaktaki iki farklı durum için gecikmeler PÖSKA modeli ile elde edilmiş ve sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. PÖSKA uygulaması

Durum	Faz	En uygun devre süresi (sn)	Yeşil süre (sn)	Trafik hacmi (ta/sa)	Doygunluk derecesi (x)	Ortalama gecikme (sn/ta)	
1	1	63	15	250	0.61	21.23	158.4
	2		17	350	0.77	70.05	
	3		19	400	0.88	67.11	
2	1	120	15	100	0.29	48.64	324.98
	2		42	550	1.01	113.39	
	3		51	750	1.08	162.95	

Örnek kavşakta 1. durum için verilen trafik hacim değerlerine göre PÖSKA modeli kullanılarak sinyal parametreleri belirlenmiştir. Çizelge 2’den görüldüğü gibi, bu durum için doyumluk derecesi her faz için kritik değer olan 1’den küçüktür. PÖSKA modeli ile her fazın gecikme değerleri sırasıyla 21.23, 70.05 ve 67.11 sn olarak bulunmuştur. 2. duruma bakıldığında ikinci ve üçüncü fazın trafik hacimleri daha yüksek olduğundan bu fazların doyumluk dereceleri 1’den büyüktür. Bu durumda, PÖSKA modeli ile gecikme değeri 324.98 sn olarak bulunmuştur. Bu durum için yeşil süreler sırasıyla 15, 42 ve 51 sn olarak hesaplanmıştır.

Geliştirilen PÖSKA modelinin sonuçlarını gözlem değerleri ile karşılaştırmak için Denizli kentinde ayırık sinyalizasyon sistemi ile kontrol edilen Halley ve İtfaiye kavşakları incelenmiştir. Söz konusu kavşaklar için PÖSKA modeli ile elde edilen sonuçlar ayrıca Ozan ve diğerleri

[11] tarafından geliştirilen RLSO (Reinforcement Learning Signal Optimizer) modeli ile karşılaştırılmıştır. Her iki kavşak dört kollu ve üç fazlıdır. Bu kavşaklara ait trafik hacimleri, devre süreleri ve yeşil süreler Çizelge 3 ve 4’de verilmektedir [12].

Çizelge 3. Halley kavşağına ait hacim değerleri, devre ve yeşil süreleri

Faz	Trafik hacimleri (ta/sa)	Devre süresi (sn)	Yeşil süre (sn)
1	385	92	30
2	222		16
3	252		34

Çizelge 4. İtfaiye kavşağına ait hacim değerleri, devre ve yeşil süreleri

Faz	Trafik hacimleri (ta/sa)	Devre süresi (sn)	Yeşil süre (sn)
1	595	112	35
2	170		35
3	90		30

Halley ve İtfaiye kavşaklarındaki gecikme değerleri PÖSKA modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Çizelge 5’de PÖSKA, RLSO ve gözlem değerlerinin karşılaştırılması verilmektedir. Çizelgeden görülebileceği gibi, Ortalama gecikme değerleri karşılaştırıldığında, RLSO algoritmasının PÖSKA’ya göre daha düşük değer vermesi seçilen amaç fonksiyonundan kaynaklanmaktadır. Ancak, çalışmanın temel amacı farklı gecikme formülasyonları ile en uygun trafik kontrol parametrelerinin hesabı yapılırken PÖ algoritmasının uygulanmasını araştırmak olduğu için genel yaklaşımda bir sorun olmayacağı varsayılarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Çizelge 5. Halley ve İtfaiye kavşaklarındaki gecikme değerlerinin karşılaştırılması

Kavşak	Faz	En uy. dev. süresi (sn)		Yeşil süre (sn)		Trafik hacmi (ta/sa)	Doy. derecesi (x)	Ortalama gecikme (sn/ta)		
		RLSO	PÖSKA	RLSO	PÖSKA			Gözlem	RLSO	PÖSKA
Halley	1	40	43	9	10	222	0.55	168.48	67.30	125.81
	2			10	11	385	0.86			
	3			9	10	252	0.62			
İtfaiye	1	50	63	11	13	90	0.22	129.87	115.72	129.37
	2			16	24	595	1.03			
	3			11	14	170	0.42			

RLSO ve PÖSKA modelleri gözlem değerleri ile karşılaştırıldığında daha düşük devre süresi ve gecikme değerleri verdiği görülmektedir. Halley kavşağının devre süresi 92 sn iken RLSO ve PÖSKA modelleri ile en uygun devre süreleri sırasıyla 40 ve 43 sn olmaktadır. Aynı şekilde İtfaiye kavşağı için devre süresi arazide 112 sn olarak

belirlenmesine rağmen RLSO ve PÖSKA modelleri ile 50 ve 63 sn'lik değerler elde edilmektedir. Sonuç olarak, PÖSKA modelinin doygun altı ve üstü durumlar için ayrık sinyalize kavşaklardaki sinyal sürelerinin eniyilenmesi amacıyla kullanılabileceği belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ayrık sinyalize kavşaklardaki taşıt gecikmelerini enküçükleyen sinyal parametrelerinin belirlenmesi amacıyla PÖSKA modeli kullanılmıştır. Önerilen model, dört kollu ve üç fazlı örnek bir kavşak üzerinde uygulanmıştır. Daha sonra, PÖSKA modeli Denizli kentindeki Halley ve İtfaiye kavşaklarına uygulanmış ve sonuçlar gözlem sonuçları ve RLSO modeli ile karşılaştırılmıştır. PÖSKA modeli ile elde edilen sonuçlara göre önerilen modelin gözlem değerlerine göre daha düşük devre süreleri üretebildiği belirlenmiştir. Ayrıca PÖSKA modeli ile elde edilen en uygun devre sürelerinin ise RLSO modeli ile uyumlu olduğu görülmektedir. Sonuç olarak PÖSKA modelinin hem doygun altı durum hem de doygun üstü durumda gecikme değerlerinin enküçüklenmesini sağlayan dinamik bir model olduğu ve modelin ayrık sinyalize kavşaklardaki sinyal sürelerini eniyileyebildiği düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda PÖ metodunun alansal trafik kontrollü probleminin çözümündeki performansının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen BAP-2010FBE063 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Katkılarından dolayı Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] F. V. Webster, 1958, "Traffic Signal Settings", Road Research Technical Paper No. 39, HMSO, London.
- [2] D. I. Robertson, 1969, "TRANSYT method for area traffic control", Traffic Engineering and Control, 10, 276–81.
- [3] P. B. Hunt, D. I. Robertson, R. D. Bretherton and R. I. Winton, 1981, "SCOOT—A traffic responsive method of coordinating signals", TRRL Laboratory Report 1014, TRRL, Berkshire, England.
- [4] H. Ceylan, S. Haldenbilen, H.Ceylan and O. Baskan, 2010, "Development of delay models with quasi-Newton method resulting from TRANSYT traffic model", Journal of Scientific & Industrial Research Vol. 69, pp. 87-93.
- [5] F. V. Webster and B. M. Cobbe, 1966, "Traffic Signal Settings", Road Research Laboratory, Road Research Technical Paper No.56, London, p.110.
- [6] R. M. Kimber and P. N. Daly, 1986, "Time-dependent queuing at road junctions: observation and prediction", Transportation Research Part B 20B, 187–203.
- [7] R. Akçelik, 1981, "Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis Research Report 123", Australian Road Research Board, Melbourne, Australia.

- [8] Highway Capacity Manual, 1985, “Special Report 209”, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, USA.
- [9] P. D. Prevedouros and C. A. Koga, 1996, “Comparison of 1985 and 1994 HCM: signalized intersection delay estimates”, ITE J, 66, 26-30.
- [10] J. L. Powell, 1998, “Field measurement of signalized intersection delay for 1997 update of the highway capacity manual”, Transportation Research Record, 1416, 79-86.
- [11] C. Ozan, Ö. Başkan, S. Haldenbilen ve H. Ceylan, 2011, “Reinforcement learning approach for optimizing traffic signal timings at isolated intersections”, International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, Epoka University, Tirana, Albania.
- [12] Y. S. Murat and O. Baskan, 2006, “Modeling vehicle delays at signalized intersections: Artificial neural networks approach”, Journal of Scientific and Industrial Research, 65, 558-564.
- [13] H. Ceylan, Ö. Başkan, H. Ceylan ve S. Haldenbilen, 2007, “Yaklaşık hesaplama metodu ile sinyalizasyon kavşaklarında gecikme bileşenlerinin matematiksel çözümü”, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 13, Sayı: 2, s. 279-288.
- [14] R. P. Roess, E. S. Prassas, and W. R. McShane, 1998, “Traffic Engineering”, Second Edition, Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- [15] R. S. Sutton and A. G. Barto, 1998, “Reinforcement Learning – An Introduction”, The MIT Press.
- [16] Ana L. C. Bazzan, D. Oliveira and B. C. Silva, 2010, “Learning in groups of traffic signals”, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 23, 560-568.
- [17] M. Vanhussel, D. Janssens, G. Wets and K. Vanhoof, 2009, “Simulation of sequential data: An enhanced reinforcement learning approach”, Expert Systems with Applications, 36, 8032-8039.
- [18] L. P. Kaelbling, M. L. Littman and A. W. Moore, 1996, “Reinforcement Learning: A Survey”, Journal of Artificial Intelligence Research, 4, 237-285.
- [19] H. Ceylan and M. G. H. Bell, 2004, “Traffic signal timing optimisation based on genetic algorithm approach, including drivers’ routing”, Transportation Research, 38B (4), 329-342.

KENTİÇİ ULAŞIMDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRICI ÖNLEMLERİN UYGULANABİLİRLİĞİ

Zümrüt KAYNAK* ve Hülagü KAPLAN**

*Trafik Planlama Uzmanı, TMMOB Üyesi, zmrt1974@gmail.com

**Gazi Üniversitesi öğretim üyesi, Şehir ve Bölge Planlama B., hukaplan@gmail.com

ÖZET

Enerji verimliliği, sadece devletlerin enerji ihtiyaçlarının dışa bağımlılığının azaltılması için değil, aynı zamanda, yıllardır kullanılmakta olan başlıca fuel oil ve kömür gibi geleneksel enerji kaynaklarının doğaya verdikleri zararın engellenmesi açısından da önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Her iki önemli gereksinim aracının karşılanabilmesi için, enerji ve çevre ilişkisinin birlikte alınması gerekmektedir. Bu da, ilk bakışta ekonomik bir araç gibi görünen enerji verimliliği hedefinin, çevre faktöründen bağımsız ele alınamayacağını göstermektedir.

Küresel bir hedef haline gelen ve enerji-çevre-ekonomi üçgeni içinde sektörlerin tamamında ele alınan önlemler ile birlikte, bir bütün olarak değerlendirilen enerji verimliliği önlemleri içinde ulaşım sektörü, önemli bir yere sahiptir. Bu bildiride amaç; ulaşım sektörü içinde kent içi ulaşımında enerji verimliliğinin ve enerji verimliliğini artırıcı önlemlerin irdelenmesidir. Bildiri kapsamında karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyonlar dikkate alınacak olup, yolcu taşımacılığı hedef alınmıştır.

Bu amaçla bildiride sırasıyla;

- i) enerji verimliliğini gerekli kılan nedenler ve kent içi ulaşımında enerji verimliliği önlem paketleri ile,
- ii) yerel yönetimlerin sorumlulukları kapsamında enerji verimliliği hakkında bilgiler verilerek,
- iii) kent içi ulaşımında enerji verimliliğini artırıcı önlemlerin zaman-maliyet-plan-politika paketleri kapsamında değerlendirmesi yapılacaktır.

Bildiri hazırlanırken şehirler arası taşımacılık, havayolu ulaşımı ve denizyolu ulaşımı kapsam dışında bırakılmış olup, kent içi ulaşım, kent içi yolcu taşımacılığı, yolcu hareketleri ve erişilebilirlik kapsamında, çevre, iklim ve kent içi ulaşımın enerji verimliliği ilişkisi esas alınmıştır.

Anahtar sözcükler: Kent İçi Sürdürülebilir Ulaşım, Enerji Verimliliği, Çevre ve CO2 Salımları, İklim Değişikliği.

1. ULAŞIMDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN NEDENSELLİĞİ

Özellikle fosil enerji kaynaklarının hızla tükendiği dünyamızda, temiz enerji kaynakları adı verilen ve başlıca rüzgar, güneş, termal ve dalga enerjileri olarak ön sırayı alan yeni enerji kaynaklarının kullanım alanları, enerjinin yoğun olarak kullanıldığı sektörler arasında farklı türel dağılımlar göstermektedir.

Teknolojinin gelişmesi ve sanayileşmenin hızlanması ile her tür enerji kaynağı bir çok sektörde faydalanılabilir hale gelmeye başlamış olsa da, maliyet unsuru her uygulamada olduğu gibi enerji üretiminde ve dolayısıyla tüketiminde belirleyici ana unsur olmaya devam etmektedir.

Diğer yandan, sanayileşmenin artması ile küresel iklim değişikliği gözlemlenebilir düzeyde etkilerini göstermeye başlamış, bu da tüm dünya devletlerini iklim değişikliğine neden olan sera gazı salımların en düşük seviyeye çekilmesi için küresel bir çaba ve kararlılık oluşturmaya itmiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Sözleşmenin eki niteliğinde olan Kyoto Protokolü ile tüm dünya devletleri emisyon azaltımı için hedefler almaya ve bu hedefleri gerçekleştirmenin olası yöntemlerini keşfetmeye ve uygulamaya başlamışlardır.

İşte bu aşamada enerji verimliliği, hem enerji kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımını hem de iklim değişikliği ile mücadeleyi birlikte sağlayan ortak bir amaç haline dönüşmektedir.

Avrupa’da toplam enerji talebinin %80’ini oluşturan karayolu ulaşımı hala yüksek yoğunluklu enerji tüketen sektörler arasında yer almaktadır. Demiryolu %8 ve havacılık ise yaklaşık %2-3 ile 3. sıradadır. Karayolu ulaştırması Avrupa Birliği (AB) 15 üye devleti içinde toplam ulaşım sektöründen kaynaklanan CO2 salımları içinde %93 paya sahiptir. AB 15 üye devleti içinde yolcu taşımacılığının payı 1990-2005 yılları arasında %27 artış göstermiştir [1]. AB Enerji ve İklim Paketi 2020 yılında tüm sera gazı salımlarının %20 oranında azaltılmasını [2] hedeflemektedir.

Bu hedef elbette ki yolcu taşımacılığında artan talebin, yüksek sera gazı emisyonuna neden olan ulaşım türlerinden düşük sera gazı emisyonlu ulaşım türlerine geçişi sağlayacak politikaları da kapsayacaktır.

Dünya genelinde ulaşımın %53’ü yolcu taşımacılığı için olmaktadır ve kara ulaşımı, küresel düzeyde enerjiden kaynaklanan CO2 salımlarının %23’ünden ve sera gazı emisyonlarının ise %13’ünden sorumludur. Yolcu ve yük taşımacılığında kullanılan karayolu ulaştırması tüm ulaşım emisyonlarının 2/3’üne karşılık gelmektedir ve OECD/ITF 2008 verilerine göre 2050 yılında 2000 yılına göre kara ulaşımından kaynaklanan CO2 salımlarının %120 oranında artması öngörülmektedir [3].

Ülkemizde ise, yolcu ve yük taşımacılığının %93’ü karayolu taşıtları ile yapılmakta olup, ulaştırmada kullanılan yakıt’ın %93’ü petrol türevleridir. Ulaştırma Bakanlığının verilerine göre, ülkesel sera gazı emisyonunun %25’i ulaştırmadan kaynaklanmaktadır [4].

Enerji verimli ve düşük karbonlu hareketlilik için gerekli olan seyahat ihtiyacını azaltmak ve fosil kaynaklı yakıtların kullanımını azaltacak teknolojik çözümlere yönelmek zorunluluk halini almaya başlamaktadır. Bu kapsamda toplu taşıma sistemlerinin ve motorize olmayan ulaşım altyapısının hem gelişmekte olan ülkelerde hem de sanayileşmiş ülkelerde artarak geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerektiği tartışmalıdır.

2. KENT İÇİ ULAŞIMDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEM PAKETLERİ

Bu bölümde CO2 emisyonlarının azaltılmasında kullanılan yöntemler ile kent içi ulaşımında enerji verimliliğini sağlayan yöntemler birlikte ele alınarak, irdelenmektedir. Bu yöntemler, ekonomik önlemlerden oluştuğu kadar, yönetim ve kontrol mekanizmalarından da oluşmaktadır. Bu bölümde, 3 farklı çalışmada önerilen önlemler özetlenmektedir.

2.1 Hedef grup odaklı önlemler

Tablo.1’de, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında ele alınan ulaşım sektörüne, CO2 salımlarının azaltılması amacıyla önerilen doğrudan (dolaysız) ve dolaylı önlemler, hedef alınan gruba göre sınıflandırılmıştır. Hedef gruplar; araç, yakıt, trafik, altyapı, mekansal organizasyon ve bilgidir.

Mekansal organizasyon kapsamında gerçekleştirilecek olan ekonomik önlemlerin dolaylı önlemler içinde kaldığı, yeni yapılacak olan mekansal düzenlemeler ile değişim ve dönüşüm uygulamalarının da dolaylı önlemler kapsamında kaldığı dikkat çekmektedir. Diğer yandan, tüm bu önlemlerin uzun vadede gerçekleşecek olması öngörüsü söz konusudur.

Tablo 1. İklim Değişikliği Kapsamında Ulaşımın Rolü [1]

Hedef	Pazar Tabanlı Araçlar		Yönetim ve Kontrol Önlemleri	
	Doğrudan	Dolaylı	Doğrudan	Dolaylı
Taşıt	Taşıt başına emisyon vergileri (O)	Taşıt vergilerinde farklılaşmalar (K)	Emisyon standartları (O)	Az kirliliği olan taşıtların kullanım zorunluluğu (O)
Yakıt	-	Farklı yakıt vergileri (K) Yüksek yakıt vergileri (K)	Yakıtların kimyasal bileşenleri (U) Kirliliği yüksek olan yakıtların kaldırılması (U)	Eski taşıtların değiştirilmesi için mali parasal teşvikler (U)
Trafik	Yol ücretlendirmesi (K) Kilometre başına emisyon ücretlendirmesi (K)	Bölge ücretlendirmesi (K) Park etme ücretlendirmesi (K)	Trafikte sınırlama (O)	Hız limitleri (K) Taşıt kullanımında kısıtlamalar (K)
Altyapı	-	-	Emisyon yakalama için yer altı ulaşımı (U)	Alan kapasite kısıtlamaları (K) Kentsel raylı ulaşım (O)
Mekansal Organizasyon	-	Arazi Vergilendirmesi (U)	-	Kentsel yol yatırımları (U) Yerleşmelerin ve ofislerin yer

				seçiminin yeniden planlanması (U) Park etme yerlerinin düzenlenmesi (U) Mevcut binaların kullanım fonksiyonlarının değiştirilmesi (U)
Bilgi	Araştırma ve geliştirme faaliyetlerine sübvansiyon (U) Patent mevzuatı (U)	-	-	Kamunun bilgilendirilmesi ve eğitimi (O) AR-GE’de Kamu özel sektör yatırımları (U)

U: uzun vade; O: Orta Vade; K: Kısa Vade

Ulaşımdan kaynaklanan emisyonların düşürülmesinde etken olan ana mekanizmalar; türel dağılım ve trafik kompozisyonları, enerji verimliliği, yakıt türü, ulaşım yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır. Mekansal planlama önlemleri uzun dönemde etkilidir ve yerleşme alanları ile çalışma alanlarının arasındaki mesafenin minimum düzeye indirilmesi, kişilerin ve faaliyetlerin mekansal dağılımının optimizasyonu ile mümkündür. Uzun dönemde önemini arttıran ancak kısa vadede ücretlendirme politikalarının ve talep kontrol yöntemlerinin tamamlayıcı rolü ile etkenliğini arttıran mekansal planlama önlemlerinde, “kentsel yayılma” yerine “akıllı büyüme”(smart growth)¹ terimi tercih edilmektedir. Bu kapsamda planlama yapılırken diğer trafikten ayrı ve güvenli bisiklet yolları, taşıttan bağımsız meydanlar ve parklar, yer altı ulaşım ağları, yolculuk mesafelerinin azaltılması ve böylece yerleşme ve çalışma yoğunluklarının artırılması, bunun da toplu taşımla desteklenmesi önerilmektedir [1].

Özellikle yerleşim alanında yaşayanlara uzun süreli park etme imkanı sağlayan ancak dışarıdan gelenlere uygulanan otopark ücretlendirmesi, düşük emisyonlu taşıtlara az ücret alınmasını içermektedir. Yerel idareler tarafından özellikle doruk saatlerde veya belirli bölgelere girişin ücretlendirilmesi yöntemi kullanılmaktadır ve sıkışıklığa neden olan öder “pays for congestion” olarak da adlandırılmaktadır. Yol ücretlendirmesinde Singapur ve Norveç kentleri örnek kentler olarak gösterilmektedir [1].

Konutların ve işyerlerinin yer seçimini etkileyen bir araç olan Arazi Kullanım Vergisi², Petersburg ve Pensilvanya olmak üzere 700 kentte uygulanmaktadır. Teorik çalışmalar sonucunda konut binalarının mekan kalitesini ve istihdamı arttırdığı, arazi fiyatlarını düşürdüğü, daha az spekülasyona ve daha yoğun yerleşmelere neden olduğu ortaya çıkmıştır. Daha yoğun yerleşmelerin emisyonların azalmasına daha etkili olacağı varsayımından yola çıkılarak, söz konusu uygulamanın mekansal planlamayı doğrudan etkileyen bir faktör olduğu belirtilmektedir [1].

¹ Smart growth deyimindeki ‘smart’ tam olarak ‘akıllı’ karşılığı olmamasına rağmen, ülkemizde böyle kullanıldığından, yazarlar yanlış anlamaya yol açmamak üzere, bildiride bu göreneğe uymuşlardır

² “Arazi Kullanım Vergisi” ifadesi; plan yapılması neticesinde, planla birlikte arazi kullanımında meydana gelen değişiklikten yararlanma vergisi anlamında kullanılmıştır.

2.2 Yenilenebilirlik tabanlı önlemler

Erişilebilirliğin engelli, yaşlı ve diğer özel ihtiyaçları olan kişiler için de önemli bir unsur olduğunu vurgulayan önlemler, kentsel ulaşımdan kaynaklanan CO2 salımlarının azaltılmasını, hatta sıfırlanmasını öngören 11 strateji önermektedir [3]. Bu stratejilerin içinde konumuz ile doğrudan ilgili olanları şunlardır:

- Holistik ve uzun dönemli bir kentleşme vizyonu içinde; kişilerin yaşadıkları, çalıştıkları ve eğlendikleri alanların birlikte planlanması temel alınmalıdır.
- Çekici olmalı ve yeşil alanlarla birlikte ele alınmalıdır.
- Çevrede yer alan aktivitelerin yürüyerek ve bisiklet kullanarak erişimi kolay olması gerekmektedir.
- Kamu bilincinin, katılım ve farkındalığın, ulusal bir strateji ajansı kurulması hatta bölgesel ve yerel kuruluşların da ulaşım ve mekansal planlama arasındaki ilişkiyi kurgulamada yardımcı olmaları yöntemleri ile artırılması gerekmektedir.
- Toplu taşıma sistemleri, yol ücretlendirmesi, trafik sıkışıklık ve otopark ücretlendirmesi, hız limitleri gibi yöntemler uygulanmalı, fosil yakıtlı ulaşım türlerine olan indirimlerin ve teşviklerin kaldırılması gerekmektedir.
- Kentin tasarımında bütüncül (kompakt) ve yeşil bir kent tasarlanması önerilmektedir.
- Mekansal planlama yapılırken, çekici komşuluk birimlerine yürüyerek veya toplu taşıma kullanarak erişimine imkan sağlayacak biçimde tasarım yapılması ön planda tutulmaktadır.
- Toplu taşımanın çekici hale getirilmesi için toplu taşımanın kalitesinin artırılması, güvenli ve konforlu olması, ücretler ve zaman çizelgelerine ait planların yapılması, farklı ulaşım türleri arasında geçişe imkan vermesi, araba paylaşımı, bisiklet kiralama ve taksi gibi imkanlarla bütünleştirilmesi gibi temel sürdürülebilir ulaşım ilkelerine yer verilmektedir.

Taşıtlarda enerji verimliliğinin artırılması, elektrikli taşıtlara ve temiz yakıtlara geçiş stratejileri taşıt teknolojisi ile örtüşen konular kapsamında ele alınmaktadır. Yol yapımının ve oto park alanlarının azaltılması da, kentsel ulaşımında emisyon azaltımı için önerilen dikkate değer bir strateji önerisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.3. Arazi kullanımı odaklı önlemler

“Ulaşımda Değişiklik İçin İklim” konulu raporda [2], yolculuk seçimini etkileyen arazi kullanım stratejileri:

- Yürüyerek ya da bisiklet kullanılarak erişim sağlanabilen yerel hizmetlerin artırılabilmesini sağlayacak yüksek yoğunluğun sağlanması ve toplu taşıma imkanlarının artırılması,
- Yerel hizmetlerin ve istihdam olanaklarının çeşitlendirildiği karma kullanımın oluşturulması,
- Ulaşım koridorları boyunca yoğunluk,
- Toplu taşıma erişilebilirliğin yüksek olduğu bölgelerde kentsel gelişimi sağlamak,
- Otopark alanlarının sayısını azaltmak,
- Toplu taşıma sistemlerini planlama sisteminin bir parçası olarak değerlendirmek,
- Park et-devam et vb. diğer uygulamaları hayata geçirmek,
- Yolculuk senaryoları üzerine kurgu oluşturmak ve bu senaryolara göre önlemler almak olarak sınıflandırılmaktadır.

Arazi kullanım planlaması ve Yolculuk Talep Yönetiminin [5] temel prensipleri de arazi kullanım planlaması ve kentsel ulaşım, hareketlilik yönetimi ve park yönetiminden oluşmaktadır.

Tablo 2. Ulusal, Bölgesel ve Yerel Ulaşım Önlemleri [6]

Eylem	Yöntem	Diğer faydalar
Ulusal düzeyde eylemler		
Kullanılan araçların standartlarının geliştirilmesi	Yasal düzenleme	Hava kalitesi
Düşük karbonlu yakıt standardı		Hava kalitesi
Yakıt vergilerinin artırılması	Ekonomik önlemler	Trafik sıkışıklığının önlenmesi
		Mali gelirler
İç su ulaşımı ve raylı sistem yatırımları		Mali gelirler
Taşıt kayıt vergisi/ruhsat uygulamaları		Ekonomik büyüme
		Daha fazla iş imkanı
Akıllı (smart) kamu ulaşımı, elektrikli bisikletler, yakıt verimli taşıtlar vb gibi uygulamalar için araştırma, geliştirme ve yaygınlaştırma	Teknoloji	Ekonomik büyüme
		Daha fazla iş imkanı
Yerel veya bölgesel düzeyde eylemler		
Sürdürülebilir kentsel ulaşım planları (yerel ihtiyaçlara bağlı olarak trafik talebini yönetmek: yaya yolları, parklar, toplu taşıma, bisiklet kullanımı, bilgilendirme kampanyaları vb)	Yasal düzenleme	
Ulaşım sistemi teknolojileri (otobüslere öncelikli sinyalizasyon, elektronik sıkışıklık tarifesı, elektronik biletler, taşıtlara “yeşil” kazanım	Teknoloji	Hava kalitesi ve daha az trafik sıkışıklığı
Kentsel yük taşımacılığı için kent merkezlerinin kiralınması	Arazi kullanım planlaması	Hava kalitesi ve daha az trafik sıkışıklığı
		Zamanında ve güvenilir ulaşım
Hızlı toplu taşıma (BRT, LRT, Metro)		Arazi talebinin azaltılması
		Ekonomik başarı
Kentsel gelişme planları: karışık kullanım, yüksek yoğunluklu kentler		Sosyal eşitlik

2. YEREL YÖNETİMLERİN SORUMLULUKLARI KAPSAMINDA ULAŞIMDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

18/4/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununun 7nci maddesinin birinci fıkrasının (f) bendine dayanılarak hazırlanmış olan ve 9 Haziran 2008 tarih ve 26901 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Ulaşımada Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” akaryakıt tüketiminin düşürülmesini, taşıtlarda verimlilik standartlarının yükseltilmesini, toplu taşımacılığın yaygınlaştırılmasını, trafik akımının artırılmasına yönelik sistemlerin kurulmasını amaçlamaktadır.

Söz konusu yönetmelik kapsamında İçişleri Bakanlığının ve Ulaştırma Bakanlığının görev ve yetkilerine yer verilmekte olup, İçişleri Bakanlığı; kent merkezlerinde taşıt kullanımını azaltıcı uygulamaları, taksi uygulamaları ve otoparkların oluşturulması ile ilgili tedbirleri almakla yükümlü kılınmıştır. Ulaştırma Bakanlığı ve İçişleri Bakanlığı; yön levhaları, elektronik yol yönlendirme sistemi, yolculuk talep yönetimi, trafik yönetimi, türlerarası taşımacılık, kentsel ulaşım planları, toplu taşıma, akaryakıt tüketiminin izlenmesi ve trafik sinyalizasyon sistemleri hakkında ilgili tedbirleri almakla yükümlüdür.

Söz konusu yönetmelik ile ulaşımda etkinlik, verimlilik ve sürücülere kolaylık sağlamak için; yolculuk talep yönetimi, türlerarası taşımacılık sistemi, trafik yönetimi, yön levhaları ve elektronik yol yönlendirme sistemlerinin ilgili kurum/kuruluşlarca uygulanacağı, yoğun trafik alanlarına girmek yerine araçların alternatif yollardan ulaşımının sağlanması öngörülmekte, nüfusu ikiyüzellibin ve üzerinde olan kentlerde belediyelerce de; karayollarında günün koşullarına uygun merkezi bilgisayar sisteminin kurulması için çalışmalar yapılacağı belirtilmektedir. Belediyeler ayrıca, yerleşim planlamasında ve kentsel dönüşüm projelerinde motorlu taşıtların şehir girişinde park edilebilmesi için otopark kurulmasını sağlayacaklar, kent merkezlerinde taşıt kullanımını azaltıcı uygulamalar yapacaklar toplu taşıma durak ve istasyonlarında türlerarası taşımacılık sisteminin oluşturulmasına öncelik verilecektir.

Söz konusu yönetmeliğe göre büyükşehir belediyeleri ve büyükşehir belediyesi sınırları dışındaki belediyelerden nüfusu yüzbinin üzerinde olanlarının ulaşım ana planı hazırlamaları gerekmektedir. Şehir planları ile sürdürülebilir kentsel ulaşım planlarının birlikte ele alınması gerektiğini hükme bağlayan yönetmelik gereğince kentsel ulaşım planlarının, yönetmeliğin yayımı tarihinden 3 yıl içinde ilgili belediyesinde hazırlanması gerekmektedir.

Aynı yönetmeliğe göre kentsel ulaşım planlamasının ana kriterleri olarak çevre otoyolları ve raylı sistem çalışmalarına öncelik verilmesi, yerleşim alanlarının yer seçimi ve bu alanların birbiri ile olan ulaşımını sağlayan üst ölçekli planlar yapılması, kent içinde yetersiz kalan yollarda sıkışan trafiği rahatlatmak üzere; yol genişletmesi, kavşak düzenlemesi ve otopark kurulması gibi önlemlerin alınması, raylı sistem yatırımının artırılması, kent ulaşımında enerji verimliliğinin artırılması ve yakıt tüketiminin düşürülmesi için trafiğin güvenli ve akıcı olması, trafik akışındaki yakıt sarfiyatı öncelikle göz önünde bulundurularak topografik yapısı uygun güzergahlara bisiklet yolları ve bisiklet park alanlarının yapılması, İl ve İlçe Trafik Komisyonunca kent trafiğine uygun bir şekilde, otopark olabilecek alanlar tespit edilerek, bu alanların verimlilik ilkesi çerçevesinde otopark olarak işletilmesi, nüfusu ikiyüzellibin'in üzerindeki belediyelerce kent içi toplu taşımaya yönelik sefer sıklığı yolcu talebinin dikkate alınması, toplu taşıma araçları için ayrılmış şerit ve yol uygulamalarının yaygınlaştırılması, hizmet kalitesi yüksek ve çevre dostu toplu taşıma taşıtlarının kullanımına öncelik verilmesi, toplu taşıma taşıtlarında ve duraklarda; bilgilendirme panolarının bulundurulması da gerekmektedir.

Yönetmelikte dikkat çeken diğer bir husus ise; belediyelerin akaryakıt tüketiminin izlenmesi amacıyla, yıllık toplam yakıt satış bilgilerinin, taşıt sayılarının, taşınan yıllık yolcu sayısının, yolcu-km, araç-km verilerinin, raylı sistemlerin ve karayolları sinyalizasyon sistemlerinin işletilmesi için kullanılan yıllık elektrik miktarının ve yıllık yakıt tüketimi bilgilerinin her yıl Mart ayında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bildirmekle yükümlü kılınmış-olmalarıdır.

Mart 2011 tarihinde yayınlanan Ulusal Enerji Verimliliği Strateji Belgesinde; Türkiye'de gelir düzeyindeki büyümeyle beraber yük ve yolcu taşımada ortaya çıkan büyük artışa değinilerek, ulaştırmadan kaynaklı emisyon miktarı göreceli olarak düşük olsa da, emisyonlardaki artış hızının yüksek olması nedeniyle, ulaştırma sektöründe emisyon azaltımına gidilmesi amaçlanmıştır.

“Orta Vadeli Program³”ın “Enerji ve Ulaştırma Altyapısının Geliştirilmesi” başlığının “Enerji” alt başlığında, Enerji Verimliliği Kanunu çerçevesindeki destekleme imkânlarının artırılmasına değinilmiş, Dokuzuncu Kalkınma Planı’nın (7.1.5) numaralı “Enerji ve Ulaştırma Altyapısının Geliştirilmesi” başlığı altında yer alan “Enerji” alt başlığında ise, enerjinin her safhada en verimli ve tasarruflu şekilde kullanılması gerektiğine değinilmiştir.

2011-2014 dönemine ilişkin olarak yayımlanan “Türkiye Sanayi Stratejisi Belgesi”nde de “Motorlu taşıtların birim fosil yakıt tüketimini azaltmak, kara, deniz ve demir yollarında toplu taşıma payını artırmak ve şehiriçi ulaşımında gereksiz yakıt sarfiyatını önlemek” adı altındaki stratejik amaç kapsamında özetlenmiş olan eylemler şöyledir:

- Büyükşehirlerde, toplu taşımayı ve yakıt sarfiyatını öncelikle gözeten, toplu taşıma istasyonlarında bisiklet ve araç parkı alanları oluşturarak ulaşım sistemlerinin birbirini desteklediği ulaşım master planlarının yürürlüğe konulması,
- Karayolu taşımacılığının toplam taşımacılık içindeki payının azaltılması, karayoluna alternatif ulaşım türlerinin altyapısının yeterince geliştirilmesi, yük ve yolcu taşımacılığında deniz ve demiryollarının payının artırılması,
- Ulaşımında enerji verimliliğinin artırılması ve ağ verimliliğinin sağlanması için bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanıldığı akıllı trafik yönetimi uygulamaları ve akıllı ulaşım sistemlerinin yaygınlaştırılması.

Nisan 2010 tarihinde yayınlanan Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesinde ulaşım ile ilişkin stratejilere ise şöyle yer verilmektedir:

- Bisiklet gibi çevre dostu ulaşım taşıtlarının kullanımını yaygınlaştıracak politikalar belirlenecektir.
- Özellikle büyük şehirlerde metro ve hafif raylı sistemler ile toplu taşıma sistemlerini yaygınlaştırılacaktır.
- Akıllı ulaşım sistemlerini belirlenecek ve kurulacaktır.
- Kentlerde kullanılan toplu taşıma taşıtlarında alternatif yakıt ve temiz taşıt teknolojilerinin kullanılması yaygınlaştırılacaktır.
- Yol ağının geometrik ve fizik standartlarının daha az yakıt sarfiyatı sağlamak amacıyla yükseltilmesine yönelik AR-GE çalışmaları yapılacaktır.
- Kentlerde yaya ulaşımını destekleyici ve yaya hareketliliğini kolaylaştırıcı altyapıyı hazırlama konusunda politikalar oluşturulacaktır.
- Ulaşımında enerji verimliliğini artıracak uygulamalar gerçekleştirilecektir.
- Yük ve yolcu taşımacılığında %2 olan denizyolunun payı artırılacak, havayolu taşımacılığı desteklenecektir.
- Çevre dostu ulaşım yaygınlaştırılacaktır.

5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanununda ise; büyükşehir ulaşım ana plânını yapmak veya yaptırmak ve uygulamak; ulaşım ve toplu taşıma hizmetlerini plânlamak ve koordinasyonu sağlamak; kara, deniz, su ve demiryolu üzerinde işletilen her türlü servis ve toplu taşıma araçları ile taksi sayılarını, bilet ücret ve tarifelerini, zaman ve güzergâhlarını belirlemek; durak yerleri ile karayolu, yol, cadde, sokak, meydan ve benzeri yerler

³ 10 Ekim 2010 tarihli ve 27725 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 2011-2013 dönemi Orta Vadeli Programı

üzerinde araç park yerlerini tespit etmek ve işletmek, işlettiirmek veya kiraya vermek; kanunların belediyelere verdiği trafik düzenlemesinin gerektirdiği bütün işleri yürütmek hükümleri yer almaktadır.

5393 sayılı Belediye Kanununda ise, kent içi ulaşımaya yönelik ayrıntılara hiç yer verilmediği görölmekte, yerel yönetimlerin bu konudaki rolü ve sorumluluklarının belirlenmemiş olması dikkati çekmektedir.

DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Yukarıdaki verilerin değerlendirmesinden de göröleceği üzere; yürürlükteki strateji belgelerinde, kanun ve yönetmeliklerde ulaşımada enerji verimliliğinin sağlanması yönünde bir çok hususa değinilmiş gibi göröse de, uluslar arası alanda tartışılan ve üzerinde hemfikir olunan önlem paketlerine sadece bir adım kadar yaklaşılabildiği görönmektedir.

Söz konusu kanun, yönetmelik ve strateji belgelerinin ölkemiz için çok kısa bir süre içinde ve hızlı bir şekilde yapılması olumlu karşılanmakla birlikte, burada belirtilen ve altı çizilen gerek eylemlerin gerekse hedeflerin, hem uygulamanın hızlanması ve yaygınlaştırılması hem de maliyet açısından en düşük seviyeye getirilmesi için yeniden ele alınmasında büyük fayda görölmektedir.

Daha da önemlisi, söz konusu mevzuat ile getirilen; enerjide verimliliği ve ulaşımada iyileştirmeleri artırıcı kararların ve önlemlerin uygulamaya alınmalarındaki gecikmedir. Buna sadece bir örnek olarak, Ulaşımada Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelikle yerel yönetimlerden beklenenler gösterilebilir. Söz konusu yönetmelik 09.06.2008 tarihinde yayınlanmış ve 10. maddesi ile büyükşehir belediyeleri ve büyükşehir belediyesi sınırları dışındaki belediyelerden nüfusu yüzbinin üzerinde olanlarından kentsel ulaşım ana planı hazırlamaları istenmiştir. Yönetmeliğin geçici linci maddesi, yayımı tarihinden itibaren üç yıl içerisinde kentsel ulaşım planlarının hazırlanmasını öngörmektedir. Bu süre 09 Haziran 2011'de son bulduğuna göre, bunun yaptırım, sorumluluk ve yükümlölükle ilgili muhasebesi yapılmalı, gecikmenin getirdiği enerji ve ulaşımaya ilişkin maliyetin nasıl karşılanacağı açıklanmalıdır.

Başta söyledığımız gibi de, bu sadece bir örnektir.

Sonuç olarak;

Özellikle binek taşıtları ve genelde fosil yakıt kullanan taşıtlarla yapılan yolculuğun azaltılması yöntemi ile CO2 emisyonu azaltımının sağlanması için;

- 1- Karma kullanımlı, yoğun koridorlar boyunca toplu taşıma, yaya ve bisiklet gibi çevre duyarlı ulaşım odaklı kentler oluşturulmasına yönelik arazi kullanım kuralları oluşturulmalıdır.
- 2- Toplu taşıma odaklı ve bütüncül(kompakt) kentleşmeye yönelik arazi kullanım planlaması yapılması gerekmektedir.
- 3- Kentsel gelişme planları hazırlanırken ulaşım planları ile birlikte yapılmalı ve kentsel nüfus yoğunluk ve dağıtım şeması oluşturulmalıdır.
- 4- Kilometre başına en verimli ulaşım türlerinin kullanılmasına yönelik öneriler, mekansal planlama kararları ile yönlendirilmelidir.

- 5- Toplu taşıma öngören planlarda, yürüme ve bisiklet yolları yapımına ilişkin altyapı oluşturulmalı, kentsel gelişme planında bu ayrıntılara yer verilmelidir.
- 6- Kent merkezi, bireysel motorlu taşıttan arındırılmış bir biçimde tasarlanmalı ve yayalığı destekleyen yaya yolu, meydanlar ve parklar ile donatılmalıdır.
- 7- Özellikle mevcut kentsel dokuda ulaşım mekanının kullanılmasında yayayı birincil, binek taşıtını ikincil olarak ele alan, trafik durultma(traffic calming) tasarımının yeri önemsenerek, planlama yapılmalıdır. Trafik durultma ülkemizde bazı literatürde trafik sakinleştirme olarak da adlandırılmaktadır.
- 8- Planda otopark için ayrılan alanlar, kentin belli bölgelerinde, toplu taşıma sistemleri ile birlikte değerlendirilerek azaltılmalıdır. Kent merkezlerinde otopark sınırlandırılması getirilmesine ihtiyaç vardır ancak bu düzenlemenin ulaşım planı kapsamında ayrıntılı olarak irdelenmesi ile neticelendirilmesi gerekmektedir.
- 9- Park et-devam et (park-and-ride) sistemi kentlerimizde planlanarak, bir an önce uygulamaya geçirilmelidir.
- 10- Planlarda arazi kullanımına ilişkin değişiklikler, ulaşım eğilimleri de gözetilerek yeniden gözden geçirilmelidir.
- 11- Trafik Kanunu, İmar Kanunu ve ilgili yönetmeliklerinde değişikliklere bir an önce gidilmelidir. İmar Kanunu, imarı da içerecek biçimde, hem daha kapsamlı, hem de daha ayrıntılı bir **planlama ve şehircilik kanunu** olarak ele alınmalıdır.
- 12- Aşağıda Tablo 3’de yukarıda sözü edilen önlemlerin(politikaların) karşılaştırılması yapılmaktadır. Bu tabloda karşılaştırmaları yapılan veriler, gerek kanun ve yönetmeliklerde; gerekse strateji belgelerinde, söz konusu belgelerde yer alan ilkeleri uygulanabilir kılmak için, rehber niteliğinde açılımlara olanak sağlamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Fabio GRAZI, Jereon C.J.M. van der BERG, “**Spatial Organization, transport and climate change: coparing instruments of spatial planning and policy**”, Ecological Economics 67 (2008), pp 630-639, www.elsevier.com/locate/ecolecon , 2010
- [2] Jacqueline MCGLADE, “**Climate for a Transport Change - EEA key messages, TERM 2008: Indicators tracking transport and environment in the EU**” EEA Report No: 1/2008, <http://www.eea.europa.eu/publications/transport-at-a-crossroads>
- [3] Iris GUST, Expert Commision on Cities and Climate Change,, “**Heading for %100 Renewable Urban Transport**”, HafenCity University, 2010
- [4] Ulaştırma Bakanlığı, www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/.../20110408_092927_204_1_44520.pps.
- [5] “**Sourcebook Overview and cross-cutting Issues of Urban Transport (GTZ)**”, <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-sourcebook-urban-transport-2002.pdf>
- [6] R. TONG, Holger DALKMANN, Ko SAKAMOTO, P. BOULDER and D. MYERS “**Transport System in a Low Carbon Society: Results of the Regional Study of Europe**”, Final Report TRL, March 2010
- [7] Kate AVERY, Holger DALKMANN, Daniel BONGARDT, Ko SAKAMOTO and Isabella NEUWEG, “**Guidence Note for Parties Formulating NAMAs in the Transport Sector: Kick starting action**”, January 2010
- [8] Holger DALKMANN and Anne BINSTED, “**Copenhagen Accord NAMA Submissions, implications fort he transport sector - Bridging the Gap, Pathways for Transport in the post 2012 process**”, February 2010
- [9] “**Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik**”, 9 Haziran 2008 tarih ve 26901 sayılı Resmi Gazete.
- [10] **Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi 2010-2020**, <http://www.cob.gov.tr>
- [11] **Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023**, <http://www.etkb.gov.tr>
- [12] **5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu**
- [13] **5393 sayılı Belediye Kanunu**
- [14] 12. Ulaştırma Bakanlığı, Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, **Ulaşımda Enerji Verimliliği** www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/.../20110408_092927_204_1_44520.pps

TRAFİKTE HIZ KONTROL SİSTEMLERİNDE YENİ YAKLAŞIMLAR, ISPARTA-İSTANBUL YOLU-UYGULAMASI

Ş. Figen KALYONCUOĞLU*, Özgür ŞAHİN**

*S.D.Ü. M. M.F., İnşaat Mühendisliği, Ulaştırma ABD, figen@mmf.sdu.edu.tr

**S.D.Ü. F.B.E. İnşaat Müh. Böl. A.B.D., ozgurhawk@hotmail.com

ÖZET

Çalışmada aşırı hız kavramı(izin verilen yasal limitler üzerinde yapılan hız), aşırı hız problemini çözüme kavuşturabilecek ya da en azından aşırı hız ihlallerinin sayısının azaltılmasını sağlayacak uygulamalar, uygulamalarda kullanılan araçlar ve sistemler araştırılmıştır. Geleneksel ve otomatik hız kontrol yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları incelenmiş, maliyet-etkinlik, hız tespiti sayısı, yasal gereksinimlere uygunlukları gibi karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında, daha düşük maliyetli video kameralı radar sisteminin geliştirilmesi ile ilgili iki farklı uygulama yapılmıştır. Her iki uygulamada da, video kamera ile uygulama alanından geçen araçların görüntüleri kaydedilmiş ve görüntüdeki araçların hızlarını tespit etmek için iki farklı yöntem kullanılmıştır. Geliştirilen bu sistem ile belirli bir yol kesiminden geçen araçların hızlarının ve görüntülerinin kaydedilmesi mümkün olmaktadır. Bu sistemin maliyeti, kullanılmakta olan personelli video-radar sistemlerinin maliyetlerinin yanında oldukça düşüktür. Ayrıca geliştirilen uygulama sistemininekonomiklik ve yaygınlığı ile daha fazla caydırıcılık etkisinin olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler:Aşırıhız, foto-radar, akıllı ulaşım sistemleri, izin verilen yasal limitler üzeri hız

1.GİRİŞ

Dünyada her yıl meydana gelen trafik kazalarının ortalama %13' ü aşırı hızdan ve hız kurallarını ihlalden kaynaklanmaktadır. Trafik kazalarındaki ölüm sebeplerinin başında aşırı hızla araç kullanmak gelmektedir. Hız arttıkça durma mesafesi uzamakta, direksiyon hâkimiyeti azalmakta, geçme hataları ve çarpışma şiddetleri ise artmaktadır. Aşırı hız sürüş güvenliğini ortadan kaldırır. Araç ve araç içi güvenliğinin artırılmasının sebebi daha fazla hız yapılmasına imkân sağlamak değil, kaza sonucunda meydana gelen yaralanma ve ölümleri en aza indirmektir. Bununla birlikte araç ne kadar güvenli olursa olsun, fizik kuralları değişmemektedir[1].

Gelişmiş ülkelerde, trafikteki araç hızlarını sürekli kontrol ederek kazalarda azalma sağlayabilmek amacıyla Otomatik Hız Kontrol Sistemleri geliştirilmekte ve bu sistemlerin kullanımları her geçen gün artmaktadır. Ancak son derece karmaşık olan bu sistemlerin maliyetleri oldukça yüksektir. Bu çalışmada, iki farklı yöntem ile video kameralı hızölçer sistemi ile ilgili bir uygulama yapılarak belirli bir kesimden geçen trafikteki araç hızları ölçümü yapılarak uygulama sonucu ve hız eğilimi değerlendirilmiştir.

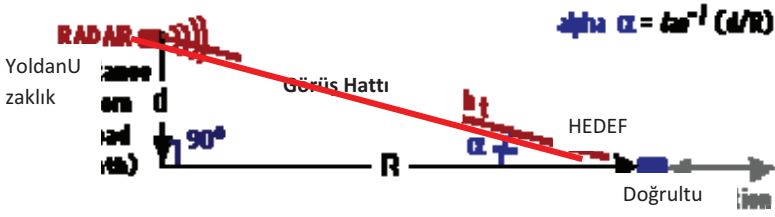
İzin verilen yasal limitler üzeri hız yapma en yaygın ve ciddi yol güvenlik problemlerinden biridir. Araç kullanma hızı arttıkça, hem kazaların oluşma sıklığı hem de meydana gelen kazaların ciddiyeti artmaktadır. Yapılacak olan hız denetimlerinin yaygınlaştırılabilmesi için otomatik hız kontrol sistemlerine geçiş sağlanmalıdır. Böylece sabit personel ihtiyacı ortadan kalkacak,daha etkin ve sürekli denetim yapılabilmesi mümkün olabilecektir. Bir aracın hızının ölçülmesinde, zaman/mesafe ölçüm araçları, radar aletleri ve lazer cihazlarını kapsayan çeşitli metotlardan birisi tercih edilir. Bu araçların çoğu, otomatik fotoğraflı araç tespit etme ünitelerinin bazı tipleriyle bağlantılı olarak kullanılabilir. Hız ölçme aletlerinin bu üç tipi de günümüzde farklı koşullar için kullanılmaktadır ve hepsinin hız ölçümündeki güvenilirlikleri yüksektir.

Zaman/Mesafe Ölçüm Araçları

Zaman/mesafe ölçüm araçları, yol kenarlarına, üzerlerine ya da yol yüzeyi içine yerleştirilmiş olarak, belirli zaman aralıkları içinde araçların kat ettiği mesafeyi belirleyen sensörler kullanır. Bu tip araçlarda genellikle, yol uzunluğu boyunca yerleştirilmiş iki adet sensör (algılayıcı) bulunur. Yoldan geçen araçların hızı, aralarındaki uzaklık belirli olan iki sensör arasından geçen aracın geçiş süresi hesaplanarak tespit edilir. Bu cihazlar, ışık şiddetinde ya da basınçta oluşan değişiklikler aracılığıyla araç varlığını tespit eder. Aynı zamanda bu araçlar, fotoğraf işlem ünitelerinin bazı formları aracılığı ile daha da verimli hale getirilerek, otomatik hız sınırlandırma uygulamalarında kullanılabilir[2]. Işık yansımaları araçlar, nispeten kolay ve çabuk kurulabilir ve aynı zamanda sürücüler tarafından kolaylıkla tespit edilemez olma avantajlarına sahiptir [3].

Radar Cihazları

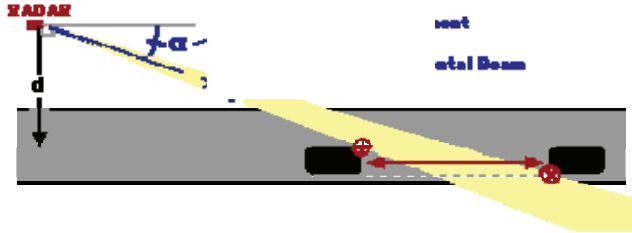
Radar terimi, İngilizce“radiodetectionand ranging” (radyo ışını ile tespit etme ve mesafe belirleme), kelimelerinin kısaltılmasıyla oluşturulan bir terimdir. Genel olarak radar cihazları, elektro-manyetik dalgalar (radyo, mikrodalga ya da ışık) yayarak, bu dalgaların tespit edilmek istenen (herhangi bir varlık, alan, hareket vb.) hedeften yansıma süresini esas alarak ölçüm yaparlar. Radar, hız ölçüm araçlarının en çok kullanılan formudur(Şekil 1). Radar aletlerinin iki farklı tipi vardır: “Down” tipi yol radarı ve “Across” tipi yol radarı. Down yol radarı, yol boyunca mikrodalga ışın yayarak çalışır ve yerleştirilmesi kolaydır. Hem sabit hem de mobil olarak kullanılabilir ve nispeten ucuzdur. Bu cihazlar, tamamı ile güvenilir olmaları ve basitlikleri nedeniyle polis operatörleri tarafından sevilmiştir ve mobil operasyonlardaki etkinlikleri de kanıtlanmıştır [3].



Şekil 1.Down radarın en uygun yerleşimi (Sawicki, 2002)

Bu tip radarlar geniş bir alanda hız tespiti yapabiliyor olmalarına karşılık (500 ile 1500 metreye kadar), araçları birbirinden ayıramazlar ve bu nedenle, yüksek hacimli trafik akımlarında kullanımları uygun değildir. Bu radarın bir diğer dezavantajı ise; kısmen yüksek güçte ışın yayıyor olmalarından dolayı, radar tespit edicileri ile sürücüler tarafından rahatlıkla fark edilebiliyor olmalarıdır.

Across yol radarının kullanımı, radar cihazının yaydığı çok dar ve düşük güçteki ışının yaklaşık 20 derecelik bir açıyla trafik akımının içine doğru yönlendirilmesi şeklinde gerçekleştirilir(Şekil 2). Bu tip radar ünitesinin avantajları; izin verilen yasal limitler üzeri hız yapan araçların kimlik tespitlerinin yapılması,bütün sürat yapan araçları belirleyebiliyor olması (yüksek hacimli trafik akımlarında bile), elektriksel etkiden nispeten bağımsız olması, trafikte bulunan diğer araçların olumsuz herhangi bir etki yaratmaması, radar tespit edicisi bulunan araçlara karşı da verimli olarak kullanılabilirliği olmasıdır. [3].



Şekil 2.Across radarın en uygun yerleşimi [4]

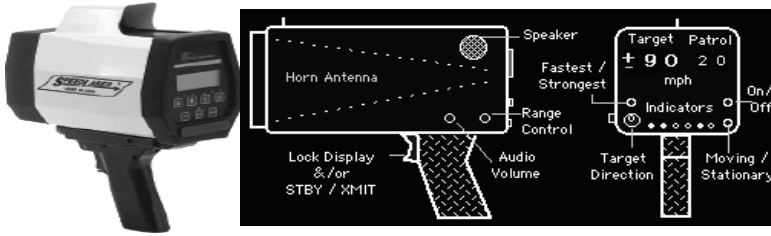
Across yol radarı bir fotoğraflı işlem ünitesiyle birleştirilerek kullanıldığı zaman, otomatik hız sınırlandırma sistemlerinde en tercih edilen radar tipi olmaktadır. Yukarıda bahsedilen yaklaşık 20 derecelik bu açı, özellikle radar ünitesinin yerleştirilmiş olduğu yere yakın olan(20 ile 50 metre arası) araçların hızlarının ölçülmesi üzerine dizaynedilmiş olduğundan, operasyonlarda hız kameralarının da buna uygun yerleştirilmesi en ideal olanıdır [2].



Şekil 3.Çeşitli radar örnekleri[5]

Lazer Cihazları

Lazer cihazları, elektro-manyetik dalgalar kullanan radarlardan farklı olarak lidar olarak isimlendirilmektedir (Şekil 4). Lidar, İngilizce “laser detection and ranging” (lazerle tespit etme ve mesafe belirleme) kelimelerinin kısaltılması; lidar ise “light detection and ranging” (ışıkla tespit etme ve mesafe belirleme) kelimelerinin kısaltılmasıyla oluşturulmuş terimlerdir. Özellikle son yıllarda, lazer hız ölçüm araçlarının kullanımı artmaktadır. Bu aletler, dar ve yüksek frekanslı kızılötesi (infrared) ışık dalgaları yayarlar. Cihazın gönderdiği lazer dalgalarının frekansında bir değişim olduğunda araç varlığı tespit edilmiş olur ve hızı alet tarafından yüksek doğrulukla ölçülür. Bu aletlerin, kullanımlarının kolay olması ve uzun mesafeler söz konusu olsa bile, trafik akımı içindeki araçların hızlarını yüksek bir doğruluk oranıyla ölçebilmeleri gibi avantajları vardır. Ayrıca bu cihazlar, metalik objelerden yansıyan sinyalleri ayırt edebildiklerinden, ölçümü engellemeye yönelik dış müdahalelerden etkilenmezler. Hemsabit hem de mobil uygulamalarda kullanılabilirler ve lazer frekansının diğer radarlardan daha yüksek olması nedeniyle, sinyali radar tespit edicileri tarafından yakalanamaz [6]. ABD South California’da yürütülen bir çalışmada, geleneksel polis radarı ile lazer aletinin kullanımı karşılaştırılmıştır. Araştırmacılara göre, uygulamalarda lazer aleti kullanılması durumunda %14 daha fazla hız ihlali tutanağı yazılmaktadır.



Şekil 4. Bir lazer cihazının kısımları [4]

Son yıllarda lazer cihazları, otomatik hız tespit uygulamalarında artan bir oranda kullanılmaya başlamıştır. Yüksek kaliteli fotoğrafik ya da dijital görüntü ekipmanı ile birleştirilerek kullanıldıklarında, 120 metrenin üzerinde bile araç kimliklerinin doğru olarak tespit edilebilmesini sağlamaktadır. Yetersiz ya da zor aydınlatma durumlarında çok daha yüksek araç kimliği belirleme oranları elde edilebilmektedir. Lock[6], Avustralya’da geliştirilmiş bir lazer/dijital görüntü sisteminin uygulamalarda kullanımını araştırmıştır. Lock, elde edilen dijital görüntülerin fotoğrafik görüntülerden çok daha açık olduğunu ve %95’lik bir araç kimliği tespit etme oranının sağlandığını (bu, var olan diğer sistemlerin yaklaşık 2 katıdır) açıklamıştır.

Videolu Tespit Sistemleri

Avustralya’da bir takım otomatik video tabanlı tespit sistemleri geliştirilmiş ve denenmiştir. Dijital görüntüleme tabanlı bu sistemler, sürekli olarak uzaktan kontrol edilebilmekte ve bir operatöre ihtiyaç duyulmaksızın otomatik olarak hız ihlal bildireleri hazırlanabilmektedir. Sistem, suç işleyen sürücünün görüntüsünün direkt olarak merkezi işlem ünitesine gönderilmesine olanak sağlamakta, böylece burada araç kimliği tespit edilerek hız ihlal tutanağı hazırlanmaktadır. Böyle bir sistem Avustralya’da güvenlik kamerası (Safe-T-Cam) kullanılarak denenmiştir. Bu dijital görüntüleme sisteminde, hedef sınırlandırma, görüntü analizi ve optik tanıma yazılımlarının bir araya getirilmesiyle araç

plakaları otomatik olarak tespit edilebilmektedir ve araç tanıma veritabanı ile birlikte kullanıldığında hız ihlal bildiregelerin otomatik olarak alınmasına imkan verebilmektedir [3]. Safe-T-Cam sistemi, iki dijital kamera, bir kızılötesi ünitesi ve bilgisayar yazılımı ve işlem ekipmanının birleştirilmesinden oluşmaktadır. Sistem bir hedef tespit ettiği zaman;

- Objenin boyutunu (Bir araç tespit etmesi durumunda, aracın kamyon, otomobil veya motosiklet olduğuna karar verir),
- Aracın hızını (Atanan noktadan bir araç geçtiği zaman flaş ve ikinci kamera tetiklenir) tespit eder.

İkinci “yakalama” kamerası, maksimum detaylı olarak, aracın ön kısmının yüksek çözünürlüklü (1024x1024 piksel) görüntüsünü alır. Bu görüntü, görüntü analiz yazılımı ve araç plaka tanıma sistemi ile işlenmektedir. Elde edilen araç plakası, optik tanıma yazılımı ve plaka şifresi çözme yazılımı ile taranmaktadır. Yukarıda bahsedilen bütün hız ölçüm araçları, otomatik hız tespit uygulamalarında farklı durumlar için kullanılmaktadır. Bu otomatik uygulamalar, temel olarak, araç tabanlı uygulamalar, sabit alan uygulamaları ve havadan hız tespit uygulamaları şeklinde olmaktadır. Araç tabanlı uygulamalarda tipik olarak, radar kullanılır ancak mobil uygulamalarda bilgisayarlı zaman/mesafe ölçüm sistemlerinin kullanımı giderek artmaktadır. Sabit alan operasyonları ise; tipik olarak, iki farklı şekilde yapılır. Birinci tip, uygulama araçlarının sürekli olarak belirli bir noktada kullanılması şeklindedir. İkinci tip, uygulama araçlarının belirli bölgelerde geçici olarak yerleştirilerek kullanımını kapsar[3].

Hız Kameraları

Hız kameraları genel olarak, belirli yol kesimlerini izleyebilmek amacıyla kullanılan cihazlardır. Bir Alman otoyolu üzerindeki tehlikeli bir kesim üzerinde, hız kameralarının uzun süreli etkisi araştırılmıştır. Otoyoldaki bu tehlikeli kesimde oluşan yüksek kaza oranını azaltmak amacıyla 100 km/saatlik hız limiti uygulanmaya başlanmıştır. Yeni hız limitinin hemen ortaya çıkartmış olduğu etkiyle, ortalama hızlarda 30 km/saatlik bir azalma oluşmuştur. Bir yıl sonra, yeni hız limiti yürürlükte iken hız kameraları yol kullanıcılarına tanıtılmış ve otomatik hız sınırlandırma uygulamasının etkisiyle, ortalama seyahat hızında 20 km/saat üzerinde bir azalma görülmüştür. Ostvik ve Elvik [7], diğer bütün Alman otoyollarında meydana gelen %56’lık kaza azalmasıyla karşılaştırma yaparak, otoyolun bu kesimindeki kazalarda %91’lik bir azalma olduğunu tahmin etmişlerdir. Ostvik ve Elvik, kazalardaki bu azalmanın sebebinin alınan iki önlem olduğunu yani, hız limitlerinde yapılan azaltma ve hız kameralarının kullanımının tanıtılmasından dolayı oluşan birleştirilmiş bir etki olduğunu rapor etmişlerdir. Başka bir araştırmada, yine bu Alman otoyolunun aynı kesiminde oluşan kazalardaki azalmaları incelemiş ve otomatik hız kameralarının tanıtılmasını takip eden sürede, yıllık kaza sayısının 300’den 9’a düştüğü tespit edilmiştir. Araştırmacılar raporlarında ayrıca, hasarlı kazaların sayısının 80’den 5’e düştüğünü, ölümlü kazaların ise daha önce 7 iken, uygulamadan sonra hiç gerçekleşmediğini açıklamışlardır [3].



Şekil 5.Hız kameralarına bazı örnekler

Foto-Radar

Hız kurallarının uygulanmasını sağlamak amacıyla ortaya çıkartılan en yeni teknolojilerden birisi foto-radardır. Foto-radar ekipmanı, hız sınırını aşan araçların tespit edilmesi ve fotoğraflanması amacıyla bir araya getirilen, elektronik olarak kontrol edilen bir kamera ve radardan oluşmaktadır. Cihaz, eğer yaklaşan trafiğe uygun bir şekilde konumlandırılmış ise, araç sürücüsünün yüzünü ve aracın ön plakasının fotoğrafını alabilmektedir. Veya uzaklaşan trafiğe uygun yerleştirilerek, araçların arka plakalarının fotoğraflanması mümkün olabilmektedir. İzin verilen yasal limitler üzeri hız yaptığı tespit edilen aracın plakası alınan resimden okunarak, aracın resmi sahibi belirlenmekte ve kendisine bir ihbarname gönderilmektedir. Foto-radar ekipmanında kullanılan radar, diğer polis radarlarında da olduğu gibi doppler prensibi ile çalışmaktadır [8].

1.1. Denetim Sistemleri ve Uygulamaları

Bütün kontrol yöntemleri, istenmeyen veya kabul edilmeyen davranışları ortadan kaldırmayı amaçlar. Bu strateji doğal ve etkili görünür. Ancak ne kadar etkili olduğu hatalı davranışların sıklığına bağlıdır. Pek çok kontrol yöntemi, sürücü tarafından bilindiği veya görülebildiği için, yakalanma riski altındaki sürücüler sıklıkla kontrol zamanında hız kuralına uyarlar. Bu durum, yakalanma olasılığı kuvvetliyse olumlu, yakalanma olasılığı zayıfsa olumsuzdur. İkinci durumda, para cezalarının bilinmesi ve/veya önemi sınırlı bir etkiye sahiptir ve bunların sürücülerin yaptıkları hız üzerindeki etkileri de kısıtlıdır. İsveç'te normal bir sürücü (yılda kat edilen ortalama mesafe ve ortalama hız davranışı) için hız sınırını ihlal ederken yakalanma olasılığı 30-40 yılda birdir [9].

Hız Denetim Sistemi ve Önemi

Bütün hız tespit sistemleri, yol standardı ve/veya trafiğin karmaşıklığıyla ilişkilidir. Sürücülerin hız yapma davranışı olarak tanımlanan davranışları, hız sınırı ne kadar düşükse sınırı o kadar aşmak şeklinde açıklanır. Bir an için hız sınırlarının kaldırıldığı düşünülürse, en büyük etkinin daha alt hız sınırlarında olduğunu görülür. Sorun, çok büyük ölçüde, kolaylıkla çok daha yüksek hızlarda gidebilecek teknik özelliklere sahip otomobillere sahip olunması ve sürücülerin hızölçere bakmadıkları takdirde; düşük hızlarda giderken hızlarını olduğundan çok, yüksek hızlarda giderken de olduğundan daha az görmelerinden kaynaklanan insan sorunudur. Farklı ülkelerde bir hız sınırı sisteminin seçimi, hem özel hem de nesnel etkenlere dayanır. Hız sınırı koymanın başlıca nedeni güvenliktir, ancak çevre sorunları ve enerji tasarrufu etkeni de önemlidir. Bir hız sınırına karar verildiği zaman, bunun iyi koşullarda kabul edilen en yüksek hız olduğu anlaşılır. Hız sınırından daha yavaş gitmemiz gerektiği bilgisi, hız sınırı işaretini her gördüğümüzde bir ölçüde

reddedilir. Aynı hız sınırının bütün koşullarda katı şekilde kullanılması ve farklı hız sınırlarının kısıtlı kullanımı da hız denetim stratejisini etkiler [9].

Hız Denetiminin Yol Kullanıcıları ve Kazalar Üzerindeki Etkileri

Hız artışının kaza riskini artırdığı, oldukça iyi kanıtlanmış bir olgudur. Hız sınırlarının kaza sayısı üzerindeki etkisi, en yakında yapılan Amerika Birleşik Devletleri'nde 38 eyaletin kırsal kesimlerinde eyaletler arası yollarda hız sınırının 55 mil/saatten 65 mil/saate çıkarılması olmak üzere, çok sayıda çalışmada belgelenmiştir. Kaza oranını düşürmeyi amaçlayan hız denetimi, sürücülerin hız sınırını aştıkları zaman belli bir yakalanma riskine girdiklerine ikna etmelidir. Böylelikle, hız sınırı ihlalleri azalacak ve ihlallerin azalması da kazaları azaltacaktır.

Çizelge 1. Denetim yoğunluğunun kazalar üzerindeki etkisi [3]

Uygulama	Sonuç
Denetimin %50'ye kadar azaltılması	Bildirilen kazalar: %11 artış
Normal düzey	Değişiklik yok
Denetimin yaklaşık %100-%300 artırılması	Bildirilen kazalar: %11 azalma
Denetimin yaklaşık %300-%500 artırılması	Bildirilen kazalar: %12 azalma
Denetimin yaklaşık %500-%800 artırılması	Bildirilen kazalar: %19 azalma

Yapılan çalışmalar, belli bir yolda denetim yoğunluğunun önceki düzeye oranla üç kattan daha az artırılmasının, hız yapma suçlarında ya da kazaların sayısında çok az etkisi olduğunu ya da hiç etkisi olmadığını göstermektedir[10]. Belli bir yolda denetimin üç-beş katına çıkarılması, tespit edilme riskini artırır, suçlu sayısını azaltır ve kaza sayısını %10-20 düşürebilir. Denetimi beş kattan fazlaya çıkartmak ise, tespit edilme riskini artırır ve kaza sayısında %20-30'a kadar azalma sağlayabilir [7]. SWOV (Institute for Road Safety Research) yol güvenliği araştırma kuruluşunun yaptığı çalışmalar sonucunda Hollanda'da yapılan sıkı denetim ve yoğun kontrollerin kaza ve ölüm sayılarını sürekli azalttığını ortaya çıkarmıştır. Şekil 6'da denetim ve kontrollerin yoğunlaştırılması sonucu beklenen gelişmeler ile ilgili tahmini sonuçlar görülmektedir [11,12].



Şekil 6. Denetim ve kontrollerin yoğunlaştırılması sonucu “ölümlü kazalarda” gözlenen gelişmeler (1950-2007)

2.MATERYAL VE METOT

Gelişmiş ülkelerde trafikteki araç hızlarını sürekli kontrol ederek kazalarda azalma sağlayabilmek amacıyla akıllı ulaşım sistemleri (ITS-Intelligenttransportationsystems) kullanılmakta ve bu sistemlerin kullanımları her geçen gün daha da artmaktadır. Ancak bu karmaşık sistemlerin ilk yatırım-işletme maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, ilk yatırım ve işletme maliyetleri oldukça düşük düzeylerde olan, akıllı ulaşım sisteminin geliştirilerek, Isparta'da belirli bir yol kesimindetrafikte araç hız kontrolünde uygulanabilirliğinin sağlanması idi. Bu amaçla, iki farklı yöntem kullanılarak araç hızlarının tespit edilmesi sağlanmıştır. Birinci yöntemde, sadece video kamera kullanımı ile hız belirlenirken ikinci yöntemde fotoselli kapı yöntemi ile araştırma yol kesiminden geçen araçların hızları belirlenmeye çalışılmıştır.

Birinci yöntemde, hem araçların görüntülerini kaydetmek hem de hızlarını hesaplamak için bir analog video kameradan faydalanılmıştır. Bu amaçla kullanılan materyal, Panasonic M 9000 S-VHS analog video kamera, tripod olarak da adlandırılan kamera sehpa ve bir adet VHS kasetten oluşmuştur. Görüntüleri kaydedilen araçların hızları, yolun belirli noktalarından geçen aracın bu mesafeyi geçme süresinin yardımcı programlarla video kamera görüntü çözünürlüğünden (25 kare/saniye) elde edilmesi ile hesaplanmıştır.

İkinci yöntemde ise, hız tespit cihazı (fotoselli kapı ve hızölçer) ve bir video kamera kullanılmıştır. Burada hızın ölçülebilmesi için fotoselli kapı mantığından yararlanılarak aralarındaki mesafe ayarlanabilen iki adet fotoselli kapı kullanılmaktadır (Şekil 7). Araçların hız ölçümü yapılacak olan yol eksenine dik ve karşılıklı olarak yerleştirilen fotosel kaynağı ve yansıtıcıdan oluşan sistem, araçların içinden ya da arasından geçeceği bir kapı oluşturmaktadır. Bu şekilde trafiğin gidiş yönüne göre birinci kapıya girme ile ikinci kapıdan çıkma arasındaki süre fotosel kaynaklarına bağlı olan hızölçer tarafından hesaplanmakta ve kapılar arasındaki bilinen mesafe kullanılarak araçların hızları otomatik olarak hesaplanabilmektedir.

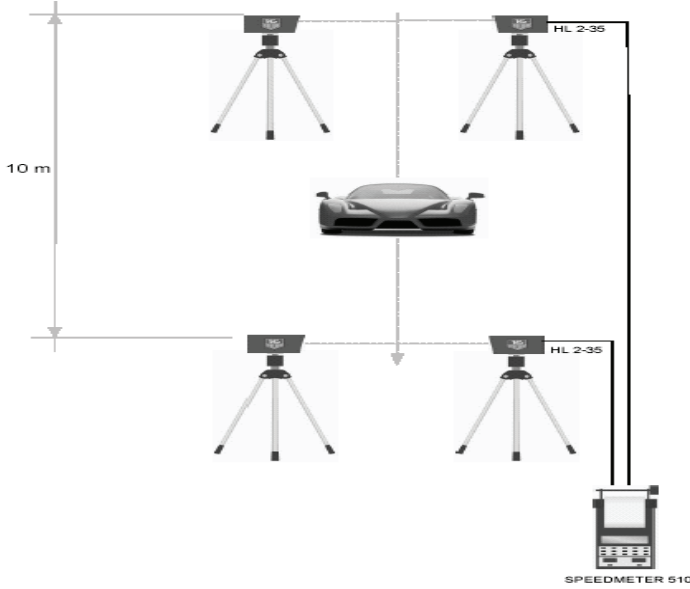
Fotoselli kapılarda bir adet kızılötesi ışın kaynağı (50 KHz'lik yüksek frekanslı kızıl ötesi ışın) ve bir adet yansıtıcı bulunmaktadır. Işın kaynağı yolun bir tarafına, yansıtıcısı ise yolu enine kesecek şekilde ışın kaynağının tam karşısına ve yolun diğer tarafına yerleştirilir. Işın kaynağından çıkan ışın yansıtıcıdan geriye dönmekte ve bu şekilde içinden araçların geçeceği ışınal bir kapı oluşturulmaktadır. Araçların bu ışın kirisinin arasından geçmesi ile ışın yansıtıcıdan yansımamakta, kapı açılmış olmakta ve böylece fotocele bağlı olan hızölçer otomatik olarak zaman sayacını çalıştırmaktadır. Aracın ikinci kapıdan geçişinde de ikinci kapı açılmış olmakta ve hızölçere giden ikinci sinyalle zaman sayacı durdurulmaktadır. Bu şekilde elde edilen zaman farkı aracın kapılar arasından geçme süresini vermektedir. Kapılar arasındaki mesafe başlangıçta ayarlandığı için de bulunan süre aracın hızının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Sürekli kayıttan video kamera da yol kesiminden geçen araçları, plakalarını, tarih ve saat bilgileri ile kaydetmektedir. Hız dönüştürücü sistem istenirse geçen araçların hızlarını çıktı olarak verebilmekte ya da hafızasına kaydedebilmektedir.

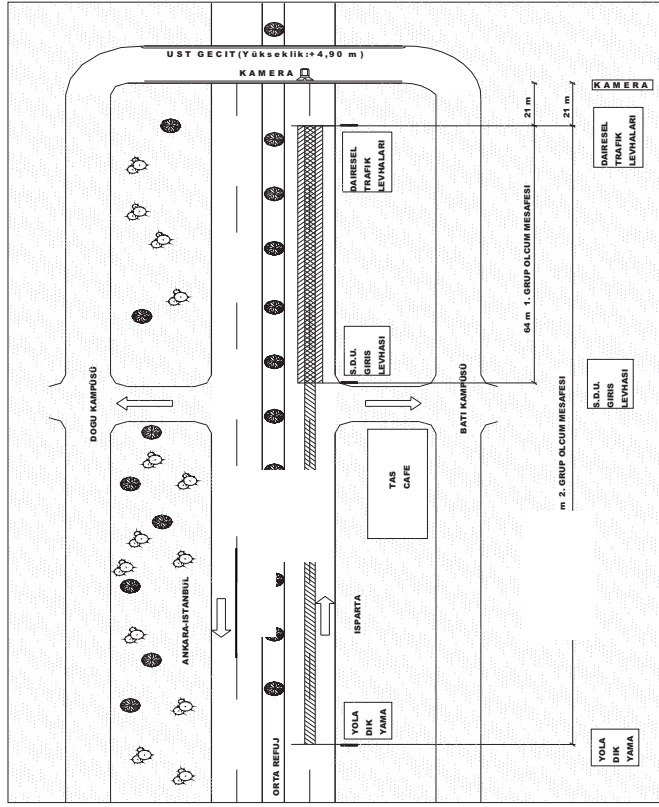
2.1. Uygulama Alanı

Çalışmanın uygulama alanı olarak, Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi'nin önünden geçen ve Doğu -Batı Kampuslarını birbirinden ayıran, Isparta'yı kuzeyden İstanbul, Ankara, İzmir'e bağlayan karayolu seçilmiştir. Uygulama alanını yaklaşık olarak gösteren bir kroki Şekil 8'de görülmektedir. Yol bölünmüş yol olup, gidiş ve dönüş istikametlerinde

ikişer şeride sahiptir. Kamera ise, üniversitenin Doğu-Batı Kampuslarını birbirine bağlayan ve 4,90 m'lik bir yüksekliğe sahip olan üst geçit köprüsü üzerine yerleştirilmiştir. Kameranin uygulama yönü seçilirken de, Isparta şehir merkezi istikametine gelen araçların görüntülerinin alınabilmesi istenmiş ve kamera bu şekilde yerleştirilmiştir. Isparta şehir merkezi giriş levhası ile kameranin yerleştirildiği üst geçit arasındaki mesafe 245 metredir. Dolayısıyla bu alanda otomobiller için uyulması gereken hız limiti şehir içi hız limiti olan 50 km/saattir ve uygulama alanı içerisinde bu hız limitini gösteren bir trafik levhası da bulunmaktadır. Ancak gerek yolun geometrik standartları gerekse şehre giriş alanı olması nedeniyle sürücülerin bu limite genellikle uymadıkları görülmüş ve burasının uygulama alanı olarak seçilmesine karar verilmiştir.



Şekil 7. Fotoselli kapı ile araç hızlarının hesaplanması



Şekil 8. Uygulama alanının krokisi

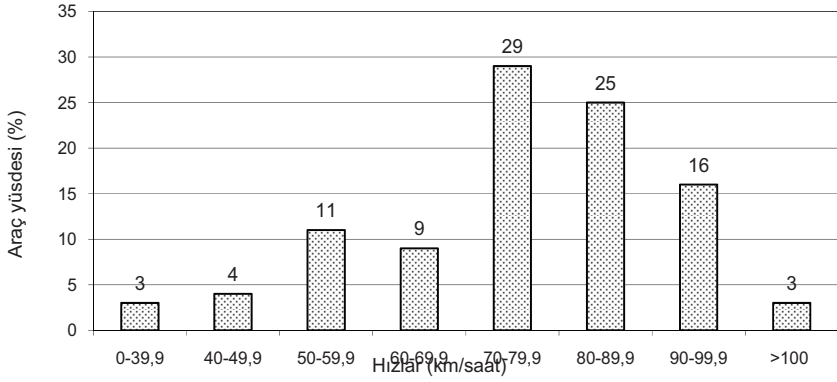
3. BULGULAR

Her iki uygulama da bulunan hızlar birbirine oldukça yakındır. Ancak daha hassas olduğu için fotoselli kapı hız ölçüm uygulama değerleri burada verilmiştir. Fotoselli kapılar şehir istikameti yönünde 10 m. ara ile yerleştirilmiştir. Kamera fotoselli kapılardan geçen araçların plakalarını tespit edebilecek bir açı ve hassasiyetle yol kenarına yerleştirilmiştir. Bu kesimde Isparta şehir merkezi giriş levhası bulunmaktadır. Dolayısıyla bu alanda otomobiller için uyulması gereken hız limiti şehir içi hız limiti olan 50 km/saattir. Yoldan geçen araçların hızlarının tespit edilmesi amacıyla 100 araç gözlenerek hızları ve görüntüleri kaydedilmiştir (Çizelge 2). Görüntülerden ilgili araca ait bilgiler ile plaka bilgileri (bu bilgiler gizli tutulmuştur) elde edilebilmektedir. Ayrıca araçların fotoselli kapıdan geçiş zaman bilgilerinden hızölçerden o noktadan geçiş hızlarına da ulaşılabilir.

Uygulama sırasında gözlemlenen araçlardan %11'inin 50-60km/saat; %9'unun 60-70 km/saat; %29'unun 70-80 km/saat; %25'inin 80-90 km/saat; %16'sının 90-100 km/saat aralığında ve %3'ünün ise 100 km/saat ve üzerindeki hızlarda geçtiği belirlenmiştir (Şekil.8).

Çizelge 2. Uygulama alanından geçen araçlar ve hızları

№	ARAÇ	HIZ ((km/sa)	№	ARAÇ	HIZ ((km/sa)
1	Beyaz Opel Astra	83.97	51	Gri Opel Astra	94.48
2	Gri Ford Focus	76.81	52	Beyaz Hyundai Kamyonet	94.38
3	Mavi Tofaş Kartal	53.42	53	Beyaz Renault 21	75.52
4	Beyaz Scania TIR	69.34	54	Beyaz Toyota Pick-up	62.92
5	Beyaz Renault Kangoo	78.77	55	Gri Fiat Palio	78.77
6	Beyaz Ford Kamyon	67.75	56	Beyaz Suzuki Kamyon	82.7
7	Yeşil Renault 12 SW	80.77	57	Beyaz Renault 12 Toros	98.17
8	Kırmızı Fiat Palio	73.38	58	Beyaz Renault 19 Europa	76.17
9	Kahverengi Renault 12 SW	101.87	59	Turuncu O403 Otobüs	89.91
10	Beyaz Mitsubishi Canter Kamyon	28.07	60	Beyaz BMC Levend	71.27
11	Beyaz Ford Transit	57.47	61	Beyaz Renault 9 Spring	55.8
12	Yeşil Pick-up	82.02	62	Mavi Tofaş Kartal	90.96
13	Siyah Renault Clio	43.51	63	Beyaz Ford Kamyon	50.17
14	Beyaz Renault 21	79.45	64	Beyaz Renault 12	94.48
15	Kırmızı TIR	75.69	65	Beyaz Renault 21	95.18
16	Sarı Mitsubishi Safir Otobüs	88.24	66	Beyaz Ford Transit	78.77
17	Gri Renault Clio	57.91	67	Mavi Tofaş Doğan L	84.99
18	Mavi Volvo	84.81	68	Gri Renault Clio	98.96
19	Kırmızı Fiat Palio	69.51	69	Kırmızı Opel Vectra	93.43
20	Beyaz Renault 12 Toros SW	78.66	70	Sarı BMC Kamyon	80.33
21	Beyaz Tofaş Şahin	86.39	71	Bordo Ford Focus	93.43
22	Beyaz Renault 12 Toros	53.42	72	Kırmızı Tofaş Kartal	72.06
23	Beyaz Renault	80.41	73	Mavi Mitsubishi L100 Minibüs	106.79
24	Beyaz Renault 12 Toros	34.57	74	Gri Honda Civic	87.01
25	Yeşil Suzuki Vitara	77.47	75	Beyaz Honda	90.61
26	Gri Fiat Doblo	79.71	76	Beyaz Renault 12	62.48
27	Mavi Peugeot Partner	75.52	77	Beyaz Ford Transit	90.48
28	Beyaz Tofaş Şahin	78.12	78	Mavi Fiat Tempira	89.21
29	Beyaz Tofaş Kartal	74.17	79	Beyaz Hyundai Kamyonet	77.78
30	Beyaz Kia kamyon	51.47	80	Beyaz Volkswagen Kamyonet	84.55
31	Beyaz Renault 12 SW	74.08	81	Beyaz Şahin	74.22
32	Beyaz Renault 21	89.47	82	Beyaz Ford	47.57
33	Mavi Volkswagen Passat	68.19	83	Beyaz Mitsubishi L100 Minibüs	83.32
34	Siyah Renault Laguna	77.95	84	Kırmızı Renault 12	79.45
35	Gri Peugeot Partner	84.62	85	Beyaz Renault 21	87.22
36	Kırmızı Hyundai	38.83	86	Yeşil Mercedes Kamyon	54.3
37	Sarı BMC Kamyon	92.81	87	Kahverengi Renault 12	78.12
38	Mavi Mitsubishi Otobüs	76.19	88	Beyaz Renault 9 Spring	63.82
39	Beyaz Renault 12 Toros	83.32	89	Yeşil Opel Vectra	84.62
40	Mavi Fiat 50 NC kamyon	56.67	90	Yeşil Tofaş Doğan SLX	86.39
41	Beyaz Renault	85.92	91	Sarı Mercedes	90.35
42	Beyaz Renault 21	49.52	92	Beyaz Tofaş Şahin	66.26
43	Sarı Renault 12	90.48	93	Kırmızı Tofaş Doğan L	72.27
44	Beyaz Suzuki Kamyon	69.67	94	Siyah Renault 12 Toros	80.41
45	Beyaz Ford P100 Kamyonet	86.57	95	Kırmızı Kamyon	49.47
46	Siyah Renault Megane	102.66	96	Beyaz Ford Transit	90.96
47	Kahverengi Renault 12	50.17	97	Beyaz Ford Transit Connect	76.55
48	Beyaz Tofaş Şahin	81.82	98	Kırmızı Fiat Brava	87.1
49	Beyaz Renault 12 SW	76.81	99	Mavi Fiat Tipo	74.87
50	Beyaz Iveco Kamyon	54.72	100	Gri Renault Clio	75.52



Şekil 8. Araç hızlarının dağılımı

4.SONUÇ VE TARTIŞMA

Sürücülerin izin verilen yasal limitler üzeri hız yapmaya eğiliminin gerçekten ciddi boyutlarda olması, büyük miktarlarda can kayıplarına, yaralanmalara ve maddi hasarlara neden olmaktadır. Bütün araştırma sonuçları, aşırı hız yapma probleminin önüne geçilmesinin ne kadar önemli bir husus olduğunu göstermektedir. Bu amaçla yürütülen çalışmalar, otomatik hız kontrol sistemleri kullanılarak yapılan uygulamalarda, geleneksel uygulamalara göre çok daha büyük oranlarda ihlal tespiti yapılabildiğini ve bunun caydırıcılığı da olumlu yönde etkilediğini göstermiştir.

Polis uygulamalarının etkinlik değerlendirilmesinde hareket kabiliyetleri, görülebilirlik düzeyleri vb. etkenler gözönünde bulundurulmalıdır. Polis uygulamalarında operasyon aracının gizlenmemesi durumunda, o alandan geçen araçların hızlarında büyük azalmalar elde edilebilmektedir. Ancak bu etki sadece uygulama alanıyla sınırlı kalmaktadır. Sürekli olarak gizlenmiş araçlarla uygulama yapılması durumunda ise, sürücülerini aşırı hız yapma davranışından caydırma etkisinin daha uzun süreli ve geniş alanlar için geçerli kaldığı araştırmalar sonucunda gözlemlenmiştir.

Otomatik hız tespit cihazlarının kullanılması ile polis kaynaklarında büyük bir artışa gerek olmadan, trafik ihlallerinin tespit edilme olasılığı artırılmaktadır. Bununla birlikte, uygulama yapılırken cihaz başında sürekli olarak görevli bulunmasına gerek olmamaktadır. Diğer taraftan, araçların görüntüleri otomatik olarak kaydedildiğinden bu kayıtlar gerekli olan durumlarda delil olarak kullanılabilir. Bu yüzden bu cihazlar, sürücüler için hazırlanan geribildirimün uygunluğunu ve miktarını artırabilmekte ve böylece suç işlenmesi olasılığını azaltmaktadır. Çünkü bu cihazlar uygulamanın tarafsızlığını ve adillliğini artıran, suçun işlenip işlenmediğini gösteren deliller üretmektedir.

Yapılan uygulama sonucunda elde edilen değerler analiz edildiğinde sürücülerin hız yapma davranışını yansıtan ve hız dağılımları ile ilgili çok önemli bulgular elde edilmiştir. Örneğin, hızları ölçülen 100 araçtan sadece 7'sinin 50 km/saatin altındaki hızlarda geçtiği tespit edilmiştir. Bu değer, hızı ölçülen araçların yalnızca %7'sinin hız limitlerine uydüğünü göstermektedir ki, bu oldukça küçük bir değerdir.

Sistem oldukça düşük maliyetli bir hız tespit etme metodu olarak ortaya çıkmaktadır ve basit bir foto-radar uygulaması olarak düşünülebilir. Çünkü uygulama materyali, bir video kamera, fotoselli hızölçer, ekipmanın dış etkenlerden korunmasının temini için kullanılacak bir kabin ve kaset vs. gibi sarf malzemelerinden oluşmaktadır ve bütün bu ekipmanların bir araya getirilmesi için oluşan maliyet birkaç bin dolar mertebesinde. Kameraların yağmur, toz, güneş gibi çevresel etkilere korunması gerekmektedir. Bu nedenlerle, fotosel hız kapılarını ve kameraları çevresel etkilere ve çalınmaya karşı korumak için özel kabinler yapılmalı ve bunlar sadece yetkili görevlilerin ulaşması sağlanacak şekilde yerleştirilmelidir.

Böyle bir metot ile görevliler tarafından otomatik olarak hız tespiti uygulaması yapılması durumunda, sürücüler hız ihlalinin bilgilendirilememekte, ancak daha sonra posta yoluyla kendilerine ihbarname yollanabilmektedir. Diğer taraftan, kanıt olarak araca ait görüntülerin, tarih, yer ve hız bilgilerinin bulunması, sürücülerin ihlal ihbarnamesine itiraz etmeleri ihtimalini azaltmaktadır. Geliştirilen bu sistemle aşırı hız yapma denetimleri yapılarak hem personel kullanımı azaltılacak hem de ceza uygulamasındaki kişiye özel ya da gayri resmi uygulamalar ortadan kalkacaktır. Bununla birlikte ekipli hız denetim uygulamalarının sürücüler tarafından yer ve zaman olarak tahmin edilmesi ya da bilinmesi ve buna göre önlem alınması da söz konusu olmayacaktır. Halen kullanılmakta olan video-radarlı sistemlere göre daha düşük maliyetli olan bu sistem ile otomatik ve daha yaygın olarak yapılacak hız denetimleri süreklilik kazanacak ve bu da aşırı hız yapmadan kaynaklanan trafik kazalarında ciddi anlamda bir azalma sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Desteklerinden dolayı Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] Çubuk, K., Hatipoğlu, S., “Trafik Güvenliği Ve Aşırı Hız”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 21, No 4, 699-702, 2006
- [2] Fitzpatrick, K., 1991. A review of automated enforcement. Prepared for the Texas Department of Transportation. College Station, Texas, Texas A & M University, Texas Transportation Institute TTI, 1991, 51 p., Research Report; No. 1232-5
- [3] Zaal, D., 1994. Traffic Law Enforcement: A Review of The Literature. SVOW Institute for Road Safety Research, No:53, 199 pp, Leidschendam.
- [4] Sawicki, D. S., 2002. Traffic Radar Handbook Web Site. CopRadar.com (<http://www.copradar.com>), USA.
- [5] McCoy's Radar Product's Homepage, 2002, <http://www.policeradar.com>
- [6] Lock, R., 1993. LaserCam. Information Brochure: LTS Traffic Systems. A division of Locktron Systems Pty. Ltd.
- [7] Ostvik, E., Elvik, R., 1990. The effects of speed enforcement on individual road user behaviour and accidents. In: Enforcement and rewarding: strategies and effects: proceedings of the International Road Safety Symposium in Copenhagen, Denmark, September 19-21, 1990, p.56-59.
- [8] Lynn, C.W., Lau, R., Garber, J.N., Alcee, J.V., Ferguson, W.S., Black, J.S., Lineau T.K., Wendzel, P.M., 1992. Final Report : Automated Speed Enforcement Pilot Project for The Capital Beltway: Feasibility of Photo-Radar. National Transportation Library. Virginia Transportation Research Council, 140p, Virginia.

- [9] (DÖSE) Nilsson, G., Ostvik, E., Elvik, R., Rothengatter, T., 1999. Denetim, Ödüllendirme, Stratejiler ve Etkiler (19-21 Eylül 1990 tarihinde Kopenhag'da yapılan Uluslar arası Karayolu Güvenliği Sempozyumu Tutanakları). T.C. EGM Trafik Hizmetleri Başkanlığı Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 45-64.
- [10] Mathijssen, M.P.M.; Wesemann, P., 1993. The role of police enforcement in the decrease of DWI in the Netherlands, Netherlands.
- [11] Wegman, F., 2008. Advancing Sustainable Safety in the Netherlands, CCMTA Road Safety Forum, Ottawa, Ontario
- [12] Çavdar A., Uçar, M., Kılıçaslan, İ., 2008. Trafik Kazalarına Sebep Olan Yüksek Hız Kusurlarının Denetimi ve Aktif Güvenlik Sistemler İle Kontrolü, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 23, No 1, 187-198.

BALIKESİR İLİ EMNİYET KEMERİ KULLANIMI ALİŞKANLIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayşe TURABI*, Füsün ÜÇER**

*Balıkesir Üniversitesi, M.M.F, İnşaat Müh. Böl., Balıkesir-aturabi@balikesir.edu.tr

** Balıkesir Üniversitesi, M.M.F, İnşaat Müh. Böl., Balıkesir-fucur@balikesir.edu.tr

ÖZET

Emniyet kemerleri, trafik kazalarında ölümleri ve ciddi yaralanmaları azaltan etkili araçlardandır. Emniyet kemerleri doğru kullanıldığında ciddi yaralanmaların oluşma riskini %40–50 ve ölümlerin oluşma riskini %40–65 arasında azaltabilir. Türkiye’de emniyet kemeri kullanımı 1983 yılında çıkan 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanununa göre çıkarılan yönetmelik ile düzenlenmiştir. 1985 yılında çıkarılan yönetmelikle; şehirdışında, 1992 yılında çıkarılan yönetmelikle şehiriçinde emniyet kemeri kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Oysa yaralanmalı ve ölümlü kaza olaylarını önlemede çok önemli olan emniyet kemerlerinin kullanımı yeterince yaygın değildir.

Çalışmada emniyet kemeri kullanımının önemi, Balıkesir’de emniyet kemeri kullanım oranları ve emniyet kemeri kullanmada etkili olan kişisel özellikler, inanışlar incelenmiştir. Emniyet kemeri kullanım oranları hem hareket halindeki araçlar içindeki sürücü ve yolcular gözlemlenerek hem de araç dışındaki kişilerle emniyet kemeri kullanımı ve emniyet kemeri kullanımı alışkanlıklarının sorulduğu anket çalışması yapılarak değerlendirilmiştir. Gözlemler; şehir içi ve şehir dışı noktalarında, hafta içi – hafta sonu günlerinde, sabah akşam saatlerinde, otomobil türü taşıtların sürücü ve ön koltuk yolcularının emniyet kemeri kullanımı, cinsiyet, yaş özelliklerinin gözlenmesi şeklinde yapılmıştır. Uygulanan ankette; anketörler yaya durumunda olan kişilere yaş, cinsiyet, emniyet kemeri takıp-takmadığı, takmıyorsa sebebi (konforsuzluk, alışkanlık, diğer), emniyet kemeri takıyorsa niçin taktıkları (zorunluluk, ceza, güvenlik, diğer), emniyet kemeri takmadıkları için ceza alıp almadıkları, trafik kazası geçirip geçirmedikleri gibi sorular sormuşlardır.

Gözlemler Balıkesir ili emniyet kemeri kullanımının düşük değerlerde olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre emniyet kemeri kullanımı konusunda kamuoyu bilinçlendirme çalışmalarının etkin bir şekilde devam etmesi gerektiği ve konunun sürekli gündemde tutularak emniyet kemerinin öneminin vurgulanması gerektiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Emniyet kemeri, Trafik güvenliği, Sürücü davranışı.

1. GİRİŞ

Uluslararası araştırmalar, araçta bulunanların hareketlerini kısıtlayıcı ekipmanların kullanılmasının kazaların ve oluşan yaralanmaların derecesini azaltmak için önemli ölçüde etkin bir yöntem olduğunu göstermektedir. Uluslararası birçok çalışma, emniyet kemerinin karayolu trafik kazalarında yaralanma şiddetini azaltan koruyucu özelliği olduğunu ortaya koymasına rağmen, hala önemli bir oranda emniyet kemeri kullanılmamaktadır. Emniyet Genel Müdürlüğü'nün 1999 yılında yaptığı çalışmada, şehiriçi yollardaki emniyet kemeri kullanım oranı %21 olarak bulunmuştur [1].

Emniyet kemeri kullanımı, kazada oluşan ölüm ve yaralanmaları %50 oranında azaltmaktadır. Özellikle ölümlü ve ağır yaralanmalı trafik kazalarında, arka koltukta yolculuk yapan çocukların emniyet kemeri kullanımı çocuk yaralanmaları ve ölümlerini %90 oranında, sürücüler ve ön koltuk yolcuları için %60 oranında ve arka koltuk yolcularında %25 oranında azalmaktadır [2]. Emniyet kemeri yalnızca vücudu darbelere karşı korumakla kalmayıp aynı zamanda kaza sırasında kişilerin araçta kalmasını sağlamakta ve araçtan dışarı fırlatılmasını engellemektedir [3]. Avrupa ülkelerinde emniyet kemerinin ön ve arka koltuklarda ve yolcu koltuklarında takılması zorunludur.

Türkiye'de emniyet kemeri kullanımı, 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanununa [4] göre düzenlenmiştir. 18.06.1986 tarihinden itibaren "şehirlerarası karayollarında otomobil ve tescil bakımından otomobil gibi işlem gören arazi taşıtları ve minibüslerde sürücüsü ve yanında oturan yolcular için" emniyet kemeri uygulaması başlatılmıştır. 01.01.1992 tarihinden itibaren "şehiriçi yollarda da ticari otomobil ve minibüsle yolcu taşımacılığı yapan araç sürücülerini hariç, otomobil ve otomobil gibi tescil işlemi gören arazi taşıtları ve minibüs gibi taşıtların sürücülerini ile ön koltuğunda oturan yolcularına" emniyet kemeri takma zorunluluğu getirilmiştir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Balıkesir ilinde şehiriçi ve şehirdışı karayollarında otomobil sürücü ve yolcularının emniyet kemeri kullanımına etki eden faktörleri ve bu faktörlerin ağırlığını araştırmaktır. Bu amaçla, şehiriçi yolculuk yapanlara (cinsiyet, yaş, kemer kullanmama sonucu alınan cezalar, güvenlik artırıcı olması, yeni araçlarda uyarı sesinin bulunması, konforsuzluk, kısa mesafe, alışkanlık vb.) sorulardan oluşturulan anket çalışması uygulanması ile ve şehiriçi, şehirdışı bölgelerde yapılan gözlemlerle emniyet kemeri kullanılmasına etki eden faktörler belirlenmeye çalışılmıştır.

2. EMNİYET KEMERİ KULLANIMI

Trafik kazalarında ölüm ve yaralanmaları önlemenin en hızlı, en kolay ve en etkili yolu, araçlardaki bireylerin kısa veya uzun, şehiriçi veya şehirdışı bütün seyahatlerinde emniyet kemeri kullanımını sağlamaktır. Yapılan çalışmalarda araba kazalarında emniyet kemeri kullanımının sağladığı faydalar konusunda aşağıda sıralanan sonuçlara ulaşılmıştır:

Emniyet kemeri kullanılması kaza sırasında kişiyi araç içerisinde tutarak dışarıdan ve içeriden gelebilecek darbelere karşı korumada başarılı olmaktadır.

Emniyet kemeri kullanılmadığında, kişi araç içerisinde savrulmakta ve araç içerisinde hızla kenarlara çarpılmaktadır. Savrulma esnasında kenarlarda bulunabilecek sivri uçlu kesici vb. parçalar kişi için tehlike yaratabilmektedir.

Emniyet kemeri kullanıldığı durumlarda kazanın şiddetiyle orantılı olarak emniyet kemeri üzerinde büyük çekme kuvvetleri oluşmaktadır. Bu kuvvetler kaza sırasında kemere temas eden kişilerin göğüs bölgelerinde ezilme ve morarmalara sebep olabilmektedir. Ayrıca, durmanın şiddetine göre boyun bölgesinde ataletin de etkisiyle vücuda göre daha hızlı hareket edeceği için tehlikeli bir bölge olabilmektedir. Fakat bu kemersiz bir durumda kişilerin maruz kalabileceği yaralanma ve hatta ölümlerle karşılaştırıldığında önemsiz kalmaktadır [5].

Ölümlü kazalarda emniyet kemeri kullananların % 24.8 i hiç zarar görmeden kazayı atlarken, emniyet kemeri kullanmayanlarda bu oran % 6.3'tür. Üç noktalı emniyet kemerleri otomobilde seyahat edenlerin ağır yaralanma risklerini % 45 kamyonetlerde de % 60 oranında azalmaktadır.

İleri düzey araştırmalarda arka koltukta emniyet kemeri kullanımının, arka koltukta meydana gelen ölüm ve yaralanmaların 2/3'ünü ve ön koltukta ölümlerin ise % 6'sını önlediği saptanmıştır. Bütün ağır yaralanmalarda ise, arka koltuk emniyet kemerleri yaralanmanın şiddetini % 50 oranında azaltmaktadır [1].

2.1 Diğer Ülkelerde ve Ülkemizde Emniyet Kemeri Kullanımı

Ülkeler arasında emniyet kemeri kullanım sıklıkları farklıdır. Finlandiya'da ve İsviçre'de emniyet kemeri kullanım sıklığı %90'dır. ABD'de emniyet kemeri kullanımı 1994 yılında %58, 2002 yılında %75'dir. Avrupa Birliği ülkelerinde 1990'ların ortalarında emniyet kemeri kullanımı ön koltukta %52 - 92 ve arka koltukta %9-80 arasında değişmektedir. Kore Cumhuriyeti'nde emniyet kemeri kullanımı 2000 yılında %23 iken yapılan müdahaleler sonrası 2001 yılında %98'e yükselmiştir. Arjantin'de Buenos Aires kent merkezinde emniyet kemeri kullanımı %26'dır [1].

Genel bir ifade ile belirtilecek olursa emniyet kemeri kullanımının zorunlu olduğu ülkelerdeki ölüm ve yaralanma oranları, kullanımın zorunlu olmadığı ülkelere göre %40 daha azdır. Avustralya'nın bir eyaleti olan Viktorya'da emniyet kemeri kullanımı 1970 yılında zorunlu hale getirilmiştir. Bundan 4 yıl sonra 1974 istatistiklerinde ölümlerde %37'lik azalma, yaralanmalarda % 41'lik azalma ve omurilik zedelenmelerinde ise %27'lik azalma meydana gelmiştir. 1995'te Amerika'da ise emniyet kemerleri 9.797, hava yastıkları 475, çocuk koruma sistemleri ise 279 kişinin hayatını kurtarmıştır. Kanada'da, 1989'dan bu yana emniyet kemerleri 2.400 kişinin hayatını, 55.000 kişinin yaralanmasını önlemiş, sosyal ve sağlık maliyetlerinde 3 milyon dolar tasarruf sağlamıştır. Yine aynı ülkede ise 1995 yılında ölümlü kazalarda, koruma sistemi kullanmayanların (Emniyet kemeri, araç çocuk koltuğu vs.) % 25'i aracın dışına fırlatılmıştır [1].

2002 yılında ülkemizde meydana gelen 80.570 ölümlü-yaralanmalı trafik kazası değerlendirildiğinde; sürücülerin emniyet kemeri takılı olan kazalardaki ölüm oranı %3,3 iken, takılı olmayan kazalardaki ölüm oranının %12,2 olduğu tespit edilmiştir. Başka bir deyişle ölümlü-yaralanmalı kazalardaki ölüm oranı emniyet kemeri takılmadığı takdirde 4 kat artmaktadır.

Ülkemizde 2003 yılındaki trafik kazaları sonucunda ölenlerin %37'sini sürücüler, %40'ını yolcular ve %23'ünü ise yayalar oluşturmaktadır. %40 oranında meydana gelen yolcu ölümlerinin ise %20'sinin 20 yaş altındaki yolcular olduğu dikkate alındığında, emniyet kemerinin sadece sürücüler ve yetişkinler için değil, çocuklar için de öğrenilmesi ve alışkanlık haline getirilmesi gereken bir unsur olduğu ortaya çıkmaktadır [6].

Türkiye'de ülke çapında emniyet kemeri kullanımını değerlendiren bir çalışma yoktur. 2000 yılında Ankara çevresindeki şehirlerarası yollarda yapılan kontrollerde otomobil sürücülerinde emniyet kemeri kullanımı %45- 65 arasında bulunmuştur. Şehiriçindeki kullanım daha düşüktür. Ankara'da yapılan bazı sınırlı gözlemler emniyet kemeri kullanımını yaklaşık %20 civarında olduğunu göstermektedir.

Ankara'da, Trafik Hizmetleri Başkanlığı, Trafik Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığınca hazırlanan "1997 Yılında (1. dereceden) Kara Nokta Olarak Tespit Edilen İndeks Toplamından Sıralı Şehiriçi Kavşaklar" adlı araştırmadan yola çıkılarak, trafik yoğunluğunun fazla olduğu 27 kavşakta, trafiğin yoğun olduğu farklı saatlerde üç kişilik bir ekip bulundurarak gözlemler emniyet kemeri kullananların oranı belirlemeye çalışılmış. Yapılan bu araştırmaya göre Ankara'da emniyet kemeri kullanım yüzdesi %4,7-37,5 arasında değişmektedir. Araba tiplerine göre emniyet kemeri kullanımı değerlendirildiğinde ise, otomobil sürücülerinde emniyet kemeri kullanımı %15 ve sürücünün yanında oturanlarda %17 iken, ticari takside sürücünün yanında oturan yolcular emniyet kemeri kullanmamaktadır.

Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı'nda yapılan emniyet kemeri kullanımı ile ilgili gözleme dayanan araştırmada, sürücülerin %14,5'inin emniyet kemeri kullandıkları saptanmıştır. Sürücülere emniyet kemeri kullanma durumunun sorulduğu bir başka araştırmada ise, sürücülerin %56'sı kullandıklarını bildirmişlerdir. Bu araştırmanın yapıldığı bölgenin sosyoekonomik durumu Türkiye ortalamasının üzerindedir. Çalışmalarda emniyet kemeri kullanma davranışının kadın olmakla, yaşla ve ehliyet sahibi olma süresiyle arttığı tespit edilmiştir.

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı tarafından tıp fakültesi öğretim üyeleri arasında yapılan araştırmada emniyet kemeri kullanımı, kendi ifadeleriyle %78 olduğu belirtilmiştir.

3. BALIKESİR İLİ EMNİYET KEMERİ KULLANIMININ ANKET VE GÖZLEM ÇALIŞMALARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1 Yöntem

Bu çalışmada, Balıkesir il merkezinde şehiriçinde 2. otopark bölgesi, 3. otopark bölgesi, Vergi dairesi – Kampüs dolmuşları arası açık otopark bölgesi ve Üniversite kampüsü bölgesi olmak üzere dört farklı bölgede anket çalışması yapılmıştır. Ayrıca, şehiriçinde Hükümet kavşağı, Çardaklı kavşağı, Lonca kavşağı bölgeleri ve şehirdışında Balıkesir-İzmir kavşağı, Balıkesir-Bursa kavşağı, Balıkesir Edremit kavşağı bölgeleri olmak üzere üç farklı bölgede otomobil gözlemleri yapılmıştır. Böylece şehiriçi anket, şehiriçi otomobil gözlemleri ve şehirdışı otomobil gözlemleri şeklinde üç ayrı veri grubu toplanmıştır. Anket ve gözlem çalışmaları Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat

Mühendisliği öğrencileri tarafından yapılmıştır. Anket ve gözlemlerde 12 öğrenci, 3 kişilik gruplar olarak çalışmıştır [7,8].

Anketler, her dört bölgede, hafta içi ve hafta sonu farklı iki günde, sabah 10.00-11.00 saatleri arasında ve öğleden sonra 16.00-17.00 saatleri arasında yapılmıştır. Her gözlemci grubu Çizelge 1.' de verilen anket formunu kullanmıştır.

Çizelge 1. Anket formu

Araç	Emniyet kemeri kullanımı		Cinsiyet		Yaş grubu S (sürücü) ☐ Y (yolcu) ☐			Emniyet kemeri Kullanma sebebi				Emniyet kemeri kullanmama sebebi		
	Evet	Hayır	Kadın	Erkek	18-30	30-50	50-70	Zorunluluk- Ceza	Güvenlik Araç	Yeni araç uyarı sesi	Ceza alma	Konforsuz	Kısa mesafe/alışık	Ceza almama
1														
2														
n														

Gözlemler ise her üç bölgede, sabah 10.00-11.00 saatleri arasında ve öğleden sonra 16.00-17.00 saatleri arasında hafta içi iki gün, hafta sonu bir gün olarak yapılmıştır. Gözlemlenen araçlar otomobil türü araçlar olup, sadece ön koltuk sürücü ve yolcusunun emniyet kemeri kullanıp kullanmadığına bakılmıştır. Gözlemlerde otomobil türü araçların ön koltuk sürücüsü veya yolcusunun cinsiyeti, yaş grubu, şehiriçi - şehirdışı yol oluşu durumlarındaki emniyet kemeri kullanımı izlenmiştir. Her gözlem süresi yaklaşık 1saattir. Her gözlemci grubu toplanan bilgiler için Çizelge 2'de verilen gözlem formunu kullanmıştır. Dört gözlem grubunun da sayım değerleri yaklaşık olduğundan, çalışmada sadece bir grubun sonuçları kullanılmıştır.

Çizelge2. Gözlem formu

Gözlem tarihi:					Gözlem yeri:				
Gözlem günü:					Yolun yönü:				
Gözlem saati:					Gözlem sırasında geçen araç sayısı:				
Gözlemci Ad Soyad:					Şehiriçi ()		Şehirdışı ()		
Araç	Emniyet kemeri kullanımı		Gözlemlenen kişi		Cinsiyet		Yaş grubu		
	Evet	Hayır	S (sürücü)	Y (yolcu)	Kadın	Erkek	18-30	30-50	50-70
1									
n									

3.2 Veriler

Ankete katılan toplam 446 kişinin 322'si erkek, 124'ü kadındır. Ankete katılanların yaşları; (18-30) arası 255 erkek 105 kadın, (30-50) arası 64 erkek 18 kadın, (50-70) arası 3 erkek 1 kadın şeklindedir.

Otomobillerde emniyet kemeri kullanan kişilere yapılan gözlem çalışmasında ise, şehiriçinde 1914 kişi, şehirdışında 3303 kişi olmak üzere toplam 5217 kişi gözlemlenmiştir. Şehiriçinde seyahat edenlerin 1358 adedi sürücü, 556 adedi yan koltuk yolcusudur. Şehirdışında seyahat edenlerin 2409 adedi sürücü, 894 adedi yan koltuk yolcusudur. Yaş Aralıkları, (18-30) arası 456'sı şehiriçinde 1042'si şehirdışında, (30-50) arası 862'si şehiriçinde 1447'si şehirdışında, (50-70) arası 596'sı şehiriçinde 814'ü şehirdışındaki yolculuklarda gözlemlenmiştir.

4. BULGULAR

Ankete katılan toplam 446 kişiye yöneltilen anket sonuçları Çizelge 2.'de verilmiştir.

Çizelge.2. Anket sonuçları

Erkekler									Kadınlar								
Evet %70					Hayır %30				Evet %77					Hayır %23			
Yaş aralığı	18-30	30-50	50-70		Yaş aralığı	18-30	30-50	50-70	Yaş aralığı	18-30	30-50	50-70		Yaş aralığı	18-30	30-50	50-70
Toplam kişi	175	49	0		Toplam kişi	80	15	3	Toplam kişi	83	12	0		Toplam kişi	22	6	1
Kullanma sebebi					Kullanmama sebebi				Kullanma sebebi					Kullanmama sebebi			
Zorunluluk	Güvenlik	Araç uyarısı	Ceza alma	Diğer	Konforsuz	Kısa mesafe alışkanlık	Ceza almama	Diğer	Zorunluluk	Güvenlik	Araç uyarısı	Ceza alma	Diğer	Konforsuz	Kısa mesafe alışkanlık	Ceza almama	Diğer
46	199	32	7		44	74	6		25	89	14	1		13	28	0	
Toplam kişi=284					Toplam kişi=124				Toplam kişi=129					Toplam kişi=41			
%					%				%					%			
16	70	11	3		35	60	5		19	69	10	1		32	68	0	

Çalışmada yapılan anket sonuçlarına göre, ankete katılan erkeklerin %70'i, kadınların %77'si emniyet kemeri kullanmaktadır. Emniyet kemeri kullanan erkeklerin %70'i kadınların %69'u güvenlik artırıcı olması, erkeklerin %16'sı kadınların %19'u zorunluluk, erkeklerin %11'i kadınların %10'u araç uyarı sesi, erkeklerin %3'ü kadınların %1'i ceza alma nedenleri ile kullanmaktadırlar. Buna göre, emniyet kemeri kullanımının en yüksek orandaki sebebi, güvenlik artırıcı olmasındandır.

Ankete katılan erkeklerin %30'u, kadınların %23'ü emniyet kemeri kullanmamaktadır. Emniyet kemeri kullanmama nedenlerine bakıldığında, emniyet kemeri kullanmayan erkeklerin %60'ı kadınların %68'i kısa mesafeli yolculuk ve alışkanlık olmadığı için, erkeklerin %35'i kadınların %32'si konforsuz olması, erkeklerin %5'i kadınların %0'ı ceza almama nedenleri ile kullanmamaktadırlar. Emniyet kemeri kullanmamanın en yüksek orandaki sebebi, kısa mesafeli yolculuk ve alışkanlık olmamasıdır.

Emniyet kemeri kullanılması ve kullanılmaması yaş aralıklarına göre de değerlendirilmiştir. Yaş aralıklarına göre değerlendirme Çizelge 3.'de verilmiştir.

Çizelge.3. Yaş aralıklarına göre anket değerleri

Yaş aralığı	Ankete Katılan			Evet			Hayır		
	(18-30)	(30-50)	(50-70)	(18-30)	(30-50)	(50-70)	(18-30)	(30-50)	(50-70)
	(kişi)			%			%		
Erkek	255	64	3	68	77	0	32	23	100
Kadın	105	18	1	79	67	0	21	33	100

Ankete katılan kişilerin yaş aralıkları; (18-30) 255 erkek katılımcının %68'i evet %32'si hayır, (30-50) 64 erkek katılımcının %77'si evet %23'ü hayır, (50-70) 3 erkek katılımcının %0'evet %100'ü hayır cevabını vermiştir. Kadın katılımcılarda ise, yaş aralıkları; (18-30) 105 kadın katılımcının %79'u evet %21'i hayır, ((30-50) 18 kadın katılımcının %67'si evet %33'ü hayır, (50-70) 1 kadın katılımcının %0'evet %100'ü hayır cevabını vermiştir.

Gözlemlerde 5217 kişi sayılmış, emniyet kemeri kullanımı %22.2 olarak düşük bir değerde belirlenmiştir. Çizelge 4. çalışmadaki gözlemlenen kişi özelliklerini göstermektedir. Gözlemler şehir içi ve şehir dışı (şehre giriş-çıkış) noktalarında olmak üzere farklı yönlerde yapılmıştır.

Çizelge 4 Gözlemlenen kişi özellikleri

	Gözlemlenen kişi sayısı	%
Sürücü	3767	72.2
Yolcu	1450	27.8
Erkek	3516	67.4
Kadın	1701	32.6
18-30	1498	28.7
30-50	2309	44.3
50-70	1410	27.0
Toplam	5217	100

Çizelge 5., dört gözlem noktasındaki sayımları ve emniyet kemeri kullanım değerlerini vermektedir. Daha önce yapılmış çalışmalara benzer olarak şehir içi emniyet kemeri kullanımı, şehir dışı emniyet kemeri kullanımına göre oldukça düşük olarak bulunmuştur. Diğer yönlerde yolun önemine ve kişilerin düşündükleri denetimin sıklığına göre emniyet kemeri kullanma oranı değişiklik göstermiştir. Çizelge 6. ise şehir içi ve şehir dışı noktalarında, hafta içi ve hafta sonu günlerinde, gözlemlenen kişi özelliklerine göre gözlemlenen kişi sayısı ve emniyet kemeri kullanan kişi sayısını vermektedir.

Çizelge 5 Gözlem noktalarına göre emniyet kemeri kullanımı

Gözlem noktaları	Süre	Gözlemlenen kişi sayısı	Emniyet kemeri kullanan	Emniyet kemeri kullanan %
Balıkesir- Bursa yönü Em. Mü. noktası	2	1741	442	25.4
Balıkesir-İzmir yönü Adalet Sarayı noktası	4	703	125	17.8
Balıkesir-Edremit yönü Tr. Bölge Md. noktası	4	859	257	29.9
Şehiriçi Hükümet	2	1914	332	17.3
Toplam	12	5217	1156	22.2

Çizelge 6. Gözlemlenen kişi özelliklerine göre emniyet kemeri kullanımı

		Şehiriçi		Şehirdışı		Hafta içi		Hafta sonu		Balıkesir Toplam	
		Toplam	E. K	Toplam	E. K	Toplam	E. K	Toplam	E. K	Toplam	E. K
Sürücü		1358	200	2409	564	2637	574	1130	190	3767	764
Yolcu		556	132	894	260	1000	286	450	106	1450	392
Erkek		1220	205	2296	531	2480	540	1036	196	3516	736
Kadın		694	127	1007	293	1157	320	544	100	1701	420
Yaş	18-30	456	67	1042	230	1126	238	372	59	1498	297
	30-50	862	150	1447	364	1510	356	799	158	2309	514
	50-70	596	115	814	230	1001	266	409	79	1410	345
Toplam		1914	332	3303	824	3637	860	1580	296	5217	1156

Çalışmanın sonuçları daha önce yapılmış çalışmalar ile benzer özellikler göstermektedir. Yapılan çalışmada da yolun şehir içi ve şehir dışı yol olması gibi çevre faktörlerinin emniyet kemeri kullanmada etkili olduğu görülmüştür [9]. Ayrıca kişilerin sürücü veya yolcu olmasının emniyet kemeri kullanımını etkileyen kişisel özelliklerden olduğu da görülmüştür. Gözlemlenenlerin erkek ve kadın olması ve yaş grupları da emniyet kemeri kullanımında önemli farklar yaratmaktadır.

Çizelge 7., Balıkesir ilinde şehir içi ve şehir dışında- hafta içi ve hafta sonu günlerinde gözlemlenen sürücü - yolcu, erkek – kadın ve yaş gruplarının emniyet kemeri kullanımı değerlerini vermektedir.

Çizelge 7. Gözlemlenen kişi özelliklerine göre emniyet kemeri kullanımı (%).

		Şehiriçi %	Şehirdışı %	Hafta içi %	Hafta sonu %	Balıkesir ili Toplam %
Sürücü		14.7	23.4	21.8	16.8	20.3
Yolcu		23.7	29.1	28.6	23.6	27.0
Erkek		16.8	23.1	21.8	18.9	20.9
Kadın		18.3	29.1	27.6	18.4	24.7
Yaş	18-30	14.7	22.1	21.1	15.9	19.8
	30-50	17.4	25.1	23.6	19.8	22.3
	50-70	19.3	28.2	26.6	19.3	24.5
Toplam		17.3	24.9	23.6	18.7	22.2

Balıkesir ilinde emniyet kemeri kullanma oranının %22.2 gibi düşük bir değerde olması bu konuda yapılan ve yapılması gereken bilgilendirme çalışmalarına ve denetim sıklığına dikkat çekmektedir.

Balıkesir ilinde sürücülerin emniyet kemeri kullanımı yolculara göre daha düşük gerçekleşmiştir. Sürücülerin %14.7 olan şehir içi emniyet kemeri kullanma oranı hem yolculara hem de şehir dışı emniyet kemeri kullanma oranına göre çok düşüktür. Yolcular kendileri dışında birinin araç kullanımından tedirginlik duyarak emniyet kemerini daha çok kullanmaktadır.

Gözlemler Balıkesir ilinde erkeklerin şehir içinde ve şehir dışında kadınlara göre daha az emniyet kemeri kullandığını göstermektedir. Erkekler de şehir içinde %16.8 olan emniyet kemeri kullanma oranı kadınlarda %18.3 dür. Bu oran toplam emniyet kemeri kullanma oranı olan %22.2 değerinden oldukça düşüktür. Bu değerler erkeklerde daha çok gözlenmekle birlikte genel olarak gözlemlenen kişilerin kısa yolculuklarda kaza riskini az bulduklarını göstermektedir. Oysa araştırmalar kazaların kısa mesafelerde daha çok gerçekleştiğini göstermektedir.

Yaş gruplarının tümünde şehir içi emniyet kemeri kullanımı düşük ve genel emniyet kemeri kullanımı değerinin altındadır. 18-30 yaş aralığındaki genç kişilerde emniyet kemeri kullanma oranları şehir içinde %14.7 ve şehir dışında %22.1'dir. Gençler diğer yaş guruplarına göre daha az emniyet kemeri kullanmaktadır. 50-70 yaş aralığındaki kişilerde ise emniyet kemeri kullanımı artmakta ve özellikle şehir dışında %22.2 olan genel emniyet kemeri kullanma değerinin üzerine çıkmaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Balıkesir ilinde şehiriçi ve şehirdışında yapılan anket ve gözlem çalışmaları ile, otomobil ile seyahat edenlerin emniyet kemeri kullanıp/kullanmaması ve bunlara etki eden faktörler araştırılmıştır.

Anket sonuçlarına göre, emniyet kemerinin güvenlik artırıcı olduğu inancı ile iyi denebilecek bir oranda (%70,%69) kullanıldığı ortaya çıkmıştır. Ancak gözlem sonuçları ile karşılaştırıldığında, gözlemlerde bu oranın (%20.9, %24.7) seviyelerinde olması dolayısı ile ankete verilen cevapların samimi olmamış olabileceği düşünülmektedir.

Emniyet kemeri kullanılmamasında kısa mesafe yolculuk/alışkanlık faktörünün diğer faktörlerden daha yüksek oranda (%60, %68) olduğu görülmüştür. Özellikle kent içindeki yolculuklarda hızın izafi olarak düşük olması ve bu konuda bilinç eksikliği olduğu tespit edilmiştir. Halbuki, ölümlü trafik kazalarının %80'i 30-35 km uzaklıkta ve 55-60 km/s hızın altındayken gerçekleşmektedir [1]. Konforsuz olduğu düşüncesi ile emniyet kemeri kullanılmaması da önemli bir oranda (%35, %32) karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle daha ergonomik dizaynlar yapılmasına çalışılarak, kemerin hareketi kısıtladığı gibi olumsuz düşüncelerden arınarak, kullanımının artırılmasına yardımcı olunmalıdır.

Yaş aralıklarına göre elde edilen sonuçlarda toplam erkek ve kadınlardan yaş aralıklarına göre; (18-30) %72'si , (30-50) %74'ü, (50-70) %0'ı emniyet kemeri kullandığı değerlendirildiğinde, anketlerde genç ve orta yaş gurubunun emniyet kemeri kullanımına daha çok riayet ettikleri görülmüştür. 50 yaş üzerindeki kişilerin emniyet kemeri

kullanmamasının sebebinin tecrübelerinin artmış olduğu düşüncesi ile kendine olan güveninin daha fazla olabileceği düşünülmektedir.

Balıkesir ili emniyet kemeri kullanımı gözlem sonuçlarında kadınların emniyet kemeri kullanma oranı %24.7, erkeklerin emniyet kemeri kullanma oranı % 20.9, yaş gruplarına göre sürücü ve yolcuların emniyet kemeri kullanma oranı; 18-30 yaş aralığı %19.8, 30-50 yaş aralığında %22.3, 50-70 yaş aralığında %24.5 olarak belirlenmiştir.

Anketler, Balıkesir ilinde emniyet kemeri kullanımının yüksek olduğunu göstermekle birlikte, gözlemler Balıkesir ili emniyet kemeri kullanımının düşük değerlerde olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre emniyet kemeri kullanımı konusunda kamuoyu bilinçlendirme çalışmalarının etkin bir şekilde devam etmesi gerektiği ve konunun sürekli gündemde tutularak emniyet kemerinin öneminin vurgulanması gerektiği görülmektedir. Toplumsal bilinç karayolu güvenliği için gerekli bir güç ve bunun yanında ağır bir yükür [10]. Bu nedenle emniyet kemerlerinin temel karayolu güvenlik önlemi olduğu sürücü ve yolculara çok iyi anlatılmalıdır. Yaptırımların sıkı takip edilmesi ve tutarlı olması halkın kabullenmesi ile birlikte emniyet kemeri kullanımını daha fazla arttıracaktır.

KAYNAKÇA

- [1] T.C. Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı, “Ülkemizde Emniyet Kemeri Kullanımı”, Ankara, Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü Yayınları, 1999.
- [2] Elvik R., Vaa T., “The Handbook of Road Safety Measures”, Amsterdam, Elsevier, 2004.
- [3] Avrupa Birliği Avrupa Ulaşım Güvenliği Komisyonu “Avrupa’da Trafik Kayıplarının Azaltılması İçin Polis Denetim Stratejileri”, Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 1999.
- [4] <http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/644.html>.
- [5] Atahan A. O., “Araba Kazaları Sırasında Emniyet Kemeri Kullanımının Faydaları”, Uluslar Arası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2000.
- [6] www.emniyet.gov.tr.
- [7] Hasbay A., Kocaman Ç., “Balıkesir İli Emniyet Kemeri Kullanımı İstatistik Bilgileri”, BAÜ. Müh. Mim. Fak. İnşaat Müh. Böl., Ulaştırma ABD., Bitirme Çalışması, 2008.
- [8] Torun A., Aydın S. vd., “Balıkesir İli Emniyet Kemeri Kullanımının Anket ve Gözlem Sonuçlarına göre Belirlenmesi”, BAÜ. Müh. Mim. Fak. İnşaat Müh. Böl., Ulaştırma ABD., Bitirme Çalışması, 2011.
- [9] Şimşekoğlu Ö., Lajunen, T., “Emniyet Kemerini Etkileyen Faktörler”, 3. Trafik Ve Yol Güvenliği Uluslar Arası Kongresi, s. 510-516, Ankara, 2006.
- [10] PIARC Karayolu Güvenliği Komitesi Başarıyla Üstesinden Gelinebilecek Dünya Çapında Bir Problem, “Karayolu Trafik Kazaları Komite Raporu”, 1996.

ANKARA’DA KENT İÇİ ULAŞIMDA BİSİKLET KULLANIMININ ARTIRILMASINA YÖNELİK BİR ÖNERİ

Didem AFACAN, Metin ŞENBİL

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Maltepe,
Ankaradidemafacan@gmail.com,senbil@gazi.edu.tr

ÖZET

Ankara’nın nüfusunun hızla artması araç trafiğini de yoğunlaştırmıştır. İş, eğitim ve konut arası ulaşımlarda toplu taşıma araçlarını kullanırken birçok sorunla karşılaşmaktadır. Bunun önüne geçilebilmesi için Avrupa ve Asya ülkelerindeki gibi kent içi ulaşımında bisiklet kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Bunun için de bisiklet yollarına ağırlık verilmelidir. Planlama ile karayollarından ayrı bir güzergahta bisiklet yolları planlanmalı ya da mevcut karayollarının bir bölümünün bisiklet ulaşımına ayrılması için düzenleme yapılmalıdır.

Ankara’da kent içi ulaşımında bir grup insan trafiğin kendileri için tehlike teşkil etmesine rağmen bisiklet kullanmaktadırlar ve Perşembe akşamları bisikletleriyle trafiğe karışarak ulaşımında bisikletinde kullanılabileceğini göstermeye çalışmaktadırlar. Hem kent içi ulaşımında yaşanan kazaların ve aksaklıkların hem de çevre kirliliğinin önüne geçilebilmesi için bisiklet ulaşımının bir yaşam tarzı olarak benimsenmesi elzemdir.

Bu çalışmada Ankara’da hangi semtlerin ve hangi güzergahların bisiklet kullanımı için uygun olduğu araştırılacak ve hangi bölgelerde bisiklet kullanımının hangi yöntemlerle teşvik edilebileceği hususlarında önerilerde bulunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım, bisiklet, bisiklet yolu, bisiklet kiralama tesisleri, bisiklet park alanı, toplu taşıma

1. GİRİŞ

Ankara’da nüfusun hızlı artışıyla beraber özel otomobillerin sayısında da artış olmuştur. Özel otomobillerin bu kadar fazla olması hava ve gürültü kirliliğine neden olmakta beraber özel otomobil kullanımının ortaya çıkardığı trafik sıkışıklığı sonucu zaman kayıpları ve kazalar da sıkça görülmektedir. Trafik sıkışıklığı kentin değişik bölgelerinin cazibesini azaltmakta, değişik arazi kullanım politikaları ile buraların desteklenmesinin de önüne

geçmektedir. Kontrolsüz olarak yayılan kentin toplu taşıma ile birlikte gelişmesinin yönü gün geçtikçe daha da zor olmaktadır.

Ulaşım planlamasında son on yılda ortaya çıkan yegâne sonuç artık karayolu inşaatı ile bu sorunların üstesinden gelmenin giderek imkânsız bir hal aldığıdır. Bunun yerine mevcut ulaşım altyapısının daha verimli ve etkin kullanılması öncelik almıştır. Özel otomobil ulaşımında kısıtlamalara gidilirken toplu taşımın, bisiklet kullanımının ve yayaaların teşvik edilmesi artık ulaşım problemlerinin çözümünde daha yüksek sesle ifade edilen çözüm önerileri olmuştur.

Bisiklet, geneli itibari ile, orta mesafelerde yaya ulaşımından daha hızlı olabilmekle beraber, değişik mesafelerdeki aktiviteleri de başarılı bir şekilde birleştirebilme yetisine sahiptir. Yayanın ev merkezli hareketliliğini, komşuluk ya da mahalle, bazı durumlarda da kent ölçeğine taşıyabilme potansiyeline sahiptir. Bununla beraber sürücülerinin de günlük aktivitelerini yerine getirirken sağlıklı ve zinde kalmaları için de egzersiz yapmalarını sağlamaktadır.

Bu çalışma bisiklet kullanımının artırılmasına yönelik politikalar önermek yanında, bisikleti yaşam tarzı olarak benimsemeyi kolaylaştırıcı bir sistemikurgulamaya çalışılmaktadır. Bisikletli ulaşımı tek başına planlamak yeterli olmayıp, toplu taşıma sistemleri ile entegreedilmesi gereklidir. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen yegane sonuç bisiklet yolları ya da bisiklet tesislerinin yapmak yetersiz kaldığı, bunların bisikletçiler tarafından kullanılabilir, güvenli ve erişilebilir olarak planlanmasının esas olduğudur. [1]

2.NEDEN BİSİKLET KULLANMALIYIZ? BİSİKLETLİ ULAŞIMDA ÖRNEK ÜLKELER

Bisikletin, ulaşımında kullanılması konusunda ki birçok özelliği vardır. Bunların bazılarından bahsederek;

Satın alınabilirlik – Yeni veya kullanılmış bir bisiklet herkes tarafından satın alınabilir. İşletme ücreti – Bisiklet enerji ihtiyacını gözetten en etkili ulaşım şeklidir.

Temiz – Bisiklet havayı kirletmez ve gürültü kirliliği oluşturmaz.

Sağlık – bisiklet mükemmel bir egzersiz sağlar ve aynı zamanda sağlıklı bir hobidir.

Sıkışıklık – Bisiklet trafikte daha az yer kaplar ve böylece daha az trafik olur.

Bunların yanında bisiklet sürmekle ilgili birkaç olumsuz yönde şöyledir;

Güvenlik açığı – Güney Afrika’da bisikletler ve motorlu taşıtlar aynı taşıt kategorisine girmekte ve bu yüzden bisiklet diğer taşıtlarla aynı yolu kullanmak zorunda kalmaktadır. Bunun sonucu olarak da bisikletçi tehlikeli bir durumda kalmaktadır. Ülkemizde ise bisikletler için ayrı bir yol ve rotanın bulunmayışı da bisiklet sürücüsünü trafikte taşıtlarla aynı yolda seyahat etmek zorunda bırakmaktadır. Bu da bisikletçilerimizi tehlikeli ve savunmasız bir konuma düşürmektedir.

Hava – Rüzgar ve özellikle yağmur bisikletçiler için pek hoş faktörler değildir fakat bu sorun uygun kıyafetlerle rahatlıkla aşılabılır. [1]

Bisikletlerin kent içinde toplu taşıma ile ilişkisini ele aldığımızda örnek olarak gösterebileceğimiz ülkelerden biri Güney Kore’dir. Güney Kore’de metro vagonlarının bir kısmı bisikletli yolcular için ayrılmıştır ve metroya giriş çıkışı sağlayan yürüyen merdivenler de bisikletlerinde girişini sağlayabilecek şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 1. Güney Kore’ de bisikletli yolcular için ayrılmış bir vagon örneği



Şekil 2. Güney Kore bisikletli yolcular için ayrılmış metro vagon örneği 2



Şekil 3. Güney Kore’ de bisikletlerinde bindirilebileceği düzende bir yürüyen merdiven örneği

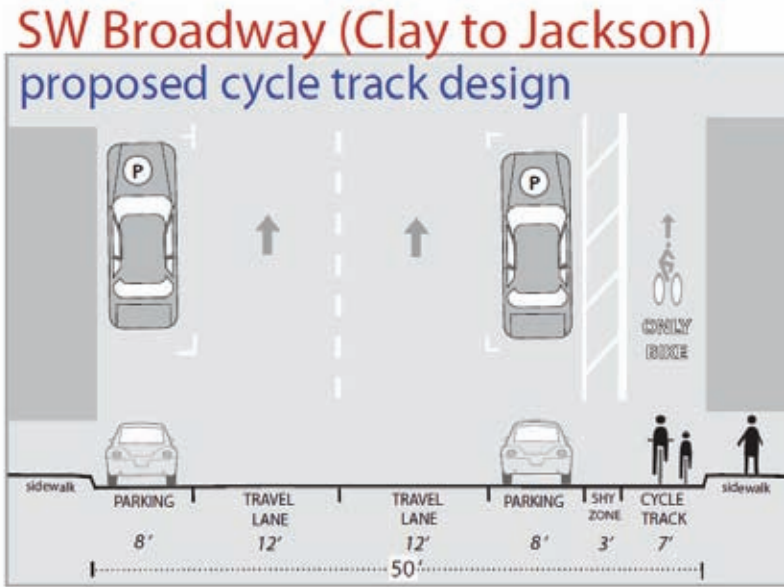
Bisikletli ulaşım konusunda örnek gösterebileceğimiz bir diğer kent ise Portland -Oregon – USA’ dir. Bu kentte ki çalışma bisikletli ulaşımın araçlarla birlikte nasıl güvenli ve çabuk bir şekilde sağlanabileceği konusunda çözüm üretilmesini amaçlıyor. [2]

Bu kentte bisiklet yolları güvenliğin sağlanacak şekilde düzenlenmiştir. Yollarda bisiklette bir otomobil gibi ulaşım aracı görülmektedir. Bunun yanında araçlar kavşaklarda ve sağa dönüşlerde sürücüler yaları gözetmenin yanında bisikletli sürücülerini de gözetmektedir (Şekil 4). [2]

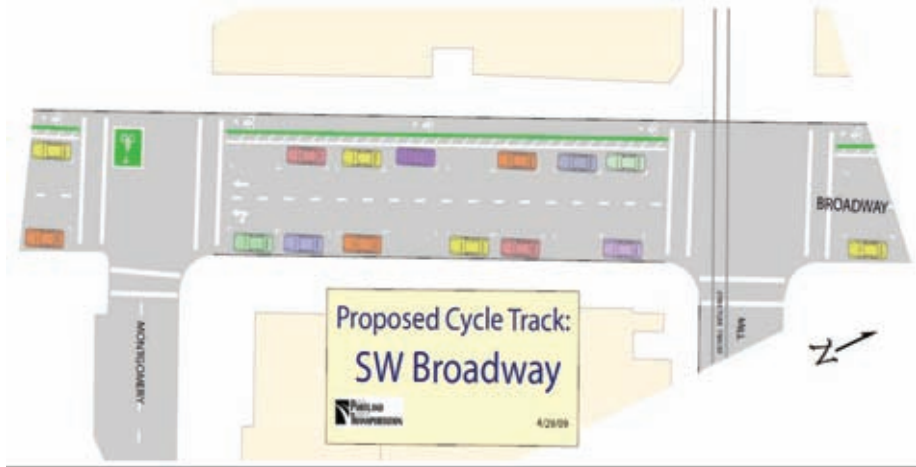


Şekil 4. Sağa dönüşte hem yayaaların hem de bisikletlerin gözetilmesi, Portland -Oregon – USA [2]

Portland 'da ki bir diğer uygulama yine bisiklet sürücülerinin güvenliğini gözetmek açısından bisiklet yolları yol kenarına park eden araçların kapı açma tehlikesine karşı bu park eden araçlarla arasında 3 metrelik bir güvenlik bölgesi ayrılarak kaldırıma bitişik bir şekilde 7 metre olarak planlanmıştır (Şekil 5). [2]



Şekil 5. Portland'da ki bisiklet yollarının planlanması [2]



Şekil 6. Portland'da ki bisiklet yollarının planlanması [2]

Portland'da bisiklet için kavşaklarda güvenli geçiş için farklı renkle belirlenen bir bekleme alanı oluşturulmaktadır. [2]



Şekil 7. Kavşaklarda bisikletlerin güvenli geçişi için düzenlenen bekleme alanı [2]

Portland'da ki bir diğer güzel uygulama ise her lokantanın, her mağazanın yani tüm ticaret birimleri ve donatıların önünde bisikletler için park alanlarının düzenlenmiş olmasıdır.



Şekil 8. Kent içinde bisiklet park alanları 1, Portland [2]



Şekil 9. Kent içinde bisiklet park alanları 2, Portland [2]

3.ANKARA'DA ULAŞIM SİSTEMİ

Ankara'da ki ulaşım sistemi daha çok özel otomobiller üzerine kuruludur, toplu taşıma yeterince sistemli değil ve otobüsle, raylı sistemlerin kullanımından oldukça fazladır. Ankara'da bisikletli ulaşımı toplu taşıma ile entegre ederken işletilen, inşaat halinde ve proje kapsamında yapımına başlanacak olan metro-ankaray hatları birlikte ele alınmalıdır. Ankara'da ki raylı sistemler aşağıdaki tabloda verilmiştir.



Şekil 10. Ankara'da ki raylı sistemler

ANKARA’DA BİSİKLET KULLANIMINI ARTIRICI BİR SİSTEM

Bisiklet 10 km’lik ve daha az uzunluktaki bisikletçiler için güvenliği sağlanmış ve bisiklet yolları iyi düzenlenmiş yollarda ki yolculuklar için ideal bir ulaşım aracıdır. Fakat yol uzunluğunun 10 km’ yi geçtiği yolculuklarda bisikletli ulaşımın toplu taşıma ile entegre edilmesi gerekmektedir. Ankara’da önerebileceğimiz sistem bisikletli ulaşımın toplu taşıma ile entegre edilmesidir.

Bisikletin ulaşım aracı olarak kullanıldığı Amerika, Japonya, Güney Kore gibi gelişmiş ülkelerde bu kullanım bir yaşam tarzına dönüşmüş ve bizim ülkemizdeki aksine otomobil sürücülerini trafikte bisikletleri de bir ulaşım aracı olarak görmektedirler. Önerilecek bisikletli ulaşım sisteminin yanında “Perşembe Akşamı Bisikletçileri” gibi bisiklete gönül vermiş, bisikletin de ulaşım aracı olduğunu ve bisikletinde trafikte olduğunu göstermeye çalışan topluluklar desteklenmelidir. Böylece ülkemizde de otomobil sürücülerinin trafikte bisikletin farkına varmaları ve bu kültürü benimsemeleri sağlanabilir. Önerilen sistemde Ankara’nın Eryaman, Batıkent, Çayyolu, Ümitköy, Fatih, Yenimahalle, Demetevler semtlerinde kendi içlerinde bisiklet yolları oluşturularak bu yolların o semtlerdeki metro istasyonlarına bağlanmasını sağlanmalı, bu istasyonlarda güvenli bisiklet park yerleri ve kiralama tesisleri yapılmalıdır. Bunun yanında metro-ankaray içinde bisikletleriyle beraber yolculuk etmek isteyen bisikletli yolcular içinde vagonlar ayrılmalıdır. Raylı sistemler dışında bisikletli ulaşım otobüslerle de entegre edilmelidir. Otobüslere takılan taşıyıcılar sayesinde bisikletçi rahatlıkla uzun mesafelerde yolculuk edebilir ve otobüsün gitmediği yolun kalan kısmını da bisikletiyle gidebilir. Bu sistemler uygulanabilirse, özel otomobillerin kullanımında da azalma görülecektir.

Kent merkezi için önerilebilecek bir sistem ise kent merkezine özel otomobilleriyle gelen sürücülerin merkeze yakın uzaklıkta otomobillerini güvenli bir şekilde park edebilecekleri otoparkların oluşturulmasıdır. Bu otoparkların yanında güvenli bisiklet parkları ve bisiklet kiralama tesisleri oluşturulmalı ve isteyen sürücüler otomobillerini otoparklara park ederek yolun kalan kısmını bisikletleriyle gidebilmelidirler. Böylece kent merkezinde yol kenarı otoparkları yerine güvenli bisiklet otoparkları oluşturularak bisikletçilerin iş yerlerine, okullarına, alışveriş alanlarına güvenli bir şekilde ulaşmaları ve bisikletlerine tekrar ulaşabilmeleri sağlanmalıdır. Böylece kent merkezindeki araç yoğunluğu da azaltılabilir.

Bisikletin toplu taşıma ile entegre edilmesi için gerekli metodları tablo 1 de ki gibi gösterebiliriz.

Tablo 1. Bisikletin toplu taşıma ile entegre edilmesi [1]

Ulaşım şekli	Entegre etme methodu
Raylı sistemler	İstasyona ulaşan güvenli rotalar
	Güvenli park etme
	Trende bisiklet
	İstasyonlarda bisiklet kiralama
Otobüs/Minibüs	Terminallere ulaşan güvenli rotalar
	Güvenli park etme
	Otobüslerde bisiklet için askılıklar/taşıyıcılar
Özel otomobiller	Park alanlarının oluşturulması
	Güvenli erişim rotaları
	Bisiklet parkı ve kiralama tesisleri
	Bisiklet master planları
Bisikletler	Güvenli rotalar
	Park etmek için tesisler
	Kiralama tesisleri

Tablo 1 de gösterdiğimiz entegre etme metodlarışöyle açıklanabilir;

‘Güvenli rotalar’, tablodaki tüm satırlarda en başta gelmektedir. Önemli olan güvenli bir şekilde toplu taşıma istasyonlarına ulaşmaktır. [1]

‘Güvenli park etme’ de entegre etme metodlarında bir diğer önemli etmendir. Bisiklet hırsızlığıyla mücadele etmek zordur. Bunu önlemek için tren istasyonlarında, otobüs terminallerinde bisikletin güvenli bir şekilde park edebileceği yerler yapılmalıdır. Böylece bisiklet sürücüsü dönüşte bisikletine tekrar ulaşabilmeli ve kalan mesafeyi bisikletiyle gidebilmelidir. [1]



Şekil 11. Güvenli bisiklet park alanlarına örnek [1]

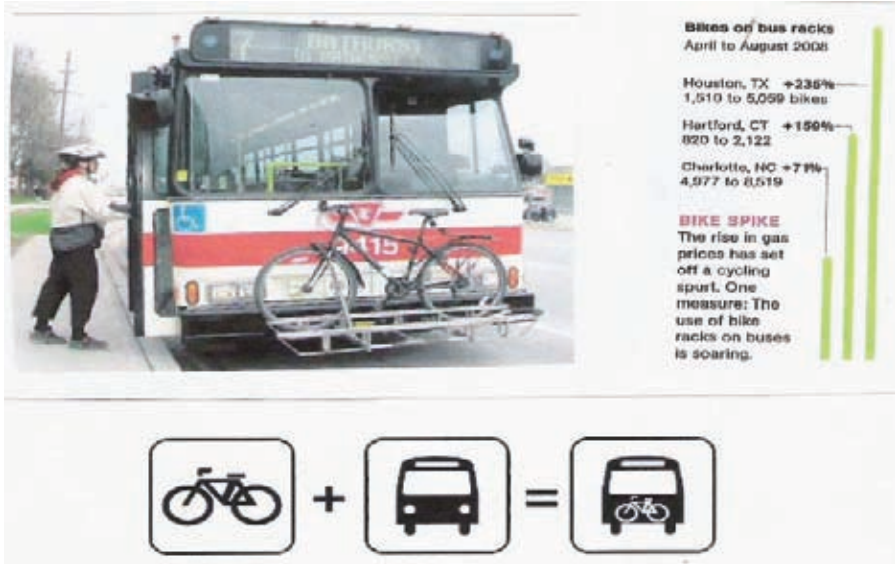


Şekil12 .Güvenli bisiklet park alanlarına örnek [1]

‘Trende bisiklet’ ve ‘Otobüsteki taşıyıcılar’; pek çok yolcunun ihtiyacı terminale ya da istasyona kadar güvenli bir şekilde gidebilmek ve yolun diğer kısmını da otobüste veya trende bisikletiyle beraber seyahat edebilmelidir. Böylece aktarmalar daha ucuza gelebilecektir. Trende bisiklet kullanımı Fransa, İngiltere, İsviçre ve Avustralya gibi birçok ülkede kavramlaşmıştır. Otobüslerde ki taşıyıcılar Amerikan şehirlerinde kullanılan oldukça yeni bir gelişmedir. Otobüsle ve trenle bisikletin taşınmasına örnekler aşağıda verilmiştir. [1]



Şekil 13.Kopenhagen’da trenle ulaşımında bisikletlin taşınmasına örnek [1]



Şekil 14. Bisikletin otobüslerde taşınmasına örnek [1]

‘Özel otomobiller’; bisiklet park alanları ve bisiklet kiralama alanları otoparklarla birlikte planlanmalıdır. Böylece otomobiliyle gelen bir sürücü yolun kalan kısmını bisikletiyle gidebilmeli ya da tam tersi şekilde bisikletiyle gelen bir sürücü yolun kalan kısmını bisikletini park ederek özel otomobiliyle gidebilmelidir. Buna benzer olarak kent merkezine girmeden özel otomobiller park edilebilmeli ve insanlar iş yerlerine bisikletleriyle ulaşabilmelidirler.

Bisiklet master planları tüm kentsel alanlar için uygulanmalıdır. [1]

TARTIŞMA

Önerilen sistemin sonucunda tüm ulaşım ve uzamsal planlamalar, özellikle kentsel mekanlar için bisiklet yönetimini ele almalıdır. Bisiklet tesisleri entegre edilmiş toplu taşıma sistemlerinin bir parçası haline gelmelidir. Tüm kentsel alanlarda bisiklet master planları yapılmalıdır, bunun dışında küresel ısınma, ekonominin kötüye gidişi ve yüksek benzin fiyatlarının eşikte bekliyor olması göz önünde bulundurularak kirlетici bir etkisi olmayan bisikletli ulaşımın yolcu taşımacılığı ile entegre edilmesi sağlanmalıdır [1]

Ankara için önerilen bisikletli ulaşımın toplu taşıma ile entegre edilmesi yakın bir dönem için mümkün gözükmemektedir. Bu sonuca varılmasının nedenleri ise Ankara’da trafikte bisikletin bir araç olarak görülmemesi, otomobil, otobüs sürücüleri tarafından bisiklet sürücüsüne saygı gösterilmemesi ve en önemlisi de metroya bisikletli sürücülerin girememesidir. Bu konuda görevli kişilerin açıklamalarında ise metroya aslında bisikletin sokulabileceği fakat bisikletin istasyon içinde yasak olduğu halde sürüşünün kontrol edilemeyeceği gerekçesiyle istasyonlara sokulamayacağı, bunun yanında gelişmiş ülkelerde de raylı ulaşımlarda istasyonlara ve vagonlara bisikletin sokulmadığı açıklaması yapılmıştır. Diğer bir açıdan Ankara’da 500’e yakın bisikletli sürücüsü bulunmasına ve üniversitelerde bisiklet kullanan öğrencilerin bulunmasına rağmen kent merkezinde bisikletler için güvenliğinin sağlandığı bisiklet park alanı planlanmamıştır. Başkentimizde bisikletli ulaşımın yaygınlaştırılmasına çalışan bisiklet topluluklarına belediye yönetimi geliştirdiği politikalar ile destek vermelidir ve kent içi planlama çalışmalarında bisiklet tesislerine de yer vermelidir.

Ankara’da ki bisiklet topluluklarından Perşembe Akşamı Bisikletçileri Topluluğundan yaklaşık 100 tane bisikletçi her perşembe akşamı Güvenpark’ta toplanarak bisikletinde trafikte olduğunu ve bir ulaşım aracı olduğunu otomobil sürücülerine göstermek için kent içinde tur yapmaktadır. Belediyenin veya yönetimin bisikleti ve bisiklet topluluklarını desteklemesi şu an için mümkün olmasa da gelecek yönetimler bisiklet kullanımının artışı göze alarak destekleyici politikalar oluşturabilir. Bisikletli ulaşımın yaygınlaştırılması için politikaların oluşturulması yanında bisikletin bir yaşam tarzına dönüştürülmesi teşvik edilmelidir. Mahalle içlerinde, insanların markete, pazara, yakın çevredeki sosyal donatılara, yeşil alanlara giderken ulaşımlarında bisikleti tercih etmelerini artırmak amacıyla park alanları ve bisiklet yolları planlanmalıdır böylece bisikletli ulaşımı yaşam tarzı olarak benimseme konusunda önemli bir adım atılmış olur.

TEŞEKKÜR

Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde öğretim üyesi olan Erkan AFACAN’a, “Perşembe Akşamı Bisikletçileri”topluluğundan Funda ULUTÜRK, Tansel ALEV ve Murat YUMRUTAŞ’a, TRT FM “Yankı Programı” ekibinden Kadri KIRAL, Serap DUBAZ ve Arzu KANTAR’a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Bicycle NSW submission NSW Ministerial Reference Panel on the NSW Government’s Transport Blueprint for Sydney’s Transport Future, October 2009
Integration of Bicycles and Transit, Transportation Research Board National Research Council, National Academy Press, Washington D.C. 1994
[1] Louis de Waal, How The Bicycle Can Enhance Sustainable Transport, Southern African Transport Conference, 2009
[2] mayorsamadams.com/cycletracks

KENTÇİ YOLLARDA ALTERNATİF ASFALT KAPLAMA YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI, WMA (ILIK KARIŞIM ASFALT) VE PORÖZ ASFALT ÖRNEĞİ

Altan YILMAZ

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur Meslek Yüksekokulu, 15100
Burdur/Turkey Tel:0248.2134559 Gsm:0505.5148633 e.mail:
altanyilmaz@mehmetakif.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda artan çevresel kirlilik ve enerji tüketimi konularındaki hassasiyetler doğrultusunda daha az enerji tüketen ve çevreyi daha az kirleten yol yapım yöntemlerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle Avrupa ve Amerika kıtası basta olmak üzere, birçok gelişmiş ülkede mevcut yapı malzemeleri ile uygulanabilecek alternatif yol kaplama yöntemleri araştırılmakta ve bunlardan bazıları uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden biri olarak öne çıkan (ılık karışım asfalt) *WMA kaplamalar*, sıcak karışım asfalttan (BSK) daha düşük sıcaklıklarda asfalt plantlerinde karışımların hazırlanmasına ve daha düşük sıcaklıklarda serilmesine imkân sağlayan ve bu sayede enerji tüketimini ve CO₂ salınımını azaltan modern bir asfalt kaplama yöntemidir. Bir diğer yöntem ise *Poröz asfalt* kaplamalardır. WMA kadar yeni bir teknoloji olmamakla birlikte ülkemizde henüz uygulaması bulunmayan bu yöntem, kaplama bünyesindeki gözeneklerden yağmur sularının kısa sürede yol yüzeyini terk etmesini sağlaması nedeniyle yoğun yağış alan bölgeler için alternatif bir yol kaplama yöntemidir. Bu çalışmada, WMA ve Poröz Asfalt kaplamalar konusunda mevcut araştırmalar ve literatür bilgileri derlenerek konu ayrıntılarıyla sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Poröz Asfalt, WMA (Ilık karışım asfalt), Kentçi yollar

1. GİRİŞ

Türkiye’de otomotiv endüstrisinin gelişimi, karayoluyla yapılan yük ve yolcu taşımacılığını artırmış, bu artış BSK kaplamalı yol ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Türkiye’de Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) yapımına ilk 1950’li yıllarda başlanmış ve günümüze kadar gelmiştir. Asfalt sektörünün üstlendiği potansiyel asfalt işlerinin başında karayolu işleri gelmektedir. Karayolu projeleri kapsamında ortalama yılda 26 milyon ton BSK üretilip, uygulanmaktadır. Yapısal olarak üstyapının en önemli

elamanlarından biri olan asfalt kaplamaların performansını artırmak amacıyla son yıllarda yeni ürünler ve dizayn edilen özel karışımlar önem kazanmış ve gelişmiş ülkelerde bu yeni teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır.

Yüzey tabakalarında daha ince serilebilen yüksek performanslı, gürültü seviyesi düşük ve kayma direnci yüksek Stone Mastic Asfalt - SMA ve serbest drenajlı Poröz Asfalt gibi kesikli ve açık gradasyonlu boşluklu bitümlü sıcak karışımlar geliştirilmiştir. BSK üretiminde çevreye yayılan emisyon koku, buhar ve toz miktarlarının kabul edilebilir sınırların altına düşürülebilmesi için ılık karışım asfalt prosesleri gibi yeni teknolojiler geliştirilmeye başlanmıştır. Performans esaslı şartnamelerle yolların BSK kaplamalar dahil dizayn, yapım, bakım ve işletme sorumluluğu kamu sektöründen özel sektöre kaymıştır. Böylece müteahhit sorumluluğunda yeni teknoloji ve ürünlerin kullanılması yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışmada, WMA ve Poroz Asfalt kaplamalar konusunda mevcut araştırmalar ve literatür bilgileri derlenerek konu ayrıntılarıyla sunulmaktadır.

2. GEÇİRİMLİ (PORÖZ) ASFALT KAPLAMALAR

Son yıllarda farklı trafik ve iklim şartlarına uygun asfalt tabakaların uygulanmasına yönelik, performans esaslı asfalt türleri geliştirilmektedir. Bunlardan birisi olan geçirimli asfalt kaplamalar, drenaj özelliğiyle yol yüzeyinde su birikimini engelleyerek trafik güvenliğini önemli ölçüde artıran ve boşluklu yüzey dokusu nedeniyle trafik gürültüsünü azaltan stabilitesi yüksek bir asfalt karışım tipidir.

Geçirimli Asfalt (GA) kaplamalar diğer standart asfalt kaplamalara (Bitümlü sıcak karışımlara) benzemekle birlikte suyun asfalt kaplama içerisinden geçebilmesi için karışım içindeki ince agrega oranı - No.30 elekten geçen malzeme miktarı - düşürülmüştür. GA kaplamalar serildikten ve sıkıştırıldıktan sonra % 15 - 20 gibi boşluk oranına (poroziteye) sahiptir. Standart asfalt kaplamalarda (BSK'da) boşluk oranı genellikle daha düşüktür (%3-5 civarı) ve kaplamanın özellikle geçirimsiz olması istenir.

GA kaplama altında açık gradasyonlu, yaklaşık %40 boşluk oranına sahip, temiz ve yıkanmış agrega tabakası bulunmaktadır. Yol yüzeyine gelen yağmur suyu asfalt kaplama içerisine girdikten sonra taban zemini içerisine sızmadan veya drenaj tesisine ulaşmadan önce üstyapı içerisinde geçici olarak depo edilmektedir. Su içerisinde gelen ince taneli malzemenin tabana geçmesi önlenmek için taban zemini ile üstyapı arasında filtre görevi yapan bir geotekstil tabakası bulunması faydalı olmaktadır. Şekil 1'de geçirimli asfalt kaplama uygulanmış bir yol kesiti ve Şekil 2'de geçirimli asfalt yüzeyi görülmektedir.



Şekil 1. Geçirimli asfalt uygulanmış bir yol kesiti



Şekil 2. Geçirimli asfalt yüzeyi

2.1. Geçirimli Asfalt Kaplamaların Gelişimi

GA kaplamalar ile ilgili ilk çalışmalar 1960'ların ortasında İngiltere'de başlamıştır. İlk uygulamaları İngiltere havayolları idaresi tarafından havaalanlarında gerçekleştirilmiştir. İngiltere'nin ardından Danimarka, Norveç ve Hollanda'da otoyollarda, askeri ve sivil havaalanlarında, suyun etkisiyle oluşan kızaklanmanın önlenmesi amacıyla bu kaplama türü kullanılmıştır.

Fransa ise uzun süre GA'ı test ettikten sonra, Paris kenti başta olmak üzere, gürültüyü azaltmak amacıyla ülkedeki gürültü kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde bu asfalt türünü kullanmıştır. Ayrıca Avrupa'nın birçok ülkesinde (İspanya, İsviçre, Belçika, İtalya) ve Amerika'da trafiğin yoğun olduğu kentlerde GA uygulaması yapılmaktadır. Ülkemizde ise geçirimli asfalt kaplamalar oldukça yeni bir teknolojidir ve henüz uygulaması mevcut değildir.

2.2. Geçirimli Asfalt Kaplamaların Yapım Esasları

GA kaplamalar, üretim ve uygulama aşamaları bakımından geleneksel asfalt kaplamalar ile benzerlik göstermektedir. Standart asfalt plentleri ve standart serme-sıkıştırma araçlarıyla kullanıma uygundur.

GA'da kullanılan agrega karışımı için pek çok farklı gradasyon uygulaması mevcuttur. Bunlar GA'nın esas kullanım amacına bağlı olarak değişim göstermektedir. Kullanım amaçları arasında, gürültüyü azaltmak, sürtünme katsayısını artırmak, drenaj sağlamak sayılabilir. Çizelge.1'de yağmur suyu drenajı amacıyla tasarlanan standart bir GA karışımında kullanılan agrega gradasyonu görülmektedir. GA kaplamalarda aşınma ve cilalanma direnci yüksek olan agrega kullanılmalıdır. Çünkü agrega karışımındaki ince tane oranı az olduğu için taneler arasındaki temas noktaları da azdır ve bu noktalar daha fazla yüke maruz kalmaktadır.

Çizelge 1. Standart geçirimli asfalt karışımında agrega gradasyonu

Standart elek boyutu	Geçen yüzde
12.5 mm	100
9.5 mm	95
No.4	35
No.8	15
No.16	10
No.30	2

Yüksek drenaj özelliğine sahip geçirimli asfaltın uzun ömürlü olabilmesi için bitümlü bağlayıcı filminin süreklilik göstermesi ve nispeten kalın olması gereklidir. Yurtdışındaki uygulamalarda en iyi performans, ağırlıkça yüzde cinsinden, %5,5 - 6 oranında bitüm kullanılması ile elde edilmiştir. Asfalt karışımının mekanik özelliklerinin yüksek olması için standart bitüm yerine polimer katkılı modifiye bitüm kullanılması önerilmektedir.

GA karışım serildikten sonra 8-10 tonluk silindirler ile sıkıştırılır (Şekil 4). Sıkıştırma sıcaklığı bağlayıcının viskozitesine göre seçilir. Sıkıştırma işlemi sırasında kaplamanın geçirimsizlik özelliğinin azaltılmaması için silindirin 1 ya da 2 kez geçmesi yeterlidir.

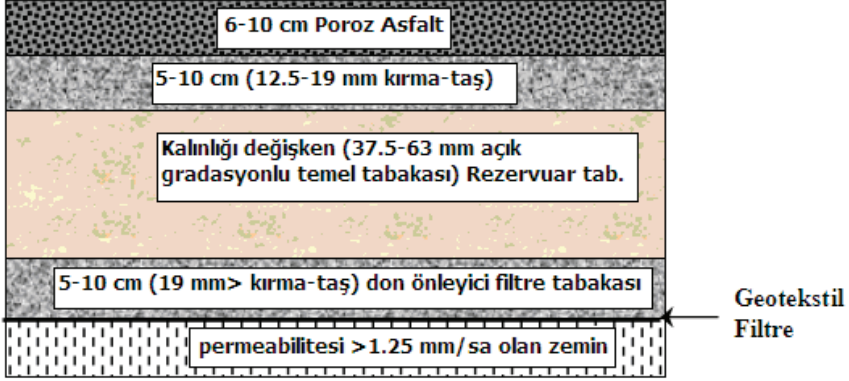
Kaplama altındaki temel tabakası 37.5 mm ila 63 mm çapında, açık-gradasyonlu ve yıkanmış temiz agregalardan oluşmaktadır. Maksimum tane çapı bölgedeki mevcut agrega durumuna göre belirlenir. Agrega karışımı içindeki boşluk oranı ve temel tabakası kalınlığı yağmur suyunun kritik depolama hacmini belirlemesi açısından önemlidir. Temel tabakası genellikle yağmur suyu miktarına, don penetrasyon derinliğine ve taban zemini geçirgenlik durumuna göre 30 – 90 cm arasındaki kalınlıklarda inşa edilir. Bu kalınlık kaplama tabakası için yeterli bir yapısal dayanım oluşturmaktadır. Şekil 3’de tipik bir geçirimli asfalt kaplama kesiti ve üstyapı tabakaları görülmektedir.

GA’nın oturduğu taban zemini tesviye edildikten sonra ayrıca bir sıkıştırma işlemi uygulanmaz, böylece yol yüzeyinden gelen suların tabana dağılması ve yer altına sızması kolaylaşır. Geçirimli asfalt kaplama uygulanan yerlerde çoğu zaman ayrıca bir yağmur suyu drenaj sistemine gerek kalmamaktadır. Ancak bu durum taban zemininin yapısına (drenaj yeteneğine) ve bölgeye düşen yağmur suyu miktarına bağlıdır. Uygulama alanındaki taban zemini yeterli drenaj yeteneğine sahip değilse, temel tabakası (rezervuar tabakası) tabanına drenaj boruları döşenerek suyun tahliyesi sağlanmalıdır.

2.3. GA Kaplamaların Faydaları

- Suyun yoldan hızlı bir şekilde uzaklaşmasını sağladığı için ıslak yollarda oluşan kızaklanma riskini ortadan kaldırır, yüksek bir aderans sağlar.
- Yol üzerinde ince su tabakası oluşmadığı için, özellikle geceleri, ışık yansımaları olayı meydana gelmez ve yol yüzey işaretleri daha iyi görünür.
- Geçirimli kaplamadaki boşluklar kaplamaya büyük bir makro-pürüzlülük kazandırdığından, yüksek hızlarda kaymaya, savrulmaya karşı direnç sağlanmış olur.
- Yağışlı havalarda araç seyir hızı ve yol kapasitesi daha yüksektir.
- Plastik deformasyona (tekerlek izi oluşumuna) karşı daha dirençlidir.

- GA kaplamaların stabilitesi yüksek olduğu için daha az çatlak ve çukur oluşumu görülmektedir.
- Araç tekerleklerinin oluşturduğu seyir gürültüsü daha azdır.
- Yağmurlu havalarda araçlar tarafından çevreye sıçratılan su miktarını azaltır.



Şekil 3. Tipik bir geçirimli asfalt kaplama kesiti

2.4. GA Kaplamaların Sakıncaları

- GA kaplamalarda kullanılan malzeme maliyeti geleneksel asfalt kaplamalara kıyasla %20-25 oranında daha fazladır. Ancak GA'nın, uygun zemin koşulları mevcut olduğu takdirde yağmur suyu drenaj sistemine olan ihtiyacı ortadan kaldıracığı ve toplam maliyetin azalacağı da dikkate alınmalıdır.
- Su ile birlikte gelen ince taneli malzeme erozyonunu önlemek için kullanılan filtre tabakası maliyet artırıcı bir unsurdur.
- Bakım-onarım masrafları daha yüksektir.
- GA kaplamaya özelliğini kazandıran porozitenin sürekliliğini sağlamak önemli olduğundan, zamanla kaplama üzerindeki boşlukları tıkayan toz, toprak gibi maddelerin uygun teknikle (vakumlu süpürgeyle) temizlenmesi gerekmektedir.

2.5. Uygulama Alanları

GA kaplamalar; havaalanlarında, otoyollarda, otoparklarda ve yürüyüş alanlarında, basketbol ve tenis kortları gibi spor sahalarında ve rekreasyon alanlarında normal asfalt kaplamalar yerine uygulanabilir. Şekil 5'de GA uygulanmış bir yol kesimi görülmektedir. Yapılan literatür taramalarında görülmüştür ki 1970'li yıllarda yurt dışında uygulanan GA kaplamalar günümüzde hala işlevini yerine getirmektedir. Massachusetts, Pennsylvania, Philadelphia'daki GA uygulamaları bunlara birkaç örnektir. Diğer yandan, boyuna eğimi fazla olan yerlerde, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerde ve zemin drenaj özelliğinin çok düşük olduğu bölgelerde GA uygulanması önerilmemektedir.

Sonuç olarak, ülkemizde de trafiğin yoğun olduğu kentlerde, yağmur suyunun yol üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması ve sürüş güvenliğinin artırılması, trafik

gürültüsünün azaltılması amacıyla GA kaplamalar bir alternatif olarak dikkate alınmalıdır. Ancak GA kaplamaların projelendirme ve yapım aşamaları çok iyi kontrol edilmelidir.



Şekil 4. Geçirimli asfalt serme-sıkıştırma işlemi



Şekil 5. Geçirimli asfalt uygulanmış bir yol kesimi

3. ILIK KARIŞIM ASFALT (IKA)

Bitümlü sıcak karışımların üretim ve serim aşamasındaki sıcaklıkları düşürmek için son yıllarda bazı yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Genel olarak bu teknolojiler ılık karışım asfalt (Warm mix asphalt:WMA) olarak adlandırılmaktadır. Ilık karışım asfalt, enerji tasarrufu sağlamak ve emisyonları azaltmak için bitümlü sıcak karışım sıcaklığını en az 20-30 °C düşürecek şekilde uygun metotla hazırlanan bitümlü bir karışımdır. Karışımın hazırlanması sırasında sıcaklığın 10 °C düşürülmesi emisyonun % 50 oranında azalmasına neden olduğundan, henüz fazla yaygın olmayan bu teknolojinin gelecekte daha büyük bir önem kazanacağı açıktır. Düşük sıcaklıkta asfalt üretmek için değişik karışım prosesleri uygulandığı gibi, suyu uzaklaştıran zeolit gibi katkı malzemeleri veya bitüm viskozitesini azaltmak için bal-mumunun kullanıldığı değişik metotlar uygulanmaktadır.

3.1. İlk Karışım Asfaltın Gelişimi

İlk Karışım Asfalt (IKA) ile ilgili ilk çalışmalar 1995 yılında Avrupa'da başlamıştır. Yine 1997 yılında ilk saha uygulamaları Avrupa'da belli başlı kentlerde yapılmıştır. 2000'li yıllarda ise USA ilk karışım asfalt konusunda çalışmalara başlamış, Avrupa'daki uygulamaları inceleyerek bunları kendine adapte etmeye çalışmıştır. 2003-2005 yıllarında IKA konusu uluslararası sempozyumlarda gündeme alınmış ve 2005-2006 yıllarında USA ilk saha uygulamalarına geçmiştir. Ülkemizde son birkaç yıldır gündem de olan IKA kaplamalar gelecekte daha fazla önemkazanacaktır.

Günümüzde IKA'nın bu hızlı gelişiminde birçok önemli faktörün etkisi bulunmaktadır. Bunlar: çevresel etkiler ve asfalt kaplamaların sürdürülebilir gelişimihususundaki kaygılar, enerji tüketimindeki kısmi azalma ve karbondioksit (CO₂) emisyonlarındaki azalma, saha kompaksiyonundaki üstünlük, IKA'nın sıkıştırılabilirliği hususu aynı zamanda kaplama mevsiminin daha uzun olmasına ve taşıma mesafesinin uzamasına sebep olmaktadır. Ayrıca çalışan işçilerin sağlığı da bu kaplama türünde iyileşmektedir.

3.2. Uygulama Alanları

İlk karışım asfalt her türlü asfalt betonlarında uygulanmaktadır. Bunlar, kapalı gradasyonlu sıcak karışımlarda, taş mastik asfaltta, poröz asfaltta ve mastik asfaltta olabilmektedir. Ayrıca IKA çok değişik kaplama kalınlıklarında ve geniş bir dağılım içerisindeki trafik yükleri altında uygulanabilmektedir. Ağır taşıt trafiğinin yüksek olduğu yollarda dahi IKA kullanılabilmiştir. Avrupa'da günlük 3500 ağır taşıtın (20 yıllık tasarım periyodunda 30 milyondan fazla ESAL'ın) geçtiği yollarda IKA uygulaması yapılmıştır. IKA'lar ayrıca havaalanlarında, limanlarda ve otobüs duraklarında kullanılabilir. IKA'dan beklenen performans BSK ile aynıdır.

3.3. İlk Karışım Asfaltın Avantajları

Emisyonlardaki azalma: Mevcut veriler göstermektedir ki IKA ile plantlerdeki emisyonlar ciddi manada azalmaktadır. Emisyonlardaki tipik azalmalar şu şekildedir: CO₂ ve SO₂ için %30 - %40 oranlarında, uçucu organik bileşenlerde %50 oranında, karbonmonoksit (CO) için %10 - %30 oranında, azot-oksitler (NO_x) için %60 - %70 oranında ve tozlar için %20 - %25 oranında. Emisyonlardaki bu azalmalar doğrudan doğruya asfalt karışımının üretim ve serim sıcaklığındaki düşüş ile alakalıdır. Sıcaklık düşüşüne sebep olan teknolojiler geliştikçe emisyonlar da giderek azalmaktadır.

Yakıt tüketimindeki azalma: Yakıt tüketimindeki azalma tipik olarak %11 - %35 arasında değişmektedir. Eğer karışıma giren agreganın sıcaklığı biraz daha düşürülebilirse yakıt tüketimindeki azalma %50'lere kadar çıkabilir. Örneğin agrega sıcaklığı suyun kaynama sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa çekilebilirse ki bu tür karışımlar low-energy asphalt (düşük enerji ile üretilen asfalt kaplamalar) olarak tabir edilmektedir. Bu durumda yakıt tasarrufu %50 veya daha fazla olabilmektedir.

Serme-sıkıştırma konusundaki faydalar: Bu konudaki faydalar karışımların daha düşük sıcaklıkta serilip sıkıştırılması ancak kaplama yoğunluğu ve boşluk oranından taviz verilmemesi şeklinde açıklanabilir. Ayrıca serme ve sıkıştırma yeteneklerini kaybetmeden karışımların daha uzun mesafelere taşınması, karışımın daha az enerji ile sıkıştırılabilmesi,

geri dönüşümden elde edilen atık asfaltların düşük sıcaklıklarda dahi karışımlarda belirli oranlarda kullanılabilmesi kayda değer hususlardır.

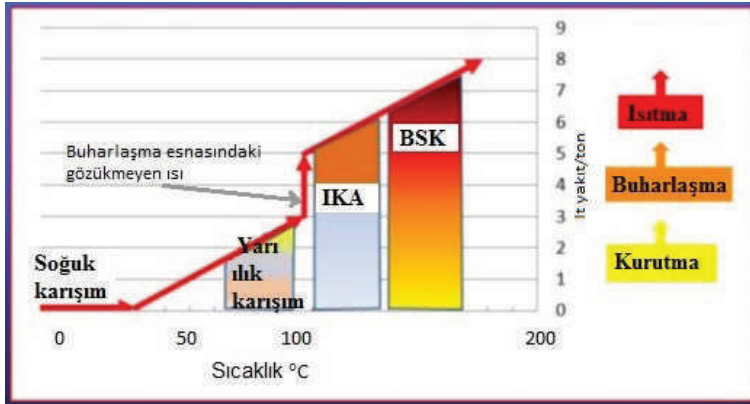
İşçi sağlığı: Asfalt karışımların koku, duman ve poliaromatik hidrokarbon emisyonlarındaki (Poly-aromatic hydrocarbons:PAHs) BSK'ya kıyasla %30 -%50 arasındaki azalmalar işçi sağlığı için oldukça olumludur (Şekil 8).

3.4. Ilık Karışım Asfalt Üretim Teknolojileri

IKA teknolojisini sınıflandırmak üzere bir kaç değişik metod kullanılmıştır. Bunlardan birisi sıcaklık azalmasını dikkate alan sınıflandırmadır. Burada ılık karışım asfalt ile yarı-ılık karışım asfalt bir birinden ayrılmaktadır. IKA uygulamalarında oldukça değişik sıcaklıklar görülmektedir. Bunlar, 50 C° ile 100 C°'ın biraz üzerindeki sıcaklıklar olabilmektedir (Şekil.6). Diğer bir sınıflandırma yöntemine göre ise sıcaklık düşüşü için su kullanımı ve organik katkı veya bal-mumu (wax) kullanımı esas alınmaktadır (Bu sınıflandırma üretim sürecini daha iyi tanımlamaktadır). Bu yöntemde fiskeye şeklindeki bir musluk ya da zeolit gibi hidrofil agregalar vasıtasıyla sıcak asfalta bir miktar su verilir. Dolayısıyla verilen su miktarı atmosfer basıncı altında buhara dönüşerek sıcak asfalt içerisinde dağılmaktadır. Bu durum bağlayıcının genleşmesine ve karışımın viskozitesinin azalmasına sebep olmaktadır. Genleşme olayı eklenen su miktarına ve bağlayıcının sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Organik katkı (bal-mumu veya amit) ilavesinde de viskozite düşmektedir. Kullanılacak olan bal-mumu dikkatli seçilmelidir aksi takdirde eğer katkının yumuşama noktası muhtemel servis sıcaklığının üstünde ise plastik deformasyonlar oluşabilir veya düşük sıcaklıklarda asfalt gevrekleşebilir.

3.5. Performans

Laboratuvar ve saha performans (3-5 yıllık) verilerine göre IKA'lar BSK ya eşit yada daha üstün performans göstermektedir. Norveç, Belçika, Fransa ve Almanya'daki IKA uygulamaları burada dikkat çekmektedir. Özellikle Fransa ve Almanya IKA'nın laboratuvar ve saha performansını belirlemek için yeni yöntemler geliştirmektedir. Ülkemizde de buna benzer şekilde laboratuvar ve saha ölçümlerini bir arada toplayacak ve yeni üstyapı teknolojilerinin performansını belirleyecek bir sistem oluşturulmalıdır.



Şekil 6. Bitümlü sıcak karışımların ısı değerleri

Avrupa'daki karayolu teşkilatlarını IKA kullanımı hususunda cesaretlendiren diğer bir konu ise IKA işi yapan yüklenici firmaların 3-5 yıl gibi süreler için işçilik garantisi vermeleridir. Avrupa'daki bazı karayolu teşkilatları (Fransa örneği) ilk yatırım maliyeti fazla olsa dahi IKA kullanımının uzun vadede faydalı olacağını düşünmekte ve başlangıçta bir miktar fazla para ödemeyi göze almaktadır.

3.6. Muhtemel Zorluklar

IKA uygulamalarında aşılması çok güç olmamakla birlikte bir takım zorluklarla karşılaşmak olasıdır bunlar şu şekilde özetlenebilir: Değişken performanslar, Malzemenin ve kaplamanın test edilmesindeki test teknikleri farklılıkları, Yüksek üretim miktarlarına adaptasyon, İri agreganın kuru olması gerekliliği, Yüklenicilerin geliştirdikleri farklı uygulama teknikleri içinde hangisinin seçileceğinin belirlenmesi gerekliliği. Bunun yanı sıra IKA'a girecek olan iri agreganın kuru olması gerekliliği üretim sıcaklığını ve enerji tasarrufunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu sebepten IKA üretimine girecek olan agregaların su emme oranının düşük olması ve üstü kapalı bir alanda muhafaza edilmesi önem arz etmekte ve ek bir külfet getirmektedir.

3.7 Sonuç

Sonuç olarak, IKA teknolojisi yeni olmakla beraber yukarıda bahsedilen birtakım üstün özelliklerinden ve daha çevreci bir teknik olmasından dolayı yakın gelecekte daha çok karşılaşılabilecek bir yol kaplama teknolojisidir. Avrupa'daki öncü uygulamalarda, sadece kamunun değil özel sektöründe bu konuda araştırmalar yapması ve kendi laboratuvar, araştırmacı imkânlarını kullanması etkili olmaktadır ve yüklenicileri bu tür yeni teknolojileri kullanmak konusunda cesaretlendirmektedir. Ancak IKA uygulamalarının uzun vadeli (10-20 yıl gibi) performans bilgileri henüz mevcut değildir, özellikle trafik miktarının fazla olduğu yollarda bu teknolojinin test edilmesi ve performansının görülmesi gerekmektedir.

Bitümlü Sıcak Karışım



İlk Karışım Asfalt



Şekil 7. Plentte asfalt karışımlar kamyonlara doldurulurken

Bitümlü Sıcak Karışım

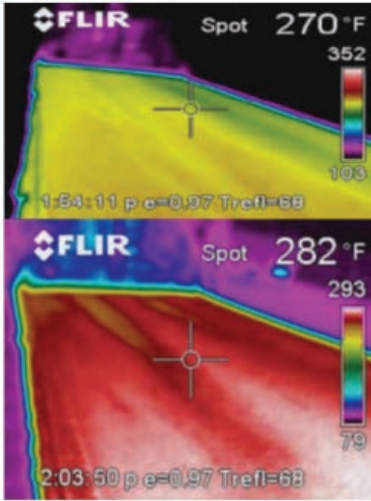


İlk Karışım Asfalt

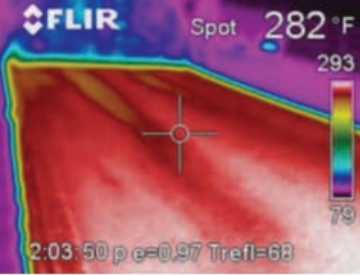
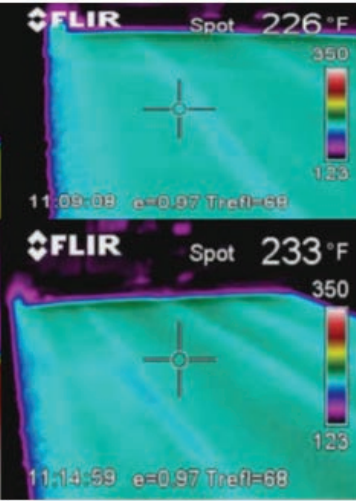


Şekil 8. Asfalt karışımlar yola serilirken görülüyor

Bitümlü Sıcak Karışım



İlk Karışım Asfalt



Şekil 9. Asfalt karışımlar yola serildikten sonra termal kamera ile alınan sıcaklık görüntüleri



Şekil 10. Yolun yapımı bittikten sonra İKA ile BSK görünümü aynı

KAYNAKLAR

- [1] Açar, E., Süttaş, İ., Öztaş, G., “Geçirimli Esnek Üstyapılar” Asfalt’96, I. Ulusal Asfalt Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bildiriler Kitabı Sf: 28–38 İstanbul, Aralık 1996.
- [2] C.D. Eisenbach, B. Bergk, F. Wurst “Enduring Traffic Noise Reduction with Porous Asphalt, Improved by Polymer Technology” 4th International Congress, Advances in Transport Infrastructures and Stakeholders Expectations, Palermo, İtalya, 12 – 14 Eylül 2007.
- [3] <http://www.asmud.org.tr>
- [4] <http://www.fhwa.dot.gov/environment/ultraurb/3fs15.htm>
- [5] http://www.hotmix.org/view_article.php?ID=533
- [6] <http://www.unh.edu/erg/cstev>
- [7] Lars E. Larsen, Hans Bendtsen, “Noise reduction with porous asphalt - costs and perceived effect” Danish Transport Research Institute, Danimarka, 2006.
- [8] Michele C. Adams, “Porous Asphalt Pavement with Recharge Beds”, The Journal for Surface Water Quality Professionals, SW Mayıs/Haziran 2003.
- [9] Young, G.K., S. Stein, P. Cole, T. Kammer, F. Graziano, and F. Bank, “Evaluation and Management of Highway Runoff Water Quality” FHWA-PD-96-032. Federal Highway Administration, Office of Environment and Planning, 1996.
- [10] J.D’Angelo, E. Harm, J.Bartoszek, G. Baumgardner, M. Corrigan, J. Cowsert, T. Harman, M. Jamshidi, W. Jones, D. Newcomb, B. Prowell, R. Sines, and B. Yeaton, Warm-Mix Asphalt: European Practice, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, USA, 2008.
- [11] Hurley, G.C., and B.D. Prowell. Evaluation of Sasobit for Use in Warm-Mix Asphalt. NCAT Report 05-06, National Center for Asphalt Technology, Auburn University, 2005.
- [12] Hurley, G.C., and B.D. Prowell. Evaluation of Aspha-min Zeolite for Use in Warm-Mix Asphalt. NCAT Report 05-04, National Center for Asphalt Technology, Auburn University, 2005.
- [13] <http://warmmixasphalt.com/napa2008.aspx>
- [14] <http://www.fhwa.dot.gov/pavement>
- [15] Brian D. Prowell, Ph.D., P.E., Warm Mix Asphalt The International Technology Scanning Program Summary Report, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, USA, 2007.

BALIKESİR YÖRESİ TAŞOCAĞI AGREGALARININ YOL MALZEMESİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayşe TURABİ, Arzu OKUCU

Balıkesir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Balıkesir- aturabi@balikesir.edu.tr
Balıkesir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Balıkesir- okucu@balikesir.edu.tr

ÖZET

Yol bakım ve onarım çalışmaları kentsel yaşamı olumsuz yönde etkilemekte, çevre sorunları yaratmaktadır. Sağlıklı ve düzenli kentsel yaşam için yol bakım onarım çalışmalarının azaltılması, dayanıklı malzeme kullanımı ile sağlanabilir. Yol kaplamalarının en önemli bileşenlerinden biri olan agregaların cinsi ve özellikleri malzemenin kullanıldığı yerdeki performansını büyük ölçüde belirler. Yol malzemesi olarak seçilecek malzemede gerekli kalite kontrol deneyleri yapılarak yol altyapı ve üst yapısında meydana gelen bozulmalar azaltılabilir.

Bu çalışmada, Balıkesir yöresi taşocağı malzemelerinin yol malzemesi olarak değerlendirilmesi araştırılmıştır. Bu amaçla, Balıkesir yöresindeki beş farklı taşocağından alınan malzemeler üzerinde likit limit, plastik limit, kompaksiyon, aşınma, kil toprakları, özgül ağırlık, su emme ve don dayanıklılık deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre incelenen taşocağı malzemelerinin yol malzemesi olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Agregas, agrega deneyleri, dayanıklılık

1. GİRİŞ

Yol inşaatında kullanılan temel ve alt temel tabakaları; kaplamadan gelen yükü zemine emniyetle aktarmak, drenaj sağlamak, çevre ve trafik etkilerine karşı dayanıklı ve stabil olmak gibi amaçları sağlamalıdır. Yol çalışmalarında kullanılan agregalar, hem kaplamanın stabilitesine olan büyük katkısı hem de büyük miktarda gereksinim duyulmasından dolayı önemli bir yol malzemesidir. Çünkü bağlayıcısız temel ve alt temel tabakalarının tamamı, bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça %90–95'i ve hacimce %80–85'i, beton kaplamaların ağırlıkça %70–80'i ve hacimce %60–65'i agrega tarafından sağlanır. Şartnamelerde istenen fiziksel özellikleri sağlayan agregaların kullanılması yolun hizmet ömrünü arttırmaktadır. Kullanılacak agregaların; tane dağılımı – yoğunluk,

dayanıklılık, tane şekli, yüzey yapısı, plastisite gibi özellikleri aranılan şartları sağlamalıdır. Tane dağılımı belirtilen amaçların sağlanmasında en önemli faktör olmaktadır. Tane dağılımı kaplamanın stabilitesi, drenajı ve don duyarlılığı gibi özellikler üzerinde etkilidir. Agregalar trafik yüklerinden veya zeminin hacim değiştirmesinden dolayı oluşacak deformasyonlara karşı dirençli olmalıdır. Ayrıca agregaların tanelerinin trafik ve çevre etkilerinin aşındırmasına karşı da dirençli olması gerekir [1, 2, 3].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, Balıkesir ilinde bulunan Koçkaya, Ercan, Çamlık, Belediye ve Ayşebacı taşocaklarından alınan agregaların fiziksel özellikleri incelenmiştir.

Agrega özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla laboratuarda kompaksiyon deneyi, likit limit ve plastik limit deneyleri, özgül ağırlık ve su emme deneyleri, kil toprakları deneyi, aşınma deneyi, donma-çözünme deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları Yollar Fenni Şartnamesi (YFŞ) ve ilgili kaynaklar ile karşılaştırılmıştır [4]. Deneyler için laboratuara, yaklaşık 100'er kg agregaya getirilmiş ve agregalar laboratuara serilerek kurutulmuştur.

Kompaksiyon (Standart Proktor) Deneyi (TS 1900-1)

Laboratuarda, kurutulmuş agregalar üzerinde standart proktor deneyi yapılarak numunelerin optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Numuneler, 2,5 kg ağırlığında 30,5 cm' den serbest düşme yapabilen tokmak ile 3 tabaka halinde her tabakaya 25 darbe uygulanarak sıkıştırılmıştır. Bu işlem, her seferinde su içerikleri artırılarak ağırlıklar düşmeye başlayıncaya kadar tekrarlanmıştır. Her sıkıştırma işlemi için 3'er kg' lık yeni numuneler kullanılmıştır. Deneylerden alınan sonuçlara göre maksimum kuru yoğunluklar (ρ_{kmax}), ve optimum su içeriği (w_{opt}) değerleri hesaplanmış, deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir [5,6,7,8,9].

Likit Limit ve Plastik Limit Deneyi (TS 1900-1)

Kurutulmuş numuneler 40 No' lu elekten (0.425 mm) elenerek, likit limit ve plastik limit deneyleri için 500'er g numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde statik konik penetasyon aleti kullanılarak likit limit, el ve cam plaka yardımı ile plastik limit deneyleri yapılmıştır. Likit limit deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

İnce Agregada Özgül Ağırlık ve Su Emme Değerlerinin Bulunması (TS EN 1097-6)

4.76 mm elek altı numuneden 800 g alınarak 24 saat su içinde bekletilmiştir. Suyu süzülen numune doymuş kuru yüzeyli hale gelene kadar ocağın üzerinde ısıtılmış ve cam kavanozun içine konularak tartılmıştır (M_2). Numune tamamen su içinde kalacak şekilde kavanoz su ile doldurulmuş ve tartılmıştır (M_3). Kavanozun darası alınmıştır (M_1). Kavanoz tamamen su ile doldurulmuş ve tekrar darası alınmıştır (M_4). Numune son olarak $105 \pm 5^\circ C$ 'de ki etüvde 24 saat süre ile kurutulmuş ve tartılmıştır (M_5). Aşağıda verilen ifadeler ile özgül yoğunluk ve su emme %'leri değerleri hesaplanmış, deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir [10].

$$\text{Özgül yoğunluk } (\delta) = (M_2 - M_1) / (M_4 - M_1) - (M_3 - M_2) \quad (1)$$

$$\text{Su emme \% 'si} = [(M_2 - M_1) - (M_3)] / M_5 \times 100 \quad (2)$$

İri Agregada Özgöl Ağırlık ve Su Emme Değerlerinin Bulunması (TS EN 1097-6)

Deney için en büyük agregata tane çaplarına göre aşağıda verilen miktarlarda numune hazırlanmıştır. Deney numunesi 20°C'deki su içinde 24 saat bekletilmiş, kurularak tartılmış doygun kuru yüzey kütlesi bulunmuştur (M_1). Numune tel sepet içinde suya daldırılmış ve agregalar arasındaki hava kabarcıklarının çıkması temin edilerek doygun malzemenin sudaki kütlesi saptanmıştır (M_2). Numune sudan çıkartılarak etüvde $105\pm5^\circ\text{C}$ 'de kurutulmuş oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Böylece havadaki kuru kütlesi saptanmıştır (M_3). Aşağıda verilen ifadeler ile özgöl yoğunluk ve su emme %'leri değerleri hesaplanmış, deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir

Numune Miktarı:

(38.1-19.1) mm 375 g

(19.1-9.52) mm 600 g

(9.52-4.76) mm 525 g

$\Sigma=1500$ g

M_1 = doygun kuru yüzeyli kütle

M_2 = sudaki kütle

M_3 = etüvden sonraki kuru kütle

$$\text{Özgöl yoğunluk } (\delta) = M_1 / (M_1 - M_3) \quad (3)$$

$$\text{Su emme \% 'si} = [(M_2 - M_1) / M_1] \times 100 \quad (4)$$

Aşınma (Los Angeles) Deneyi (TS 3694)

Deneyde Los Angeles deney aleti kullanılmıştır. Aşınma deneyleri için 5000'er g numune hazırlanmıştır. Deney numunesi yıkanmış, 110°C 'de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Numune ve aşındırma sınıfına göre gerekli olan 12 adet çelik küre, deney aletine konularak 30-33 devir/dakika olacak şekilde, alete 500 devir yaptırılmıştır. Gerekli devir sayısı tamamlandıktan sonra numune 1.70 mm'lik elekten elenmiş, elek üstünde kalan malzeme yıkanmış ve 110°C 'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulularak tartılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir [11].

$$\% \text{ Aşınma kaybı} = (\text{ilk ağırlık} - \text{son ağırlık}) / (\text{ilk ağırlık}) \quad (5)$$

Kil Topakları Deneyi (TS 706 EN 12620)

Deneyde kullanılacak numune 110°C ' de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Aynı numune 24 saat suda bekletildikten sonra yumuşak malzemeler temizlenene kadar yıkanmış ve tartılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir [12].

$$\text{Kil topakları } (\%) = (\text{ilk ağırlık} - \text{son ağırlık}) / (\text{ilk ağırlık}) \quad (6)$$

Donma – Çözünme Deneyi (TS EN 1367-1)

Dona dayanıklılığın belirlenmesi için sodyum sülfat çözeltisi kullanılmıştır. Numune etüvde kurutulularak tel sepet içinde çözeltiye daldırılmıştır. Daldırma süresi sonunda numune çözeltiden çıkarılarak süzölmeye bırakılmış ve etüvde kurutulmuştur. Etüvden çıkan numune oda sıcaklığına kadar soğutulularak tekrar çözeltiye daldırılmıştır. Daldırma – kurutma işlemi 5 kez tekrarlanmıştır. Her kurumadan sonra tanelerin durumu yani dağılma, çözülme, ayrılma, ufalanma ve çatlama olup olmadığı gözlenmiştir. Son daldırmada etüvden çıkan numune soğutulup çözelti temizleninceye kadar su ile yıkanmış, etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulularak tartılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir [13].

$$\text{Dona Dayanıklılık(\%)} = (\text{ilk ağırlık} - \text{son ağırlık}) / (\text{ilk ağırlık})$$

(7)

Çizelge 1 Taşocağı agregaları deney sonuçları

Taşocağı	Kompaksiyon		Likit Limit	İnce Agregası		İri Agregası		Aşınma Kaybı	Kil Topakları	Donma Kaybı
	ρ_{maks} (Mg/m ³)	w_{opt} (%)	(%)	Özgül Yoğunluk (δ)	Su Emme (%)	Özgül Yoğunluk (δ)	Su Emme (%)	(%)	(%)	(%)
Koçkaya	2.24	6.8	22.10	2.82	1.40	2.70	1.27	27.4	0.376	3.01
Ayşebacı	2.29	6.7	17.33	2.83	1.30	2.71	1.14	23.4	4.96	2.41
Belediye	2.26	7.5	19.40	2.98	1.35	2.72	1.48	31.78	3.496	2.23
Çamlık	1.86	10.7	24.80	2.57	1.70	2.63	1.88	22.82	0.88	15.91
Ercan	2.24	6.8	13.85	2.82	1.04	2.75	0.87	19.0	0.464	0.223

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Balıkesir yöresi taşocağı malzemelerinin yol malzemesi olarak değerlendirilmesinin araştırılması amacı ile Koçkaya, Ayşebacı, Belediye, Çamlık ve Ercan taşocaklarından alınan malzemeler üzerinde likit limit, plastik limit, kompaksiyon, aşınma, kil topakları, özgül ağırlık, su emme ve donda dayanıklılık deneyleri yapılmıştır. Çizelge 1’de verilen deney sonuçları YFŞ ve ilgili kaynaklar ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Kuru Yoğunluk

Agregaların maksimum kuru yoğunlukları genel olarak 1.8–2.15 Mg/m³ arasında değişmektedir. Deneylerde kullanılan agregaların maksimum kuru yoğunlukları beklenen değerler aralığında bulunmuştur. Yoğunluğu yüksek olan agreganın dayanımı da yüksektir.

Likit Limit- Plastik Limit

Agregaların plastiklik özelliği olmadığı için plastik limitlerine bakılamamıştır. YFŞ’de likit limit değeri için maks. %25, plastik limit değeri için maks. %6 şartı vardır. Agregaların likit limit ve plastik limit değerleri YFŞ’ de belirtilen maksimum değerlerin altında kalmıştır.

Su Emme

Agregaların su emme %’lerinin bazı kaynaklarda [2] genel olarak %0.2–2 aralığında olması istenmektedir. İncelenen agregaların su emme %’leri beklenen değerler aralığında bulunmuştur.

Aşınma Kaybı

Agregaların trafik yükü altında kırılma ve aşınmaya karşı yüksek dirençli olması gerekir. Yollar Fenni Şartnamesinde aşınma kaybının maks. %35 olması istenmektedir. Agregaların aşınma kaybı değerleri YFŞ’ de belirtilen maksimum değerlerin altında kalmıştır. İncelenen agregalar aşınma kaybı %’ lerine göre aşınma direnci yüksek agregalardır.

Kil Topakları

Yıkanabilir maddeler agregalarda kısıtlı miktarda bulunması istenen zararlı maddelerdendir. Özellikle göl ve dere yataklarından elde edilen agregalarda çamurlu madde miktarları büyük oranlara varabilmektedir. Bu agregalar, ancak iyi bir şekilde yıkanmaları halinde kullanılabilirler. TS 706 standardında agregalardaki yıkanabilir madde miktarı ağırlıkça maksimum %4 değeri ile sınırlandırılmıştır. Deneylerde kullanılan agregalardan Ayşebacı ve Belediye taş ocağı agregalarının kil topakları yüzdeleri maksimum değer civarında, Koçkaya, Çamlık ve Ercan taşocağı agregalarının kil topakları yüzdeleri maksimum değerin altında kalmıştır.

Donma Çözünme

Agregaların donarak ufalanmaya karşı dirençli olmaları gerekmektedir. YFŞ'de donma-çözünme değeri için maks. %12 şartı vardır. Çamlık taşocağı agregasının donma-çözünme değeri maks. değerin üstünde, Koçkaya, Ayşebacı, Belediye, Ercan taşocağı agregalarının donma-çözünme değeri maks. değerin altında kalmıştır. Buna göre Çamlık taşocağı agregası donma kaybı yüksek bir agregaya, Koçkaya, Ayşebacı, Belediye, Ercan taşocağı agregaları donma kaybı düşük donma dirençleri yüksek agregalardır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Balıkesir yöresi taşocağı malzemelerinin yol malzemesi olarak değerlendirilmesi araştırılmıştır. Bu agregalar üzerinde likit limit, plastik limit, kompaksiyon, aşınma, kil topakları, özgül ağırlık, su emme ve don dayanıklılık deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre incelenen Koçkaya, Ayşebacı, Belediye, Ercan taşocağı agregalarının şartnamede beklenen değerler aralığında olduğu görülmektedir. Çamlık taşocağı agregasının bazı özellikleri şartname değerlerinden düşük kalmakla birlikte yol agregası olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir. Dayanıklı agregaların yol çalışmalarında kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. YFŞ'de istenen değerleri sağlayan dayanıklı agregaların yol çalışmalarında kullanılması trafik ve diğer etkiler ile parçalanma sonucu meydana gelen bozulmaları azaltacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Tunç, A., 2001, “Yol Malzemeleri (Agrega, Asfalt, Bitümlü Karışımlar, Beton, Zemin) ve Uygulamaları (Kaplamlar ve Zemin Islahı – Dizayn ve Yapım Metotları)”, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.
- [2] Umar, F., Açar, E., 1991, “Yol Üstyapısı”, İTÜ, İstanbul.
- [3] Tunç, A., 2004, “Esnek Kaplama Malzemeleri El Kitabı”, Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- [4] Yollar Fenni Şartnamesi, 2000, (Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü Tünel ve Üst Yapı
- [5] TS1900-1, 2006, “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri”, Bölüm1: Fiziksel Özelliklerin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü.
- [6] “Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Semineri”, İller Bankası Genel Müdürlüğü
- [7] Aytekin, M., 2004, ” Deneysel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi”, Ankara.
- [8] Özaydın, K.” Zemin Mekaniği”, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [9] Uzuner, B., A., 2007, “Temel Zemin Mekaniği”, Derya Kitabevi, Trabzon.
- [10] TS EN 1097-6, 2002, “Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme oranı Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü.
- [11] TS 3694, 1981, “ Beton Agregalarında Dayanıklılık (Aşınma Oranı) Tayini Metodu” İşleri), Karayolları Genel Müdürlüğü, Yayın No:170/2. Türk Standartları Enstitüsü.
- [12] TS 706 EN 12620, 2003, “Beton Agregaları”, Türk Standartları Enstitüsü.
- [13] TS EN 1367-1, 2001, “Beton Agregalarında Dona Dayanıklılık Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü.

BÖLÜM 3

SU KAYNAKLARI, HAVZA YÖNETİMİ, BARAJLAR VE ENERJİ

İÇME SUYU HAVZALARININ KORUNMASI İÇİN YAPILACAK UYGULAMALAR VE ANTALYA ÖRNEĞİ

Mustafa YILDIRIM*

*ASAT, Havza Kor. ve Kont. Şb. Md., Antalya.- m.yildirim@ttmail.com

ÖZET

Su kaynaklarının etkin bir şekilde korunabilmesi için öncelikle havzalarının kontrol altına alınması gereklidir. Su kaynaklarının havzalarının, doğal durumları değerlendirilmeli, taşıma kapasiteleri belirlenmeli ve havza içerisindeki planlamalar bu bilgilere dayanılarak hazırlanmalı ve havza bazlı yönetim mekanizmaları oluşturulmalıdır.

Bu çalışma kapsamında; havza koruma ve yönetim çalışmalarının nasıl olması gerektiği incelenmekte, Avrupa Birliği ve Türkiye’de bulunan yönetmelikler değerlendirilmekte ve Antalya yer altı suyu (Karst) havzası ve yüzey suyu (Karacaören II) havzasındaki uygulamalar anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Havza Koruma, Havza Risk Yönetimi, Hassasiyet Haritaları, Havza Yönetim Planları

1. GİRİŞ

İçme suyu havzası; içme suyu sağlanan yer altı veya yer üstü suyunun kaynağından sonlandığı yere kadar olan ve o su kütlesine su sağlayan bütün alanları kapsamaktadır. Yüzeysel su kaynakları için bu sınır topografik üst noktalar iken yer altı suyu için özellikle karstik özellikli kireç taşlarında, topografik sınırları aşabilmektedir. Havza koruma çalışmaları havza sınırlarının tespiti ile başlamakta, havzanın karakterizasyonu, havzadaki hali hazır durumun tespiti, havza yönetim planlarının oluşturulması, planlar uyarınca havza ile ilgili özel hükümlerin ve yasal mevzuatın yürürlüğe konulması, bu hükümlerin uygulanması ve hükümlerin gözden geçirilerek planların ve hükümlerin güncellenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Havza karakterizasyonu, havzanın jeolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik durumunun ve havza içerisindeki su kalitesinin tespiti işlemlerinden oluşmaktadır. Havza karakterizasyonu, havza içerisindeki kirlenmeye karşı hassas ve az hassas bölgelerin tespitinde önemli bir rol oynamaktadır.

Havzanın halihazır durumunun tespiti ise havza içerisindeki kirlenici faaliyetlerin, arazi kullanım durumunun tespitini içermektedir. Havza planları, bu iki altlık verinin birleştirilerek risklerin ortaya konması, geleceğe yönelik senaryolar oluşturulması ve risk yönetiminden oluşmaktadır. Bu senaryoların ve risklerin değerlendirilmesi ile havza için özel hükümler belirlenmekte ve yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Hükümlerin uygulanması ile birlikte zaman içerisinde teknolojik ve sosyolojik gelişmeler de dikkate alınarak, belirli periyotlarda hükümler ve düzenlemeler üzerinde güncelleştirmeler yapmak söz konusu olmaktadır.

Ülkemizde, Avrupa Birliği Müktesebatına uyum çalışmaları kapsamında çevre ile ilgili çeşitli düzenlemeler yürürlüğe girmiştir. Havzaların korunması konusunda ise Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, AB Su Çerçeve Direktifi ile uyumlu hale getirilmiş ve su kaynaklarının korunmasının havza bazında olması gerektiği belirtilmiştir. Bu Yönetmelik kapsamında özellikle yüzey suyu havzaları için özel hüküm belirleme çalışmalarından bahsedilmektedir. Ayrıca, İSKİ Kanunu uyarınca Büyükşehir Belediyeleri Su ve Atıksu İdareleri, içme ve kullanma suyu sağladıkları kaynakların korunması amacıyla havza koruma yönetmeliklerini oluşturabilmektedirler.

Bu çalışma kapsamında; havza koruma ve yönetim çalışmalarının nasıl olması gerektiği incelenmekte, Avrupa Birliği ve Türkiye’de bulunan yönetmelikler değerlendirilmekte ve Antalya yeraltısuyu (Karst) havzası ve yüzey suyu (Karacaören II) havzasındaki uygulamalar anlatılmaktadır.

1.1. Avrupa Birliği’nde Havza Koruma

Avrupa Birliği (AB) üye ülkelerinde, su kaynakları ile ilgili bütün yasal mevzuat Su Çerçeve Direktifi (SÇD) “*Water Framework Directive*”(2000/60/EC) bir çatı altına toplanmıştır. Bu Direktifin amaçları;

- Yüzey suları ve yeraltısularından oluşan bütün su kaynaklarının korunması için kapsamı genişletmek,
- 2015 yılına kadar bütün su kaynaklarını “good status¹” iyi duruma getirmek,
- Havza bazında su yönetimini sağlamak,
- Emisyon limit değerleri ve kalite standartlarında “combined approach²” birleşik yaklaşımı benimsemek,
- Doğru fiyatlandırma yapmak,
- Halkın katılımını arttırmak,
- Mevzuatı basitleştirmektir.

Su çerçeve direktifinde en önemli iki husus su yönetiminin havza ölçeğinde planlanması ve su kaynaklarının taşıma kapasitesine göre kirlenici limitlerinin belirlenmesidir. Özellikle havzaları idari sınırları aşan sulara, havza içerisinde kirlenicilerin kontrolü, arazi kullanımı vs. gibi havza yönetim elemanlarının kontrolünde büyük kolaylık sağlamaktadır[1].

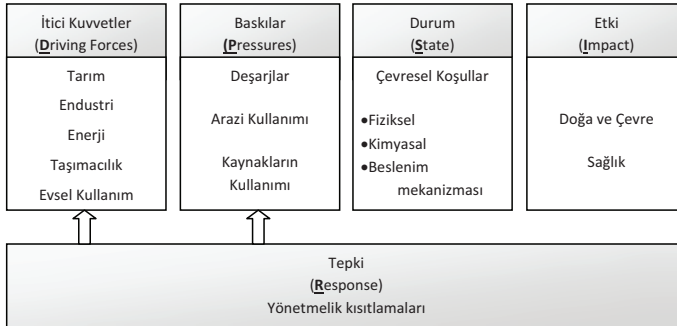
¹ **Good status:** Yüzeysel sular için ekolojik olarak SÇD’nin Ek-5’te tanımlanan şartları sağlayan, kimyasal olarak limit değerleri aşmayan durum; yeraltısuları için ise miktarsal olarak kullanımla seviyesi değişmeyen ve kimyasal yapısı bozulmayan durum.

² **Combined approach:** Su kaynağı temelli ve kaynağın taşıma kapasitesine göre emisyon limitlerinin değerlendirilmesi.

AB direktiflerinde havza ile ilgili olarak ayrıca, Atıksu Arıtma Direktifi (Urban Wastewater Directive 91/271/EEC), Nitrat Direktifi (Protection of Waters Against Pollution Caused by Nitrates from Agricultural Sources 91/676/EEC) ve Bütünleşik Kirlilik Önlenmesi ve Kontrolü Direktifi (Integrated Pollution Prevention and Control Directive 96/61/EC) yürürlüğe konmuştur. Atıksu Arıtma Direktifinde nüfusu 2000'den büyük olan her yerleşim yeri için kanalizasyon sisteminin tamamlanması ve bir arıtma sistemi ile sonlanması hüküm altına alınmıştır. Ayrıca az hassas ve hassas sucul alanlar Direktifte tanımlanmış ve arıtma seviyeleri buna göre belirlenmiştir. Az hassas alanlar olarak, atıksu deşarjı sonucu morfolojik, hidrolojik ve spesifik hidrolik durumu üzerinde olumsuz etki oluşmayan kıyı ekosistemleri gibi alanlar; hassas alanlar olarak ise içme suyu sağlanan tatlı su kaynakları, ötrofik olan veya bir önlem alınmazsa ötrofikleşebilecek tatlı su ve kıyı alanları, balıkçılık, yüzme suyu, kuş koruma alanları gibi alanlar tanımlanmıştır. Az hassas alanlara deşarjda eşdeğer nüfusa bağlı olarak deşarj limitleri belirlenirken, hassas alanlarda ileri arıtma sistemleri istenilmektedir[2].

Nitrat Direktifinde ise tarımsal nitrat kirliliğinin kontrol altına alınması için çeşitli hükümler getirilmiş ve "iyi tarım uygulamaları"³ tanımlanmıştır. Bu tanımlamaya göre gübre uygulamalarının nasıl belirleneceği ve ne şekilde kayıt altına alınacağı belirtilmektedir[3].

AB'nde yeraltı suyu havzalarının korunması amacıyla yapılacak çalışmalar da SÇD belirlenmiş ve bunların üye ülkeler tarafından uygulanması istenilmiştir. Bu amaçla üye ülkeler yeraltı sularını havza bazında tanımlama ve karakterize etmekle yükümlüdürler. Karakterize etme aşamasında itici kuvvet olan tüketicilerin analizi, yeraltı suyu üzerindeki baskılar (deşarjlar, arazi kullanımı, vs.), yeraltı suyunun durumu/çevresel koşullar (fiziksel ve kimyasal koşullar, beslenme durumu), yeraltı suyunun etkileri (çevreye ve insan sağlığına) ve tepkiler (plan ve programlar, yönetmelik kısıtlamaları) analiz edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Yeraltı sularının Karakterizasyonu

Karakterizasyon analizinde risk analizi büyük önem taşımaktadır. Bu risklerin değerlendirilmesinde, yukarıda bahsedilen olgular ile birlikte yeraltı suyu hassasiyeti kullanılmaktadır. Yeraltı suyu hassasiyeti; kirleticilerin akiferin en üstündeki lokasyonla tanışmasının ardından, yer altı suyundaki spesifik bir pozisyona ulaşması olasılığı veya eğilimi olarak tanımlanabilmektedir[4].

³ İyi tarım uygulamaları: Ekolojik dengeyi bozmayan tarımsal üretim teknikleri ve metotlarıdır.

Yeraltısuyu hassasiyeti karst ve karst olmayan bölgeler için farklı şekilde belirlenmektedir. Karst olmayan bölgeler için en yaygın kullanılan metot, US-EPA tarafından geliştirilmiş olan DRASTIC metodudur[5].

Karst bölgelerde ise, özellikle AB arazilerinin çoğunun karst bölgelerde oluşmasından ötürü, AB Su Çerçeve Direktifi ile uyumlu olarak COST 620 çalışma grubu tarafından karstik akiferlerde koruma amaçlı hassasiyet ve haritalama esaslarının belirlenmiş ve çeşitli metot yaklaşımları ele alınmıştır [6]. Bu metotlardan en günceli COP metodudur.

Koruma bölgeleri belirlenmesinde risk analizi sonucu oluşturulmuş haritalar kullanılmakta ve buna uygun olarak havza bazında ilgili diğer Direktifler ile birlikte değerlendirilerek sınırlar belirlenmektedir.

1.2. Türkiye’de Havza Koruma

Türkiye’de havza koruma çalışmaları, AB Müktesebatına uyum çalışmaları kapsamında, yönetmeliklerin gözden geçirilerek güncellenmesi ile yasal çerçeveye girmiştir. 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği’ne (SKKY), bu kapsamda havzalarla ilgili olarak “Havza Planı ve Havza Koruma Planı” başlıklı bölüm eklenerek, 5. Maddesinde kıta içi su kaynaklarının havza planlarının Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne (DSİ) yapılacağı belirtilmektedir. Ayrıca kıta içi su kaynaklarının kalitesinin korunması, kirlenmesinin önlenmesi ve kalitesi bozulmuş kıta içi su kaynaklarının iyileştirilmesi için havzaların özelliklerinin dikkate alındığı uzun vadeli bir havza koruma planının yapılması gerektiği hüküm altına alınmış; bu konudaki yetki ise Çevre ve Orman Bakanlığına verilmiştir[7].

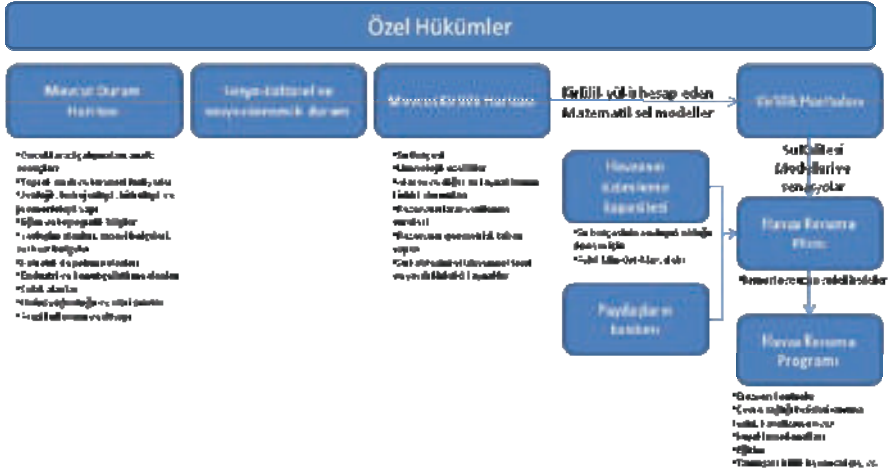
Bu kapsamda Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Havza Koruma Eylem Planları oluşturması çalışmaları başlatılmıştır. Havza Koruma Eylem Planları’nın hangi sırada oluşturulacağı konusunda havzalar arasında önceliklendirme yapılmıştır (Şekil 2). Önceliklendirmede su kalitesi, kirlетici kaynakları, korunan alanlar ve içme suyu kaynakları göz önüne alınarak bir matris oluşturulmuş ve bu matris doğrultusunda ülkemiz coğrafyasındaki 25 adet hidrolojik havza değerlendirilmiştir[8].

Mevcut durumda, Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı tarafından Gediz, Akarçay, Van Gölü, Beyşehir Gölü ve Boğazköy Barajı havzaları için Havza Koruma Eylem Planları hazırlanmıştır. 11 adet havzanın çalışmaları ise TUBİTAK-MAM tarafından yürütülmektedir[8].



Şekil 2. Türkiye’de havzaların önceliklendirilmesi

Ayrıca içme suyu sağlanan kıta içi su kaynakları için ise aynı Yönetmeliğin 16. Maddesinde “Özel Hüküm Belirleme” tanımı yapılmış, kaynağın ve havzasının korunmasında, kaynağa ve havzasına has özel hükümlerin Çevre ve Orman Bakanlığı ile koordineli bir şekilde Valiliklere; Büyükşehir Belediyelerine içme ve kullanma suyu temin edilen havzalarda ise Büyükşehir, Su ve Kanalizasyon İdarelerine yetki verilmiştir[1]. Bununla ilgili olarak da, 30.06.2009 tarih ve 27274 sayılı Resmi Gazete’de “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Havzalarda Özel Hüküm Belirleme Çalışmalarına İlişkin Usul ve Esaslar Tebliği” yayımlanmıştır[9]. Bu Tebliğ’de Özel Hüküm Belirleme için ön koşul olarak bütün içme suyu amacıyla kullanılan ve kullanılması planlanan her havza için yapılması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca, SKKY 16-20. Maddelerinin uygulanmasına rağmen su kalitesinin 20.11.2005 tarih ve 25999 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Suların Kalitesine Dair Yönetmelik” hükümleri çerçevesinde olumsuz değiştiği; aynı Yönetmeliğe göre içme ve kullanma suyu olarak uygun olmayan, ancak kullanılması zorunlu suların havzalarında; Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdarelerinin Havza Koruma Yönetmelikleri hükümlerinin uygulanamaz veya yetersiz olduğu durumlarda; koruma alanlarının uzaklık esas alınarak belirlenmesinin uygun olmadığı durumlarda; atıksuların havza dışına çıkarılmasının mümkün olmadığı durumlarda Özel Hüküm Belirleme çalışmalarına öncelik verilmektedir. Özel Hüküm Belirleme çalışmaları Şekil 3’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Özel Hüküm Belirleme Çalışmaları

Özel Hüküm belirlenmeyen havzalarda ise, SKKY'nin 16, 17, 18, 19 ve 20. Maddelerinde, su kaynağı içi, mutlak (0-300m), kısa (300-1000m), orta (1000-2000m) ve uzun (2000m-havza sınırı) koruma alanları tanımlanmış ve bu alanlardaki kısıtlamalar belirtilmiştir.

Havzaların korunması ve SKKY'nin hükümlerinin geçerli olabilmesi için, aynı Yönetmeliğin 11. Maddesi (1) Bendinde belirtildiği üzere, içme ve kullanma suyu temin edilmesi planlanan yüzeysel su havzalarında, su temin projesinin yatırım programına alınması ile birlikte Yönetmelik hükümlerinin uygulanmaya başlanılabileceği belirtilmektedir. Ayrıca 24.06.2010 tarih ve 27621 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Maden Kanununun 7. Maddesinde, su kaynaklarının maksimum su kotundan itibaren 1000-2000 m'sinde galeri usulü ile patlatma yapılmadan, 2000 m'den sonra ise Çevresel Etki Değerlendirme raporu onaylanmış her tür madencilğe izin verilmekte olup, SKKY'nin 16-20. Maddeleri ile çalışmaktadır[10].

Büyükşehir Belediyeleri de kendi içme ve kullanma suyu sağladığı kaynakların ve havzalarının korunması amacıyla, kendi Havza Koruma ve Kontrol Yönetmeliklerini, 2560 sayılı İSKİ Kanununun 20. maddesinin (5177 sayılı Kanunun 32. maddesi ile değişiklik); "Kanalizasyon şebekesine verilmesi sakıncalı maddeler ile içme suyu havzalarının korunması için gereken tedbir ve düzenlemeler, 2872 sayılı Çevre Kanunu hükümleri çerçevesinde Çevre ve Orman Bakanlığının uygun görüşü alınarak Genel Müdürlüğe belirlenir" hükmü doğrultusunda hazırlayabilmektedirler. Bu doğrultuda çoğu Büyükşehir Belediyesi, Su ve Atıksu İdareleri kendi havza koruma yönetmeliklerini hazırlayarak yürürlüğe koymuştur[11].

Yeraltısularında ise havza bazında herhangi bir düzenleme olmamakla birlikte, sadece Antalya İçme Suyu Kaynakları için DSİ 13. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmış olan ve 28.12.2009 tarih ve 27446 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan kaynakların beslenme havzası ile ilgili kısıtlamalar bulunmaktadır [12]. Ayrıca SKKY'nin 22. Maddesinde yeraltısuyu kaynaklarının korunması için tedbirler belirtilmektedir.

2. ANTALYA ÖRNEĞİ

Antalya Kentinde, içme ve kullanma suları hakkındaki bütün yetki ve sorumluluk, 2560 Sayılı İSKİ Kanunu çerçevesinde Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü'ne (ASAT) verilmiştir. Su kaynaklarının havza bazında korunması ve kontrolü için ASAT Genel Müdürlüğü bünyesinde, 28.05.2010 tarihli Genel Kurul Kararı ile Havza Koruma ve Kontrol Şube Müdürlüğü kurulmuştur.

Havza Koruma ve Kontrol Şube Müdürlüğü, Antalya Kentinin içme suyu ihtiyacının sağlandığı/sağlanacağı mevcut ve potansiyel kaynakların havzalarında bulunan bütün kirletici faaliyetleri kontrol altına almak, havzalardaki kirlenmeye karşı hassas bölgeleri tespit ederek koruma alanları oluşturmak ve koruma altına almak, koruma altına alınan alanlarda havza koruma timleri ile rutin incelemeler yapmak görevlerini gerçekleştirmektedir.

Antalya'da iki temel havza bulunmakta olup Şekil 4'de gösterilmektedir.



Şekil 4. Antalya Bölgesindeki Ana Havzalar

Antalya Kentinde mevcut durumda, içme ve kullanma suları, Duraliler, Termessos, Boğaçay, Gürkavak, Yemişpınarı ve Aksu Tigem Kuyularından sağlanmaktadır. Antalya Kentinin içme suyu ihtiyacının hemen hemen tamamının karşılandığı bu yeraltısıyu kaynaklarından, Boğaçay ve Aksu Tigem kuyuları hariç tüm kaynaklar karstik kireçtaşlarından beslenmektedir. Alüvyonda açılmış olan Boğaçay Kaynaklarının bir kısmı alüvyondan bir kısmı ise Antalya travertenlerinden, Aksu Tigem ise Aksu alüvyonlarından

beslenmektedir. Bu kaynaklardan Duraliler, Termessos, Boğaçay, Gürkavak ve Yemişpınarı için DSİ 13. Bölge Müdürlüğünün yaptığı çalışma sonucu, 28.12.2009 tarih ve 27446 sayılı Resmi Gazete’de Koruma Alanları İlanları yayımlanmış ve bu alanlarda çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir[12].

Ayrıca yayımlanan İlanların hükümleri doğrultusunda, Havza Koruma ve Kontrol Şube Müdürlüğü tarafından 2560 sayılı İSKİ Kanununun 20. maddesi doğrultusunda; “Su Havzaları Koruma ve Kontrol Yönetmeliği” hazırlanmış, ilgili Kurum ve Kuruluşların görüşleri alınarak son haline getirilmiş, 12.12.2010 tarihli ASAT Genel Kurul’unda görüşülerek yürürlüğe konmuştur.

Yönetmelikte, mevcut ve potansiyel içme suyu kaynaklarının korunması amacıyla, yer altı ve yer üstü su kaynaklarının havzalarında koruma bölgelerinin teşkili, bu koruma bölgelerinde yapılabilecek uygulamalar ve kısıtlamalar, uygunsuz faaliyetlerin tespitinde uygulanacak cezai yaptırımlar ve uygulama esasları belirtilmektedir[13].

Koruma bölgeleri İlanları ve Yönetmelikte, yeraltısuyu besleniminde önemli bir rol oynayan düdenler için özel önlemler belirlenmiştir. Düdenler (suyutanlar), yer yüzeyinde bulunan, kireçtaşı bölgelerde kayaların çözünmesiyle oluşmuş olup yeraltı drenaj sistemiyle bağlantıyı sağlayan huni şeklindeki oyuklar olarak tanımlanmaktadır[14]. Düdenler; gerek içme suyu kaynakları ile doğrudan etkileşimli olması, gerekse yağışlı dönemlerde taşkın kanalı gibi çalışması nedeniyle hem yeraltısuyu kalitesi, hem de taşkın sezonunda üst traverten platosunu drene etmesi bakımından çok önemli olmaktadır. Hem Yönetmelikte, hem de İlanlarda, düdenler ve çevresindeki alan Mutlak Koruma Alanlı olarak ilan edilmiş ve bu alanda hiçbir faaliyete izin verilmeyeceği hüküm altına alınmıştır. Bu amaçla “Antalya Traverten Platosu Üzerinde Düdenlerle İlgili Etüt işi” yapılmış ve düdenlerin yerleri ve koruma bölgeleri tespit edilmiştir. Her düden için bir kimlik kartı oluşturulmuş ve envantere kayıt edilmiştir[15]. Şekil 5’de kimlik kartı örneği görülmektedir.

Havza Koruma ve Kontrol Şube Müdürlüğü ayrıca, karst yeraltısuyu havza sınırı olan Bucak-Onaç barajından, Korkuteli’ne dayanan beslenim alanı içerisinde tespit edilen kirlетici faaliyetler hakkında gerekli bütün girişimleri başta “ASAT Su Havzaları Koruma ve Kontrol Yönetmeliği” olmak üzere diğer ilgili yönetmelikler uyarınca ivedi olarak gerçekleştirmektedir (Şekil 6-9).



Şekil 8. Kestel Düdeni Örneklendirme Çalışması



Şekil 9. Kırkgöz Kaynakları Örneklendirme Çalışması

Mevcut içme suyu kaynaklarının korunmasının yanı sıra geleceğe yönelik olarak da kaynakların havzalarında çalışmalar sürdürülmektedir. Gelecekte Karacaören II Barajı Rezervuarından $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$ debide su alınması planlanmaktadır. Bu amaçla yapılmış proje 2011 DSİ Genel Müdürlüğü İnşaat Yatırım Programı'na alınmış ve SKKY hükümleri etkin hale gelmiştir. Ayrıca Aksu Kargı Regülatörü membainda, çay kenarına açılacak 14 kuyu ile yaklaşık $2 \text{ m}^3/\text{s}$ su alınması için proje tamamlanmış ve Dünya Bankası Kredisi ile yapım için alanın tahsisi beklenilmektedir. Karacaören havzasında Rezervuarı etkileyebilecek kirletici faaliyetlerin kontrol işlerine Havza Koruma ve Kontrol Şube Müdürlüğü tarafından başlanılmıştır. İlk aşamada Rezervuar kalitesini olumsuz etkilediği bilinen balık çiftlikleri ile ilgili önlemlerin alınması amacıyla T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ile gerekli yazışmalar yapılmıştır. Ayrıca atıksu deşarjlarını Karacaören I Rezervuarına taşıyan Sav deresine veren Isparta Deri Organize Sanayi'nin ön arıtmalarının yapılarak atıksuların ön arıtmadan geçirdikten sonra Isparta Atıksu Arıtma Tesisine vermeleri için gerekli girişimlerde bulunulmuş ve ön arıtma tesisinin inşasına başlanılması sağlanılmıştır. Isparta Atıksu Arıtma Tesisinin düzgün çalıştırılması için ise yine gerekli girişimlerde bulunulmuştur. Rutin olarak ayrıca, Çevre Koruma Laboratuvarı Şube Müdürlüğü ile entegre bir şekilde rezervuar içerisinden ve kirletici kaynaklardan numuneler toplanılmakta ve kirlilik sürekli olarak izlenmektedir (Şekil 10-11).



Şekil 10. Karacaören I Barajı-Balık Çiftlikleri



Şekil 11. Karacaören II Baraj İçerisi Örneklendirme Çalışması

3. SONUÇLAR

Su kaynaklarının korunmasının havza bazında olması ve sistematik bir şekilde yürütülmesi, kaynakların etkin bir şekilde korunması ve sürdürülebilir kullanılması bakımından büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, havza koruma işlerinde öncelikle, havzanın doğal yapısı ve halihazır durumu incelenmelidir. Toplanacak doneler ve modeller eşliğinde, havza kirlilik durumu tespit edilmeli risk haritaları oluşturulmalıdır. Oluşturulacak senaryolara göre riskli bölgeler değerlendirilerek koruma bölgeleri teşkil edilmeli, bu koruma bölgelerine göre Havza Koruma Eylem Planları ve Programları oluşturulmalıdır. Planlar dönemsel olarak gözden geçirilerek güncellenmelidir.

Havza koruma çalışmaları AB ve Türkiye’de çeşitli yasal yönetmeliklere bağlanarak standardize edilmiştir. Ancak Ülkemizde yönetmeliklerin ve kanunların çelişkilerinden ötürü uygulama problemleri doğmaktadır (örn. Maden Kanunu ve SKKY; SKKY 11inci Madde (1) bendi). Ek olarak Büyükşehir Belediyeleri, Su ve Atıksu İdareleri, içme ve kullanma suyu sağladıkları kaynakların havzalarının korunması için Havza Koruma Yönetmeliklerini yapma hakkına sahiptirler. Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü, bu bağlamda Havza Koruma ve Kontrol Şube Müdürlüğünü kurmuş ve su Havzaları Koruma ve Kontrol Yönetmeliğini yürürlüğe koymuştur. Yönetmelik ve mevcut mevzuat kapsamında havzalarda önlemler almakta ve ilgili girişimleri gerçekleştirmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] The Council Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy, EU.
- [2] The Council Directive 91/271/EEC concerning urban waste-water treatment, EU.
- [3] The Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources, EU
- [4] US-National Research Council (NRC), (1993). “Groundwater Vulnerability Assessment. Predicting Relative Contamination Potential under Conditions of Uncertainty”. National Academy Press.
- [5] L. Aller, T. Bennet, J.H. Lehr, R.J. Petty (1985). DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrologic settings. US EPA Report, 600/2-87/035, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, OK.
- [6] F. Zwahlen (Ed.), (2004) “Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifers, Final Report (COST action 620)”, European Commission, Brussels, 2004, 315.
- [7] Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
- [8] Havza Koruma Eylem Planı Hazırlama Projesi, TÜBİTAK-MAM, <http://www.havzakoruma.com/> (erişim: 12.06.2011).
- [9] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Havzalarda Özel Hüküm Belirleme Çalışmalarına İlişkin Usul ve Esaslar Tebliği, 30.06.2009 tarih ve 27274 sayılı Resmi Gazete.
- [10] Maden Kanunu, 24.06.2010 tarih ve 27621 sayılı Resmi Gazete.
- [11] İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun, 20.11.1981 tarih ve 2560 sayılı Resmi Gazete.
- [12] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Antalya Kenti İçme Suyu Koruma Bölgeleri İlanları, 28.12.2009 tarih ve 27446 sayılı Resmi Gazete.
- [13] ASAT Su Havzaları Koruma ve Kontrol Yönetmeliği, 12.12.2010 tarihli ASAT Genel Kurul Kararı.
- [14] Centre D’Informatique Geologique. <http://www.cig.enscm.fr/> (erişim: 12.06.2011).
- [15] Antalya Traverten Platosu Üzerinde Düdenlerin Koruma Bölgelerinin Belirlenmesi Etüt Raporu, ASAT Genel Müdürlüğü, 2011.

KIRKGÖZ, DÜDEN SULARI VE ANTALYA KENTSEL SU GEREKSİNMESİ

Galip BÜYÜKYILDIRIM

DSİ Em. Proje Şb. Md. Antalya (galipbm@hotmail.com)

ÖZET

Antalya kentinin 35 kilometre kuzeyinde dağ eteklerinden çıkan kaynak suları yer altından, yer üstünden akarak Akdeniz’e ulaşır. Kırkgöz kaynakları ve bunların doğal uzantısı Düden çayı kentin en önemli ve büyük su varlığını oluşturur.

Kırkgöz, Düden suları, geçmişte Vakıf Kanalı (Gavur Arığı), Yediarıklar sistemleriyle kent ve çevresine iletilmiş; tarımsal sulama, evsel kullanım, enerji (değirmenler, HES), park, güzellik gibi amaçlarla değerlendirilmiştir.

Antalya kent içi ve yakın çevresinde tarım alanlarının, tarımsal sulamanın azalması sonucu bu kaynaklardan yararlanma oranı günümüzde büyük ölçüde düşmüştür. Buna karşın hızlı artan nüfus nedeniyle kentsel su gereksinmesi büyümekte, yeni su kaynakları aranmaktadır. Tarih boyunca Antalya kentine yaşam veren, kimlik kazandıran Kırkgöz, Düden suları doğal akışını sürdürmekte, günümüz ve gelecek için vazgeçilemez olanaklar sunmaktadır. Antalya kentsel su planlamasında uzak pahalı çözümlere girişilmeden önce Kırkgöz-Düden suları güncel koşullarda yeniden değerlendirilerek, geçmişte olduğu gibi gelecekte de başlıca seçenek olarak göz önünde bulundurulabilir.

Anahtar Sözcükler: Antalya kent suyu, Kırkgözler, Düden.

1. GİRİŞ

Antalya kenti yakın zamanlara değin sular, şelaleler, değirmenler, bahçeler, yeşillikler kenti olarak tanınmıştır. Bu özelliğin doğal kaynağı, kentin hemen yanıbaşında akan Düden (Kataraktes) Irmağı ve onu besleyen, bir üst platodaki Kırkgözler gibi zengin ve düzenli yeraltı, yerüstü su kaynaklarıdır. Bu kaynaklar tarih boyunca bilinçli insan emeği ile değerlendirilmiş; iletim, dağıtım kanalları açılmış, sulardan en geniş anlamda yararlanıldıktan, enerjileri de alındıktan sonra yalıyarlardan Akdeniz’e boşaltılmıştır. Kırkgöz Vakıf kanalı ve Yediarıklar sistemi bu doğal kaynaklardan yararlanmanın önemli tarihsel örneklerini oluştururlar.

Bildiri kapsamında sırasıyla; kısaca Kırkgözler-Düden doğal su sistemi olarak adlandırabileceğimiz bu yapıya ait suların kaynağı, akışı, yakın çevre coğrafyası, yakın ve uzak geçmişte bu suların işlev ve kullanımı, geleceğe yönelik kentsel su planlamalarında bu sistemin vazgeçilmezliği ve önemi üzerinde durulacaktır.

2. KIRKGÖZLER-DÜDEN DOĞAL SU SİSTEMİ

(Çizelge 1)'in son satırında görüleceği üzere toplam olarak 1 milyar metreküpe yaklaşan yıllık akış potansiyeli ile Kırkgözler-Düden doğal su sistemi yalnızca Antalya kentinin değil; tüm bölgenin en büyük su kaynaklarından biridir. Hidrometrik veriler yıllara göre çok değişmekle ve son yıllarda su azalmasından söz edilmekle birlikte ulaşılabilen 2000'li yıllar öncesi verilerden derlenmiş (çizelge 1) Kırkgöz-Düden sisteminin su varlığı hakkında genel bir kanı verecektir.

Akış Değerleri	Alındığı kaynak yayın	Kırkgözler (Kepez kanalında ölçüm)	Düden Çayı (Düden Regl'de ölçüm)
Genel Ortalama debi (m ³ /s)	[1], [2]	11.33	23.04
En kurak ay ortalaması (m ³ /s)		6.64	15.13
Ölçülmüş en düşük debi (m ³ /s)		3.81	9.22
Ölçülmüş en yüksek debi (m ³ /s)		18.00	140.00
Yıllık akış (m ³ /yıl)	[3]	202 000 000	726 000 000

Çizelge 1. Kırkgöz kaynakları, Düden Çayı Akış Değerleri.

2.1. Ana Kaynak.

Antalya kentinin 50, 60 km kuzeyinde 2000 metrelere yükselen Toroslar'ın ardında, denizden 800-900 metre yüksekliklerdeki Korkuteli, Bozova, Kestel ovaları, sularını yüzeysel akışla denize ulaştıramayan; coğrafi anlamda bir kapalı havzadır. Bu havzanın yağış suları kimi yayınlarda “su yutan” olarak da adlandırılan yöre halkının “düden” adını verdiği yeraltı boşluklarına dökülür ve yükseklik farkından da yararlanarak dağların altından güneye doğru akar. Asıl olarak kireçtaşlarından oluşan bölge; yeraltı boşlukları, inler, obruklar, galeriler gibi göstergeleriyle karstik jeolojik yapının doğal bir müzesi gibidir. Bu yapının doğal bir ögesi olan “Düden” sözcüğü yeraltı gideri; ırmağı anlamına teknik dilimize de yerleşmiştir.

Kırkgözler adı verilen bölge Antalya Kenti'nin 30 kilometre kadar kuzeyinde, Döşemealtı Platosu'nun bitip Toroslar'ın birdenbire yükselmeye başladığı kesimde, yukarıdaki kapalı havzadan; yeraltından gelen suların yer yüzüne çıktığı yerdir. Çubuk Boğazı girişinde, eski Antalya-Burdur yolunun sağında, solunda yüzeye çıkıp göllenen sular 300 kotlarında dağların kayalık etekleri boyunca görülebilir. Suların kırk ayrı gözden kaynaklığına inanıldığı için yöre “Kırkgözler” olarak adlandırılmıştır. 1934 tarihli bir yazışmada bu kaynakların en büyüklerinin “Maltagözü, Ortagöz veyahut Tehneli Pınar ve Örtülü Pınar” olduğu belirtilmektedir [4].

Kaynak suları burada yıllara, mevsimlere, çevre koşullarına göre değişen büyüklükte göl oluşturur. Göl kabarmalarından etkilenmemesi için Antalya Burdur yolu biraz uzatılmak zorunda kalmış; doğuya doğru dairesel bir çıkma yapılarak Çubuk Boğazı'na girilebilmiştir. Bu güzel sulak alan kıyılarında geçmişte kahveler, lokantalar işletilmiştir. Kırkgöz Kahveleri olarak anılan bölge Antalya'nın kuzey kapısı sayılmış; Büyük Atatürk de 1930 yılında Burdur üzerinden Antalya'ya ilk gelişinde burada karşılanmıştır. Geçmişte balıklarıyla da ünlü olan Kırkgözler'de derinliği 150 metreyi bulan su altı mağaralarında 1990'lı yıllarda uluslararası profesyonel dalışlar, araştırmalar yapılmıştır.

Kırkgözler'de açığa çıkan sular yine yer altından, yer üstünden Antalya ve Akdeniz'e doğru akışını sürdürür. Bunlardan doğal olanı yeraltı akışı olup bölüm (2.2.) ve (2.3.)'de verilecektir. Yerüstü akış tarih boyunca insan eliyle açılmış kanallar aracılığıyla sağlanmış olup 3. bölümde ele alınacaktır.

2.2. Bıyıklı Düdeni.

Kırkgözler'den denize boşalımı sağlayan yeraltı akımları için bu güne değin kimi güzergahlar tanımlanmış olup bunlardan en belirgin; girişi çıkışı belli olanı Bıyıklı Düdeni'dir.

Kırkgözler'de kaynayıp göllen sular yüzeyden akarak 2.5 km kadar doğudaki Bıyıklı Düdeni'ne boşalır. Düden girişinde 7.5 metrelik bir düşü vardır. Burada 1930'lu yıllarda bir bent kalıntısı ve bir değirmen bulunmakta idi [4]. Kırkgöz kaynak suları ile birlikte Döşemealtı'nın yağış suları da doğal olarak Bıyıklı Düdeni'ne boşalır. Buna ek olarak 800 kotlarındaki üst ovanın suları da 1956 yılında açılan bir tünel ile Kovanlık'a indirilmiş ve buradan 7 km uzunlukta bir kanal ile Bıyıklı Düdeni'ne bağlanmıştır [5]. Bu düden Antalya kuzey platolarının yağış sularını boşaltmak işlevini günümüzde de sürdürmektedir. DSİ Kömürçüler Sulaması pompa istasyonu, Bıyıklı Düdeni'nin hemen doğusunda yeni Antalya Burdur yolunun batı kıyısında.

Bıyıklı Düdeni'nden batan sular 17 km güneyde Varsak Obruğu altından geçer. Obruğun tabanındaki kuyu ve çatlaklardan kimi zaman gözlenebilen sular 4 km aşağıda, Varsak yerleşim bölgesinde güneyinde; Düdenbaşı'nda derin bir kanyonun tabanından kaynayarak yüzeye çıkar.

2.3. Düdenbaşı, Düden Çayı (Catarrhactes).

Bu bölge, bir yer altı ırmağının yüzeye çıktığı; ilk çağların ünlü (Catarrhactes) ırmağının; günümüz Düden Çayı'nın doğduğu yerdir. Bu nedenle "Düdenbaşı" olarak adlandırılır. Yukarıdan dökülen sular doğal olmayıp 1960'ların başında yapılan kanallarla iletilmektedir. Bu bakımdan çoğu yerde kullanılan Düdenbaşı Şelalesi tanımı bu bölgeye uygun düşmemektedir.

Düdenbaşı eski kaynaklarda da anılır. Termessos'u kuşatan İskender ordusuna Perge kentinden götürülen atlar, yol üzerindeki Düdenbaşı'nda sulanmıştır [5]. Düden Çayı Düdenbaşı'ndan sonra 3 km kadar dar bir koyak (kanyon) içerisinde akar. Bu koyak boyunca insan ve hayvanların 5, 10 m kadar aşağıya inip su içmesine izin veren ve "sulak" adı verilen geçitler bulunur. Yöre halkı; özellikle çobanlar için yaşamsal önem taşıyan bu sulaklar Düdenbaşı'ndan aşağıya doğru şöyle sıralanırlar. Şavklı Sulak, Muttalıp Sulağı, Ayvalı Sulak, Dönek Sulak, Hayıtlı Sulak, Kalabaklı Sulak, Harita sulağı.

Düdenbaşı'nın 4 km güneyinde koyağın bitip yatağın ovaya açılmaya başladığı bölgede DSİ Düden (Koyunlar) Regülatörü bulunur. Bunun 4 km kadar güneyinde Düden Çayı, Antalya-Mersin karayolu ile kesişir. Antalya'nın doğu ulaşımını sağlayan tarihi Cırmık Köprüsü de bu noktadadır. Düden Çayı buradan sonra 1892'de Kasser Paşa tarafından açtırılmış [6] bir yataktan akarak 8 km güneyde Karpuzkaldıran Plajı yakınlarında 40 m yükseklikteki yarlar üzerinden Akdeniz'e dökülür. "Düden Şelalesi" olarak adlandırılmaya en uygun yer geçmişte "Kasser Çağlayanı" olarak anılan bu dökülgendir [5].

Kasser Paşa'dan önceki yıllarda Düden Çayı Konyaaltı'ndan Lara'ya 16 km boyunca uzanan kıyılarda değişik tarihsel dönemlerde değişik yataklardan akmış; yapısında taşıdığı kireci bırakarak, yalıyarları (falezleri); Antalya kentinin eşsiz coğrafyasını oluşturmuştur.

Günümüzde Düden Çayı tümüyle kent sınırları içerisinde akan; 16 km uzunluğuyla en kısa ama; ortalama ($15 \text{ m}^3/\text{s}$); yaz aylarında bile en az ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) debisi ve berrak sularıyla ülkemizin en ilginç ırmaklarından biridir.

3. TARİH BOYUNCA KIRKGÖZ-DÜDEN SULARININ KULLANIMI

3.1. Perge Kentine İletilen Su.

Antalya kenti Bergama Kralı Attalos'un ardından, MÖ II. yüzyıldan sonra tarih sahnesine çıkar. Oysa 16 km doğudaki Perge kenti o dönemde en görkemli çağlarını yaşamıştı. Perge'ye ilk çağlarda iki ayrı kaynaktan akarsu iletilmiştir. Bunlardan biri Kurşunlu kuzeyinde yer alan Gelindüşen pınarları (13 km), ikincisi Düden Çayı'dır [5, 7].

Yaklaşık $3 \text{ m}^3/\text{s}$ kapasiteli, 23 km uzunluktaki Düden-Perge su yolunun günümüzdeki son önemli kalıntısı Antalya-Isparta yol ayrımı yakınlarında; karayolu köprüsünün kuzeyindeki tarihi kemerdur. Bir zamanlar ve günümüzde araç ulaşım köprüsü olarak da kullanılmış olan üç gözlü, yaklaşık 50 m uzunluktaki kemer; Düden Çayı'ndan alınan suyu Soğucaksu deresi üzerinden Perge kentine doğru aşırarak amacıyla yapılmış bir su köprüsüdür (akedük). Bu su yoluna ait Kapaklı Arık adı verilen bir kalıntı da Havaalanı'nın doğu sınırında, karayolunun güneyindeki ormanlık alanın arkasında yer alır. Bu su yolu yakın zamanlara değin çalışmış; 70, 80 yıl öncesinde yörede değirmenler döndürülmüştür [5].

3.2. Evkaf Kanalı (Gavur Arığı).

Kırgöz kaynaklarının yer aldığı Döşemealtı Platosu üzerinde tarih öncesi ve ilkçağlara ait yerleşimler ve kalıntılar vardır. Korkuteli yolu üzerinde Düzlerçamı ormanı içerisinde Yukarı Karaman, Uzunkuyu yörelerinde Lakeonya (Lagon)adlı bir ilkçağ kentinden söz edilir [4]. Buranın Güllük Dağı üzerinde bulunan Termesos ilkçağ kentine bağlı Anidros adlı yerleşim yeri olduğu da ileri sürülmektedir. Yaklaşık 10 km kuzeydeki Kırgözler'den alınan suyu iletip dağıtan sisteminin son kalıntıları bu gün de yörede görülebilmektedir.

Kırgöz kaynaklarının güney kesiminden su alarak Antalya'ya doğru ileten, güneydeki yerleşim ve tarım alanlarını sulayan; ancak işlemez durumda bulunan bir kanal sisteminin varlığı yöre halkınca eskiden beri bilinmekte idi. Cumhuriyet'in ilanından sonra halkın bu sulardan yararlanma, tarlalarının suya kavuşturulması istemleri hükümete iletilmiştir. 1931 yılında kurulan Antalya Üçüncü Daire Su İşleri Müdürlüğü'nce ön inceleme çalışmaları hızla tamamlanarak eski güzergahlar üzerinde yeni kanalların açılmasına başlanmıştır.

1934 yılı ilkyazında 15 km kanal açılmış olup 1/6/1934 günü yapılan açılış töreninin ardından yaklaşık 1.5 m³/s su, Uzunkuyu'ya değin iletilmiştir [8]. Binlerce yıl toprak altında kullanılmaz durumda yatan tarihsel su kanallarının yeniden açılarak halkın suya kavuşturulması genç Cumhuriyet'in Antalya'daki ilk başarılarından. Bu sular daha sonra Kepezbaşı, Vakıf Çiftliği ve Çakırlar köylerine değin indirilmiş, yörenin tarımsal ve ekonomik gelişmesine çok büyük katkı sağlamıştır. Günümüzde Vakıflar yönetimince işletilmekte olan bu sulama sistemi kapasitesi yaklaşık (3 m³/s)'dir.

3.3. Yediarıklar ve Antalya Kenti.

Yediarıklar Düden Çayı'nın sularını Antalya bahçelerine, kent merkezine ileten, işlevini 20. yüzyıl sonlarına değin sürdürmüş eski bir kanal sistemidir [9]. Kızıllık, Kanlıçay, Kanlıöğüt, Elektrik, Kasaboğlu, Sinan, Cihadiye,...arıkları olarak bilinen bu kanallar günümüz DSİ Koyunlar Regülatörü'nden başlayarak Düden Çayı'nın sağ ve sol yakalarına ayrılmışlardır. Arıklar, toprak zemin kazılarak ya da topoğrafik zorunluluk bulunan yerlerde doğal araziden yüksekte, toprak dolgular üzerinde oluşturulmuş olup kente iletilen sular geçmişte şu amaçlarla kullanılmıştır.

Kent Kullanma Suyu: Çaylar, ana arıklara, bunlar da ikincil, üçüncül arıklara ayrılarak oluşturulan su iletim ve dağıtım ağı, kentin tüm eski mahallelerini, cadde ve sokaklarını ağ gibi sarmış; bahçe sulamasının yanı sıra, ev, hamam, işyerlerinde bu sular kullanılmıştır. Arık suyu yemek pişirmede; zorunlu durumlarda içme suyu olarak da kullanılmıştır.

Tarımsal Sulama: Yediarıklar'la iletilen su, en büyük oranda kent içi bahçelerin; kuzeydoğuda sebze meyve üretimi yapılan binlerce hektar tarım alanlarının sulanmasında kullanılmıştır. Antalya kenti tarih boyunca ünlü sebze ve meyvelerini bu suya borçludur.

Enerji: Kentin topoğrafik yapısı, iki ana çizgi boyunca enerji elde edilmesine olanak vermiştir. Değirmenönü semtinde yaklaşık 1 kilometre uzunluktaki bir çizgide arazi 50 metreden 40 m kotlarına doğru hızlı bir düşüş gösterir. Bu düşüden yararlanılarak kurulan çok sayıda değirmen 1980'li yıllara değin çalışmalarını sürdürmüşlerdir. İkinci bir enerji üretim çizgisi de Antalya'nın ünlü yalıyarlardır. Yalıların başına değin arıklarla getirilen Düden suları, (30~40) metre yükseklikten denize düşürülerek buz fabrikası, hidroelektrik santrali ve değirmenler çalıştırılmıştır.

Park, Güzellik Ögesi: Çaylar, arıklar; ana caddelerin ortasından düşülerle, ışık oyunları ile akıtılmış, yalıyarlardan denize dökülen sular kente güzellikler kazandırmıştır. Antalyalılar suya her zaman yakın olmuşlar; evlerindeki havuzlarda, çaylarda çimmişler; suyu sesiyle, görüntüsüyle, serinliğiyle,...beş duyu ile- algılama olanağı bulmuşlardır.

Akaçlama (Drenaj): Asıl amaç bu olmamakla birlikte gerektiğinde Düden'den su alınmayarak boş bırakılan çay ve arıklar, şiddetli yağışlarda kentte biriken suları denize boşaltan bir drenaj (akaçlama) ağı olarak da işlev görmüşlerdir.

4. DSİ UYGULAMALARI VE GÜNÜMÜZDE KULLANIM

4.1. Kepez-Varsak Kanalı ve HES'ler.

1960'ların başında Kırkgözler'de göllenen sular güney kıyıları boyunca açılan (18.00 m³/s) kapasiteli bir kanala toplanarak 20 km kadar güneyde Kepezbaşı'na iletilmiştir. Bu kanalın

suları önce 12 m düşüklü, 6 MW gücündeki Kepez II; sonra da 162 m düşüklü 27 MW gücündeki Kepez I HES'lerini çevirir. Bu kanalın Kepezbaşı'na kadar bölümünde geliştirme çalışmaları yapılarak 1984 yılında iletim kapasitesi (30.00 m³/s)'ye çıkarılmıştır.

Kepezaltı'nda 115 kotlarında enerjisi alınmış olarak santraldan çıkan kuyruk suyu Duraliler köyü güneyinde Karaman çayına boşaltılır. Bu sular 1962'den başlanarak DSİ Varsak Sulama Projesi kapsamında değerlendirilmiş; Antalya Kenti'nin kuzey ve doğusunda toplam 3 472 hektar tarım alanı kent içlerine değin uzanan kanaletlerle sulanmıştır [3]. Kepez-Varsak Kanalı'nın 14 km uzunluğundaki bu ikinci kesiminin fazla suları (Böl. 2.3.)'de belirtildiği üzere Düdebaşı'na dökülür.

4.2. DSİ Düden Sulaması.

Tarihi Yediarıklar sulaması 1966 yılında DSİ Koyunlar regülatörü ve yeni kanallar yapılarak modernleştirilmiştir. Yapılan iş ve sulanan alanlar şöyledir.

Düden sağ (batı) yakasında 8 km uzunlukta; (8.00 m³/s) kapasiteli kanal ile 2 636 ha alan. Düden sol (doğu) yakasında 10 km uzunlukta; (6.00 m³/s) kapasiteli kanal ile 3 897 ha olmak üzere toplam olarak 6 533 hektar alan sulanmıştır [1, 2, 3].

5. 1930'LARDA KENTSEL SU RAPORLARI VE KIRKGÖZ, DÜDEN SULARI

1930'larda Antalya'nın içme suyu gereksinmesi Yediarıklar'dan, sarnıçlarda biriktirilen yağmur sularından; ya da hayvanlarla taşınan İskele suları ile karşılanmaktadır. İçme suyu yönünden yetersizlik, sağlık koşullarına uygun olmayan, yirminci yüzyıl kentine yakışmayan bir durum söz konusudur. Soruna köklü çözümler bulunması yolunda ilk teknik çalışmaların 1933 yılı başlarında yapılmış olduğu Üçüncü Daire Su İşleri Müdürlüğü'nün yazışmalarında belirtilmektedir [4].

1937 yılında Tarım, Sağlık ve Bayındırlık Bakanlıkları'nca oluşturulan heyetler Antalya'da incelemeler yaparak kente su sağlanması konusunda teknik raporlar hazırlamışlardır. Antalya Belediyesi'nce 1938 yılında bastırılan "Antalya Su Raporları" başlıklı kitapçık o günkü çalışmaları, saptama ve önerileri günümüze aktarmaktadır [10].

5.1. Tarım Bakanlığı Raporu.

Aşağıda belirtilen uzmanlar kurulunca hazırlanan rapor, bakanlığın (Ziraat Vekaleti) 22/10/937 günlü yazısı ekinde Antalya Vilayeti'ne gönderilmiştir.

Geheimrat Prof. Dr. Wilhelm Salomon (Calvi Memleket Jeolojik Araşt. Enst. Direktörü), Dr. Hubert Kleinsorge (aynı müessesede jeolog), Mühendis Düsenberg (Ziraat Vekaleti kombinalar kurumu su teknisyeni), Tercüme Eden: Haydar Bağda (ziraat mühendisi).

Raporda kentte kullanılmakta olan iskele suyunun çok kirli olduğunun saptandığı, bu kaynakların acele ve mutlaka kapatılması gerekliliğinden söz edilerek, "İçme suyu temini hakkında muhtelif imkanlar" bölümünde ana başlıklarıyla şu seçenekler ortaya konmuştur.

I. Nehirler (Düden, Aksu, Köprüsuyu); II. Dağ Menbaları (1. Beypınar, 2. Tekirpınar, 3. Moryerpınarı, 4. Tatlı Arık, 5. Kiraz Pınar, 6. Pınargözü, 7. Pınarbaşı, 8, 9, 10 Hurma menbaları.); III. Tahtettürap (yeraltı) su temini (Konyaaltı, Arapsuyu bölgeleri).

Sonuçta Antalya'ya en yakın (12 km) temiz ve yeterli olması nedeniyle Hurma (Çiftlik) menbaı kent içme suyu olarak en uygun kaynak olarak tavsiye edilmektedir.

5.2. Bayındırlık Bakanlığı Raporu.

Nafia Vekaleti Sular Umum Müdürlüğü'nün Antalya Valiliği'ne ¼ K.sani (Ocak)/1938 gün; 27/69 sayılı yazısı ekinde vekalet mütehasısı Walter'in Antalya içme su tesisatı için vermiş olduğu rapor Antalya Valiliği'ne gönderilmiştir [10]. Bu raporda, çözüm seçenekleri incelenerek her biri için yapılması gerekli teknik işler belirlenmiş; yapım ve işletme maliyetleri karşılaştırmalı olarak hesaplanmış, yorum ve uyarılar da eklenerek önerilen son iki seçenek arasında karar Belediye'ye bırakılmıştır.

Raporda 1960 yılı için öngörülen Antalya kent nüfusu 43 000 kişi; günlük gereksinme 5198 m³; iletim kapasitesi 72 l/s'dir. Kaynak seçenekleri üç gruba ayrılarak incelenmiştir:

Birinci grup: İşletmesi masrafsız olanlar (cazibeli). Tekirpınar, Kirazpınar.

İkinci grup: Tulumba istasyonlu tesisat. Hurmapınar.

Üçüncü Grup: Tulumba istasyonlu ve su islah tesisatlı (filtre, klor ve sertlik azaltma tertibatlı). Düdençay, Aksu, Köprüsuyu.

Bu seçeneklerden altısının keşif ve metrajları yapılmış; maliyetleri hesaplanmış olup Düdençayı da içeren üç maliyet seçeneği (Çizelge 2)'de verilmiştir. Düdençay seçeneğinde üç ayrı pompa istasyonu, su deposu, filtre, sertlik azaltma birimi, elektrik tesisatı, personel evleri gibi nedenlerle yatırım ve işletme giderleri çok yüksek çıkmaktadır.

Proje adı.	Yapım giderleri	İşletme giderleri (20 yıl)	Toplam (TL)
Tekirpınar (Grup I)	1 530 000	-	1 530 000
Hurmapınar (Grup II)	675 000	400 000	1 075 000
Düdençayı (Grup III)	1 163 000	2 000 000	3 163 000

Çizelge 2. Antalya İçmesuyu Seçenekleri Maliyet Karşılaştırması-1938.

Walter raporunda sonuç ve özet olarak: “Hurma pınarının şehre isale ve tevzii en ucuz bir sureti hal” olduğu belirtilmekte; “tesisat için sarf edilecek meblağın yüksek olmasına rağmen Tekirpınar'ın şehre isale ve tevziini diğerine nazaran daha yumuşak olması dolayısıyla Antalya belediyesi belki daha muvafık görecektir.” denilmektedir.

6. 1938-1985 ARASI RAPOR VE UYGULAMALAR

Walter'in tahmin ettiği gibi Antalya'ya Hurma suyundan önce Tekirpınar'ın suyu getirilmiştir ancak akıtılarak değil. II. Dünya Savaşı yıllarında 50 km uzaklıkta 1640 m

yükseklikteki kaynaktan damacanalara doldurularak kente taşınıp satılan bu suyu Antalyalılar “yayla suyu” olarak anımsar [11].

Raporlarda en uygun seçenek olarak öne çıkan Hurma Soğucakpınar suyunun kente iletilmesine ancak 1948 yılında başlanabilmektedir. 40 l/s suyun Konyaaltı yokuşunun eteğindeki depoya iletilmesi için 7 km uzaklıktan, 450 mm. çapında betonarme borular döşenmiştir. Su buradan Konyaaltı pompalarıyla 40, 60 m kotlarındaki Antalya kentine basılacaktır. 1949 yılı sonlarında Hurma suları Kalekapısı’na değin getirilip Paşa Camisi’nin önündeki üç çeşmeden akıtılmıştır [12]. Kent içi iletim, dağıtım boru ağı 1950’li yıllarda kurulmaya başlanmış, 1953 yılında sokak ve köşe başlarına, yerleşimin yoğun olduğu noktalara kontrollü sokak çeşmeleri konulmuştur. Kola basılınca fişkirarak akan “tazyikli su” Antalya için bir devrim niteliğindedir. Evlere boru çekilmesi, saat konulması, musluklardan su akıtılması ise daha sonraki yıllarda gerçekleşmiştir.

1963 yılında Gürkavak kaynak suyu kente akıtılmıştır. 240 m kotlarından alınan 50-60 l/s su; 350^{mm} çapında, 19 km uzunluğunda pık borularla 118.5 m kotunda, 3159 m³ hacmindeki Kütükçü deposuna getirilmiş; döşenen 90 km boru ağı ile kente dağıtılmıştır.

Konyaaltı’ndaki Mağara Kaynağı’ndan alınan suyun (Q=350 l/s) kente verilmesine 1970’lere doğru başlanmış; 1990’lı yıllarda son verilmiştir.

1975’te İller Bankası, Antalya İçmesuyu Projesi’ni hazırlamıştır. Bu kapsamda Boğaçay keson kuyuları açılmış, 155 km kent içi boru ağı döşenmiştir.

Antalya nüfusu 100 000’den büyük bir kent olunca, DSİ Genel Müdürlüğü’nce 1977 yılında “Antalya İçme, Kullanma ve Sanayi Suyu Temin Projesi Planlama Raporu” hazırlanmıştır. Bu rapora göre: 1990-2000 yılları arasında kentin su gereksinmesi Duraliler ve Arapsuyu’nda açılacak kaynaklardan; daha sonra da Düden ve Aksu’dan karşılanacaktır.

DSİ XIII. Bölge Müdürlüğü’nün 1985 tarihli “Aşağı Aksu Projesi Planlama Raporu” Aksu üzerindeki Kargı Regülatörü’nden Antalya kenti için su alınmasını öngörmektedir. (31 m³/s) kapasiteli sulama kanalından iletilecek suyun (1 m³/s)’lik kısmı bu amaca ayrılmıştır.

7. GENİŞ KAPSAMLI KENTSEL SU PLANLAMASI VE DAPTA RAPORU 1986.

1986 yılında DSİ Genel Müdürlüğü’nce DAPTA firmasına hazırlatılan “Antalya Kenti İçme, Kullanma ve Sanayi Suyu Temin Projesi Master Plan Revizyonu ve Kati Proje Ön Raporu” [13] sonraki tüm raporlara da ışık tutabilecek ilk kapsamlı çalışmadır. İnşaat Mühendisleri Odası’nın unutulmaz başkanlarından Güney Özcebe yönetiminde hazırlanmış olan raporda tüm seçenekler ayrıntılarıyla, bilimsel objektif yöntemlerle ele alınıp değerlendirilmiş, sağlıklı kararlara varılması amaçlanmıştır. Günümüzde de kentin su gereksinmesinin önemli bir bölümü (Q~2.0 m³/s) bu proje kapsamında 1989’da işletmeye açılan Duraliler sisteminden sağlanmaktadır.

Rapor başlangıç bölümlerinde 2020 yılı Antalya kent nüfusu 841 538 kişi; su gereksinimleri yıllık toplam 112 milyon m³; günlük 305 501 m³/gün ve ihtiyaç debisi 3.53 m³/s hesaplanmış, çözümler buna göre kurgulanmıştır. Su kaynakları ise mevcut ve potansiyel kaynaklar olmak üzere iki grupta ele alınmıştır.

Mevcut kaynaklar: Bileydi (Hurma), Gürkavak, Mağara kaynakları; Topçular, Meydan sondaj kuyuları, Boğaçay kesonları.

Potansiyel su kaynakları: Duraliler, Hurma, Kırkgöz, Düdenbaşı kaynakları ve Aksu Çayı.

Düdenbaşı kaynağı halen sulamada kullanılması, kirlenme olasılığı, sertliği nedeniyle inceleme dışı bırakılmış ama Kırkgözler tüm çözüm seçenekleri içerisinde yer almıştır.

Asıl olarak 6; ek olarak da 5 seçenek ile birlikte toplam 11 çözüm seçeneği her yönüyle irdelenmiştir. Bunlar öncelikle Duraliler ve Hurma kuyu sistemlerini kullanan; bunların yetersiz kalacağını düşünülmesi 2008 yılından sonrası için de Aksu; ya da Kırkgöz kaynaklarının değişik Proje çözümleriyle kullanılmasını öngören seçeneklerdir. Bu seçeneklerden özgün ve önemli bulduğumuz dördü (Çizelge 3)'te verilmektedir.

Proje Alternatif No	Açıklama	Toplam proje giderleri (10 ⁶ TL)	Üniform yıllık gider (1985 yılı bf 10 ⁶ TL)	Ekonomik olma sıralaması
IV	Aksu+Duraliler+ Hurma Kademeli iletim	22 937	1 990	8
VI	Kırkgözler+Duraliler+ Hurma Kademeli iletim	24 262	1 833	7
IX	Aksu+Duraliler+ Hurma Aksu'dan ön pompaj, Ø 1400 mm boruyla iletim	21 921	1 738	2
XI	Kırkgözler+Duraliler+ Hurma Kepez HES Kuyruksuyu çıkışından su alınması	16 608	1 452	1

Çizelge 3. Dapta Raporu'ndan Seçilen Maliyetler Karşılaştırması.

Çizelgede görüldüğü üzere en ekonomik seçenek Kırkgöz kaynaklarının suyunu Kepez HES çıkışından alıp kente verecek olan sistemdir. Proje pahalı olmasına karşın bu gün de geçerliliğini sürdüren Aksu'dan (Karacaören II Barajı) alınacak suyun kente iletimini öngören IV No.lu proje seçeneğinin uygulanmasını önermiştir.

8. DAPTA SONRASI PLANLAMA VE UYGULAMALARI.

8.1. DSİ ve ASAT (Antalya Su ve Atıksu İdaresi - 1995) Raporları.

1992 yılında Antalya Belediyesi'nce TBS ortaklığına yaptırılan "Antalya Çevre Projesi"nde Aksu 'dan su alınması söz konusu olmayıp kent suyunun yakın çevre yeraltı kaynaklarından sağlanması öngörülmüştür.

2000'de DSİ Genel Müdürlüğü'nce TEMELSU Firması'na hazırlatılan rapor günümüzde de geçerliliğini sürdürmekte olup ana ilkeleri şöylece özetlenebilir [14].

Antalya kentinin 2030. yılı nüfusu 2 590 000 kişi; gerekecek suyun debisi ($Q= 9.3 \text{ m}^3/\text{s}$) olup bu suyun ($4.0 \text{ m}^3/\text{s}$)'lık bölümü kent içi Duraliler ve Hurma kaynaklarından; 2010 yılından sonra gereksinme duyulacağı varsayılan ($5.3 \text{ m}^3/\text{s}$)'lık bölümü de Karacaören II HES basınçlı boru çıkışından (piyezometrik kot: 175) alınacaktır. Buradan değişik çap ve uzunluktaki borularla 42 km güneyde Varsak Platosunda, 130 kotlarında $456\,000 \text{ m}^3/\text{gün}$ kapasiteli arıtma tesisine iletilip artıldıktan sonra kente dağıtılacaktır.

2005'de ASAT Genel Müdürlüğü'nce BİMTAŞ A.Ş.'ye proje revizyonu ve raporlar hazırlanmıştır [15]. Bu çalışmalar Aksu'nun kirlenmiş olduğu gerekçesi ile "Antalya Kenti içme, kullanma ve endüstri suyunun Manavgat-Oymapınar Barajı'ndan temini"ni ön görmesi bakımından o güne değin yapılmış proje ve raporlara aykırılık göstermektedir.

8.2. İller Bankası V. Bölge Müdürlüğü'nün Araştırma ve Uygulamaları.

Döşemealtı Platosu üzerindeki yerleşim yerlerine su sağlamak üzere 1990'lardan sonra İller Bankası V. Bölge Müdürlüğü'nce Plato kuzeyindeki Çığlık beldesinde, Güllük Dağı Termesos antik kenti eteklerinde 360 m zemin kotlarında açılan 60, 70 metre derinlikte kuyularda zengin yeraltı kaynaklarına ulaşılmıştır. Kırkgöz kaynaklarına oranla daha yumuşak olan bu suların sertliği 20-30 Fransız sertliği derecesindedir [16].

28 000 nüfuslu Döşemealtı yöresinin Antalya Büyükşehir Belediyesi kapsamına girmesinden sonra bu kuyular ve iletim sistemi de ($1.5 \text{ m}^3/\text{s}$) ASAT yönetimine geçmiştir. Çığlık kuyularından alınacak suyun 11 km güneydeki Kepezbaşı'na iletilerek Antalya kenti gereksinmesinin ($3.0\text{-}3.5 \text{ m}^3/\text{s}$)'lık bir bölümünün karşılanabileceği belirtilmektedir [16].

9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

1. Bölüm 8.1'de belirtilen proje ve raporlar; Kırkgöz-Düden sularını kapsam ve inceleme dışı bırakan çalışmalardır. DSİ çalışmalarında [14] "Teknik ve ekonomik açıdan en uygun projelendirilmenin yapılabilmesi açısından 27 alternatif proje çözümü incelenmiş ve bu bildiride açıklanan proje seçilmiştir." denilmekte; ancak kaynaklar arasında Kırkgöz, Düden anılmamaktadır. Bu raporlarda 60, 70 l/s kapasiteli kaynaklar incelenip değerlendirilirken 15, 20 m^3/s kapasiteli kaynakların yok sayılması anlaşılır bir şey değildir. 1985 DAPTA raporunda Kırkgöz, suları iki ana seçenektan biri olarak ayrıntılarıyla incelenmiş; en ekonomik seçenek olarak ortaya konmuş; önerilmeyiş gerekçeleri açıklanmıştır. Bu bakımdan Kırkgöz kaynaklarının savunusunu da o rapordaki [13] gerekçeler üzerinden yapmak daha doğru olacaktır.

2. DAPTA Raporunda Kırkgöz sularının ($40, 45 \text{ Fr.}^0$) sertliği kabul edilebilir bulunmakla birlikte raporda suyun 20 Fr.^0 sertlik derecesine yumuşatılması öngörülmüş, projeye bunu sağlayacak tesisler ve işletme maliyetleri eklenmiştir. Kırkgöz'den su iletimini öngören (seçenek VI)'nın; Aksu'dan iletimi öngören (seçenek V)'ten pahalı çıkmasının ana nedeni budur. 20 Fr.^0 sertlik kriterinin gözden geçirilmesinde şu nedenlerle yarar vardır.

- Günümüzde Çığlık kuyularından $20\text{-}30 \text{ Fr.}^0$ sertlikte su alınabilmekte [16]; Kırkgöz kaynaklarında yapılacak depolama ve geliştirme çalışmalarıyla yüzeye yakın kotlardan $13\text{-}18 \text{ Fr.}^0$ sertliğinde su alınabileceği belirtilmektedir [17].

- 20 Fr.⁰ derecesi Antalya kenti için uygulanan bir üst sınır değeri değildir. Kente 20 üzerinde; 30 Fr.⁰a yaklaşan sertlikte su verildiği bilinmektedir.

- Suyu sağlık açısından kabul edilebilir bir sınıra değin yumuşatıp kente vermek (örneğin 35 Fr.⁰); gerisini kullanıcıya bırakmak da su planlaması açısından bir yöntem olabilir.

- “Sert su içerisindeki kirecin iletim ve dağıtım boruları çeperlerinde çökerek (porlanma) kısa zamanda sistemi tıkayacağı” Kırkgöz-Düden sularına karşı çıkış gerekçelerinden biridir. Yüksek basınç altında porlanma olmaz. Bu olay daha çok alçak basınçta geçiş bölgelerinde; serbest yüzeyli akımlarda görülür. Antalya’da ASAT pratiğinde de işletmedeki borularda kireçlenme nedeniyle tıkanma gibi bir sorundan söz edilmemektedir.

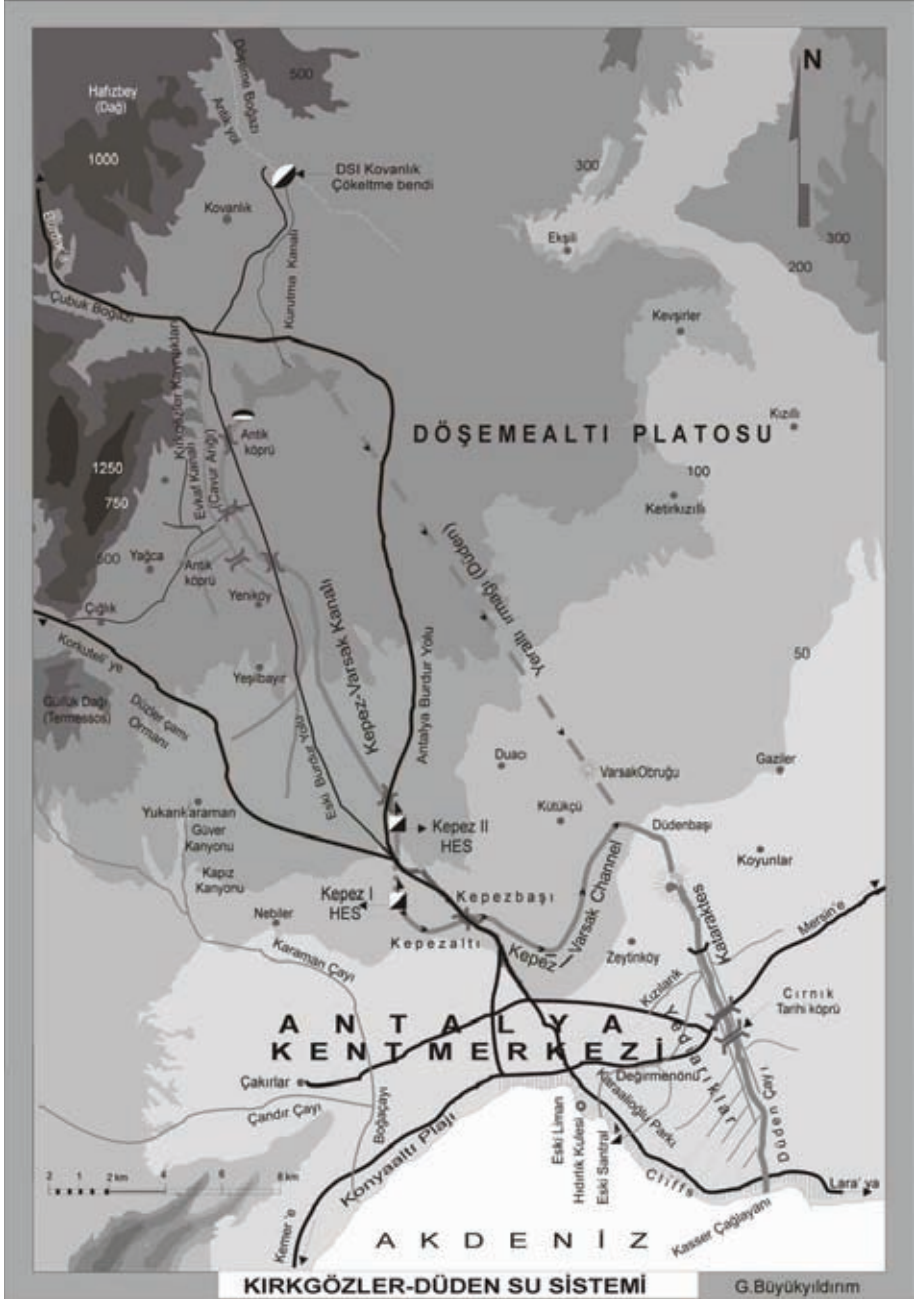
- Bu saptamalar çerçevesinde su sertliğinin Kırkgöz-Düden kaynaklarının değerlendirilmesinde mutlak bir engel oluşturmaması gerektiği; yumuşatma yapılacak olsa bile maliyetlerin raporlarda öngörülenden daha düşük olabileceği görülmektedir.

3. Kırkgöz-Düden; Aksu karşılaştırmalarında Karacaören’den alınacak suyun arıtılması gereği kabul edilmekte olup bunun giderleri hesaplara yansıtılmıştır. Isparta kentinden yüzeysel akışla doğrudan Aksu Irmağı’na boşalım söz konusudur. Yörede kentleşme ve sanayi gelişmekte, Karacaören baraj göllerinde balık üretimi önemli bir iş kolu haline gelmiş bulunmaktadır. Bu bakımdan Aksu’nun 1985 DAPTA raporunda saptanan kirlenmesinin günümüzde çok daha önemli boyutlara ulaştığı; bu kirliliğin önlenmesi, suyun arıtılıp içilebilir duruma getirilmesi maliyetlerinin de daha yüksek olacağı açıktır.

4. Kırkgöz suları da yukarı Kestel, Bucak havzalarından yeraltı akımı ile kirlenme baskısı altındadır; ancak bu havzadaki yerleşim, sanayi yoğunluğu Aksu havzasına oranla düşüktür. Isparta’nın atık sularını arıtıp kullanmak yerine; Kırkgöz kaynaklarını kirlenmeden koruyup geliştirerek Antalya kentine sunmak, su niteliği yönünden olduğu kadar ekonomik yönden de üzerinde öncelikli durulması gereken bir seçenektir.

5. Antalya kent yerleşim sınırları içerisinde kalmış bulunan Varsak Projesi sulama alanları 3472 ha’dan 400 hektara; Düden Projesi 6533ha’dan 3500 hektara düşmüştür. Toplam 6000 hektarın sulama suyuna gereksinmesi kalmamıştır ki; bu da Kırkgöz-Düden sisteminde kabaca ($Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$) su fazlalığı demektir. Bu bakımdan Antalya kent suyunu buradan almak; Karacaören’den alınacak olan ($Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$) suya dokunmayıp eskiden olduğu gibi Aksu Ovası sulamasına bırakmak, tarımsal ekonominin korunup geliştirilmesi açısından da daha doğru bir seçim olacaktır.

6. Boğaçay da Antalya kenti içerisinde denize boşalan yıllık ($294 \times 10^6 \text{ m}^3$) akımı ile önemli bir akarsudur. Bunun kolları olan Çandır ve Karaman Çayları üzerinde biriktirme projeleri geliştirilebildiği takdirde Kırkgözlerle birlikte Antalya için büyük bir kentsel su potansiyeli söz konusudur. Uzak ve pahalı çözümlere girilmeden önce kent yakın çevresindeki zengin su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi öncelikli seçim olmalıdır.



KAYNAKÇA.

- [1] “Düden Projesi Planlama Raporu”, 1963, DSİ, Ankara
- [2] “Program-Bütçe Takdim Raporu”, 2001, DSİ XIII. Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- [3] “Program-Bütçe Takdim Raporu”, 2008, DSİ XIII. Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- [4] “Antalya Su İşleri”, 1972, DSİ, Ankara.
- [5] G. Büyükyıldırım, 1994, “Antalya Bölgesi Tarihi Su Yapıları”, DSİ, Ankara.
- [6] M. Güçlü, 1997, “Yirminci Yüzyılın İlk Yarısında Antalya”, Antalya Tic. Sanayi Od.
- [7] M. Kütükçüoğlu, 1962, “Güney Anadolu Tarihi Su Tesisleri Cilt I”, DSİ, Ankara.
- [8] G. Büyükyıldırım, 2010, “1925 Talimatnamesi, Türkiye’de Akarsu Ölçümlerinin Başlangıcı”, PAU VI. Ulusal Hidroloji Kong. Denizli
- [9] G. Büyükyıldırım, “Watercourses and Cascades in Antalya City”, International Semposium on Water Resources and Enviroment. Imp. Assesm. July 2001, İstanbul.
- [10] “Antalya Şehrinin ... Etüd Edilen Su Raporları”, 1938, Antalya Basımevi.
- [11] V. Nurettin (Va-Nu), 1944, “Antalya İkinci Dünya Harbinde Nasıl Güzelleşebildi”
- [12] H. Çimrin, 2002, “Bir Zamanlar Antalya”, Ant. Tic. San Odası.
- [13] “Antalya Kenti İçme, Kullanma ve Sanayi Suyu Temin Projesi Master Plan Revizyonu ve Kati Proje Ön Raporu”, 1986, DAPTA-DSİ Genel. Md.lüğü, Ankara.
- [14] Ö. Özdemir, N. Bostancı, 2006, “Antalya Kenti İçme, Suyu Planlama ve Kati Proje Temini”, Antalya İçmesuyu ve Sorunları Sempozyumu.
- [15] O. Yıldız, 2006, “Antalya Kenti ...Suyunun Manavgat-Oymapınar Barajından Temini”, Antalya İçmesuyu ve Sorunları Sempozyumu.
- [16] S. Özüş, 2006, “Termessos Bölgesinin Hidrojeolojisi”, İller Bank. 5. Blg. Md.lüğü, Antalya İçmesuyu ve Sorunları Sempozyumu.
- [17] Ö. Yazıcı, İ. Taşkın, A. Keleş, 2006, “Traverten Platosunun Hidrojeolojik Özellikleri”, Antalya İçmesuyu ve Sorunları Sempozyumu.

HAVZA YÖNETİMİNDE KARAR DESTEK SİSTEMİ UYGULAMASI : ABDAL IRMAĞI HAVZASI ÖRNEĞİ

Eda ÖZBAYRAK*, Gülfem BAKAN **

* Karayolları 7. Bölge Müdürlüğü, Samsun - eozbayrak@omu.edu.tr.

** Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Müh. Bölümü, Samsun-gbakan@omu.edu.tr

ÖZET

Karmaşık yönetim problemlerinde kullanılan karar destek sistemleri, veri yönetimi, veri analizi ve iki ile üç boyutlu modellerin geliştirilmesinde karar verme etkinliğini artırma özelliğine sahip bilgisayara dayalı sistemlerdir. Karar destek sistemlerinin amacı yöneticiler adına karar vermek değil, senaryo analizleri yapılmasında yöneticilere karar vermeleri konusunda destek hizmeti oluşturmaktır. Bu nedenle mevcut havza koşullarının değerlendirilmesi için gerekli olabilecek tüm bilgiler arasında eşgüdüm sağlanmalı ve bu bilgilere dayalı kararlar sürekli olmalıdır.

Bu çalışma ile Orta Karadeniz Kıyı Şeridinde yer alan Abdal Irmağı havzasına karar destek sistemleri altlığında WARMF modeli uygulanmış havzadaki noktasal ve noktasal kaynaklı olmayan çeşitli parametreler üzerinde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve 75/440/AB Yönetmeliği (İçme suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik) gereğince kirlilik profili değerlendirmesi yapılmış ve havza yönetim planında kullanılmak üzere çözüm önerileri oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Havza Yönetimi, Karar Destek Sistemleri, WARMF Modeli

1. GİRİŞ

Bütünsel su kaynakları yönetimi, çevreye zarar vermeyen ya da en az zararı veren sosyo-ekonomik kalkınma biçimine en uygun model olup, bugün tüm dünya ülkelerince kabul edilmiş durumdadır. Bu yaklaşımın temel hareket noktası, suyun; hem eko-sistemin parçası bir doğal kaynak, hem de kalite ve miktarına bağlı olarak kullanım amacı değişebilen bir meta olarak kabul edilmesidir. Bu nedenle, su kaynakları hem ekolojik dengenin korunması hem de su ihtiyaçlarının karşılanabilmesine yönelik olmak üzere korunmalı ve yönetilmeli; bu iki amaç aynı öncelik sırasıyla ele alınmalıdır [2], [6].

Havza her şeyden önce kendi içerisinde biyofizik ve sosyoekonomik karakteristikleri itibarıyla benzerlik ve bütünlük gösteren, dolayısıyla diğer arazi parçalarından olan farklılıkları kendi içerisindeki benzerlikten daha büyük olan bir arazi parçasıdır. Havza yönetimi ise “Bir su toplama havzasında, ekolojinin temel esasları dikkate alınarak, toplumun sosyal, kültürel ve ekonomik kalkınmasını sağlayacak şekilde doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımının planlanması, geliştirilmesi ve yönetilmesidir” biçiminde tanımlanır [7].

Havza planlaması ve yönetiminde geline nokta, bütünsel, geniş kapsamlı, kavrayıcı bir stratejik planlama yaklaşımı, dinamik, etkileşimli, kamu, özel sektör, sivil toplum örgütleri, halkın katılımını öngören bir yönetim yaklaşımı benimsenmektedir. Bu çerçevede Çizelge 1’de tanımlanan havza planlaması ve yönetiminde temel stratejileri ve bu stratejilerle ulaşılmak istenen temel hedefleri belirlemek doğru olur. Bütünsel havza planlaması ve yönetiminin sağlanabilmesi için ülkelerin su yönetimi için ulusal eylem programlarını havzalara göre oluşturmalarını ve etkili su kullanım programları hazırlamalarını gerektirmekte, bu yaklaşım su kaynakları planlamasının, arazi kullanım planlaması ve diğer gelişme ve koruma eylemleri ile bütünleştirilmesini zorunlu kılmaktadır [8], [11].

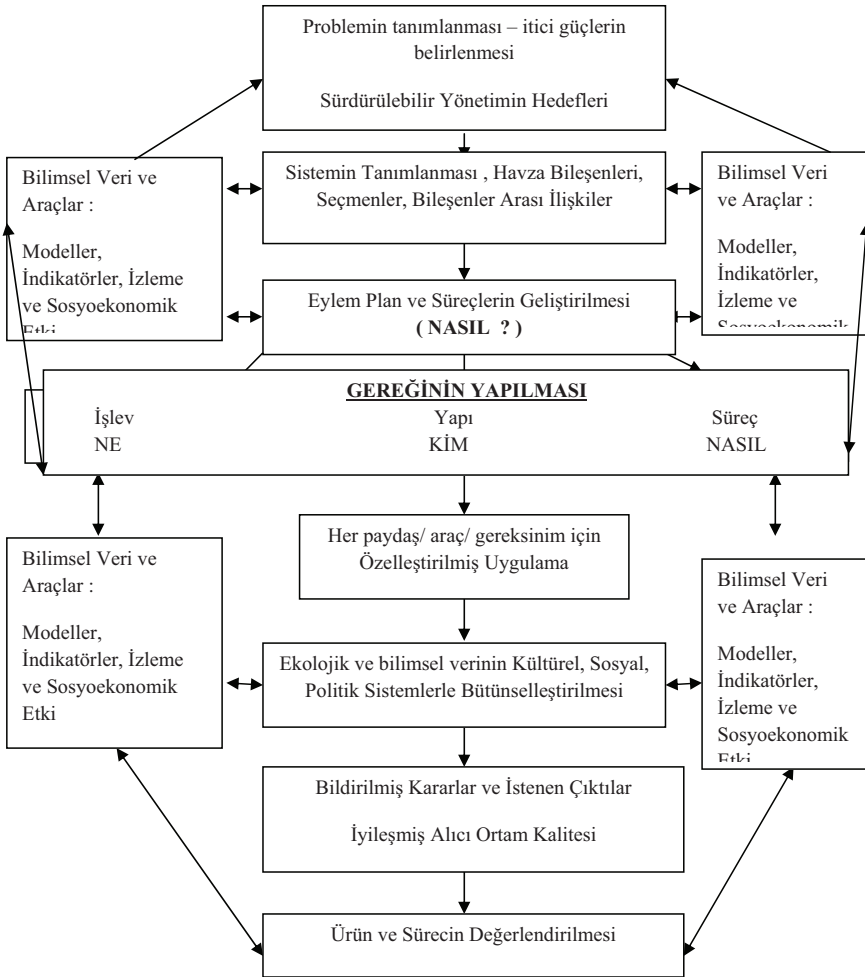
Çizelge 1. Bütünsel Havza Planlaması Temel Stratejileri ve Temel Hedefleri

Temel stratejiler	Temel hedefler
Havzada su miktarı ve su kalitesine ilişkin sorunların belirlenmesi	Çevresel bozulmadan kaçınmak, sürdürülebilir kalkınmayı ilerletmek
Havzanın ekosistem özelliklerinin belirlenmesi	Doğal kaynaklar, tarım, altyapı ve sosyal hizmetlerin bütünsel ve optimal gelişimini sağlamak
Havzadaki arazi kullanımlarının incelenmesi	Toprak ve su yönetimini bütünleştirmek
Havzadaki temel kirlilik kaynaklarının belirlenmesi	Planlama ve yönetimin geniş kapsamlı olmasını sağlamak
Havza ekosistemin uzun dönemli taşıma kapasitesinin belirlenmesi	Ortak havzalarda ülkelerarası işbirliğini oluşturmak
Havzadaki yatırım fırsatlarının belirlenmesi	Çevresel boyutu planlama ve yönetimin diğer boyutlarıyla bütünleştirmek
Hidrometeoroloji, su gözlem ağlarının ve laboratuvarla desteklenen hidrolojik bilgi sistemlerinin kurulması	Yaklaşımların esnek ve uyarlanabilir olması ve sürece halkın etkin katılımının sağlanması
Havza ölçeğinde geniş kapsamlı, işlevsel eylem planlarının, çok-amaçlı planlama, risk analizi, karar-destek sistemleri ve benzeşim modelleri gibi yöntemlerin uygun bir bileşimi kullanılarak hazırlanması	Havza ölçeğinde sosyal ve çevresel etki değerlendirmesinin yapılması (Bu çerçevede, programlar ve projeleri içerecek biçimde, çevresel ve sosyal etki değerlendirmesinin bir türü olarak stratejik çevresel değerlendirme yaklaşımı, havza planlaması ve yönetimi için bir araç olarak önerilmektedir.)

Kompleks bir yapıya sahip havza sisteminde pek çok değişken bulunduğundan, su kaynaklarının iyi kullanılması için çeşitli modeller geliştirilerek senaryo analizlerinin yapılması, kaynakların kullanımı konusunda karar vericilere büyük fayda sağlamaktadır. Karar destek sistemleri (KDS), karar verme konusunda destek hizmeti vermekte ve çeşitli senaryolarının denenerek risk analizleri yapılmasını sağlamaktadır. Karar destek sistemleri tasarımında problemin formülasyonu, başlangıç adımını oluşturmaktadır. Problem, gözlemler ve gerçeklerden elde edilerek karar vericiler veya uzmanlar tarafından tanımlanmalıdır. Farklı bilim dallarının çalışmaları ve çözüm yaklaşımlarına etki edecek koşullar karar destek sistemlerine dahil edilmelidir [1].

Karar destek sistemlerinde bağımsız kararların yanı sıra birbiriyle bağlantılı ve ardışık kararlar desteklenmeli, tüm kademelerdeki kullanıcılar için karar desteği sağlanmalıdır. Karar verme sürecinin dört ana basamağını oluşturan araştırma, tasarım, seçim ve uygulama aşamaları desteklenmelidir.

Havza yönetimi ve karar verme sürecinin tanımlaması Şekil 1’de verilmiştir. Bu kapsamda karar vericiler ve plan oluşumunda rol oynayan kişi ve kurumlar için, karar vermelerini kolaylaştıracak araçlar olarak; çevresel, sosyal ve ekonomik özellikler, modeller, indikatörler, izleme, ekonomik değerlendirmeler, halkın katılımı ve girdiler, politika dönüşümü ve yürütme tanımlanır [10].



Şekil 1. Havza Yönetimi ve Karar Verme Süreci [10]

Havza yönetim planlarının, noktasal veya noktasal olmayan kaynakların da değerlendirilebildiği bir karasal sistem tanımlaması baz alınarak geliştirilmesi zorunludur. Bu amaç için, matematiksel modeller en yaygın kullanılan ve gerekli tüm veriler temin edildiği sürece en güvenilir araçlardır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) gelişmeleri de, bu araçların bütünsel analizlerde kullanılması için geçmişe kıyasla çok daha zengin olanaklar sunmaktadır. [3] ,[12]

Model destek sistemi (MDS) ile modelleme çalışmasının tüm ihtiyaçlarının karşılanması hedeflenir. Bu ihtiyaçlar; veri gereksiniminin belirlenmesi, veri envanteri oluşturulması, veri kaynaklarının tespiti, veri elde edilmesi, farklı uzmanlık alanlarının katkılarının tespit edilmesi, bu ekiplerin oluşturulması, mali kaynakların ve imkanların tespiti, gerçekleştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması, vb birçok teknik nitelikte olmayan proje yönetim konularının da hayata geçirilmesini kapsar. Havzalarda noktasal kaynaklardan ileri gelen kirlilik risklerinin değerlendirilmesi için uzun süreli zaman serileri ile bütünsel ve karmaşık model yapılarının gerekli olduğu düşünüldüğünde, MDS uygulamasının önemi daha da artmaktadır. Dolayısıyla günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde “bütünsel havza modelleri” olarak anılan ve havzada yer alan tüm elemanları, olayları ve bunların etkileşimlerini inceleyen havza benzeşim modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller esas olarak yönetim amaçlı olup, seçenек havza yönetim planlarının irdelenmesine olanak sağlamaktadırlar.

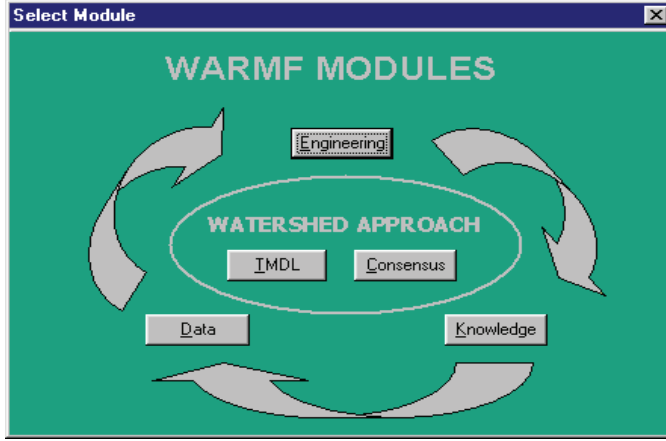
1.1. WARMF Modeli (Havza Analizi Risk Yönetim Çerçevesi)

WARMF modeli, havza yönetim yaklaşımını desteklemek üzere tasarlanmış bir araçtır. Paydaş kurum ve kuruluşlara, bir nehir havzasında su kalite yönetim alternatiflerini değerlendirmek ve geliştirmek için kullanılır. Bu amaçla birçok adımdan oluşmaktadır ve bu adımlara göre kararların alınmasında etkin olmaktadır. WARMF modeli toplam maksimum günlük yük analizi ve havza planlamasını kolaylaştırmak için, havza yönetiminde karar destek sistemi olarak geliştirilmiştir. Sistem çoğu konvansiyonel kirleticiler için (koliform, toplam askıda katı madde, biyolojik oksijen ihtiyacı, nutrient, vb.) toplam maksimum günlük yük hesaplarına yardımcı olmakla birlikte, yönetim planını oluşturmak için paylaşımcı kurum ve kuruluşlara alternatif senaryolarda sunmaktadır [4],[9].

Model, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) altında 5 Modülle birlikte çalışmaktadır;

1. Mühendislik modülü : Matematiksel denklemler ve hesaplamaları içerir.
2. Veri modülü : Model verilerinin yüklenmesini sağlar, güncelleştirmeler yapar.
3. Ortak Görüş modülü : Paylaşımcılara alternatif değerlendirme yapabilmeleri için bilgileri sağlar.
4. Bilgi modülü : Raporları kaydeder, yerinde bilgileri ve tabloları içerir.
5. Toplam Maksimum Günlük Yük modülü : Maksimum günlük yük hesabı yapar.

WARMF modelinde Coğrafi Bilgi Sistemi birkaç fonksiyona hizmet eder. Modüllerin birbiriyle çalışması için aralarında etkileşimi sağlar. Mühendislik modülü model çıktılarını elde edebilmek için matematiksel denklemler ve hesaplamaları yaparken, öneri modülü ile su bünyesi ve su kalitesindeki etkileşim kriterleri belirlenerek paylaşımcılara alternatif sonuçların değerlendirmesinde yardımcı olur. TMDL modülü ise noktasal ve noktasal kaynaklı olmayan kirleticilerin yüklerini belirlemede kullanılır [5].



Şekil 2. WARMF Modeli Akış Şeması [3]

WARMF Modeli ile ;

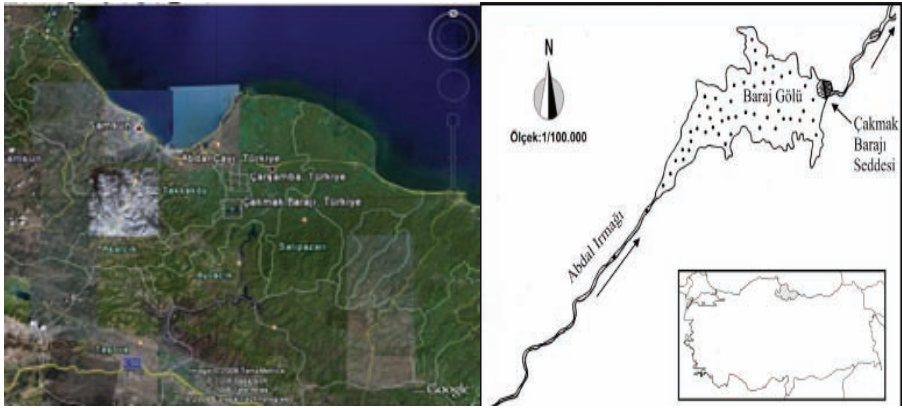
- Model benzeşiminde kullanılan parametre değerlerinin incelenmesi,
- Kalibrasyon ve katsayıların kullanımı,
- Paylaşımçı ve ilgili kurum- kuruluşlar için bilgi toplama ve depolama,
- Su kalitesi limitleri için toplam maksimum günlük yük hesabı,
- Noktasal ve noktasal kaynaklı olmayan kirletici yükler arasında kirletici analizinin yapılması için şemaların oluşturulması,
- Yeni veri ve model doğrulama ile alternatiflerin süregelen projelerin planlanması yapılabilir

2. MATERYALVE METOD

2.1. Çalışma Alanı

Bütünsel havza yönetimi, karar destek sistemleri ve WARMF modeli uygulaması için çalışma alanı olarak Orta Karadeniz Kıyı Şeridinde yer alan Samsun İli, Çarşamba İlçesi, Abdal ırmağı havzası seçilmiştir. Abdal Irmağı havzası konum itibarıyla Samsun içmesuyunun sağlandığı Çakmak Barajını da bünyesinde bulundurduğundan söz konusu alandaki çevresel kirlilik boyutlarının değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalarla mevcut ve gelecekteki kirlilik şartları irdelenerek gerekli önlemlerin alınması hususunda çeşitli çevresel, sosyal ve ekonomik yararlar sağlanması hedeflenmiştir.

Abdal ırmağının yağış alanı, Asarcık ilçesi arazilerindeki 1200 m kotlarından başlamakta ve Irmaksırtı mevkiinde Samsun – Ordu karayolunu geçtikten sonra Karadeniz’e birleşmektedir. Abdal Irmağının, yağış alanı 502 km² ve kotu 08 m’dir. Samsun ili merkeze içme ve kullanma suyu sağlayan Çakmak Barajı, Abdal Irmağı yağış alanının 476 km² lik kısmını kontrol etmektedir. Şekil 2’de Abdal Irmağı Havzası ve çalışma alanı sunulmuştur.



Abdal ırmağı havzasında; havzanın coğrafik konumu, sınırları, alanı, topoğrafik durumu, iklim karakteristikleri, havza şekli, havzanın ortalama yüksekliği, yükseklik-alan ilişkileri, havzanın ortalama eğimi, havzanın toprak özellikleri, havzadaki arazi kullanma şekli ve durumu, havzanın su kaynakları, havzada meydana gelen su kayıpları, havzanın sosyo-ekonomik yapısı belirlenerek WARMF modeline yüklenmesi gereken veri setinin oluşturulmuştur.

Ayrıca Abdal ırmağı üzerinden seçilen 9 farklı noktada, 2008 yılının Mart ve Kasım ayları ile 2009 yılının Ocak ve Temmuz aylarında su kalitesi kriterlerini belirlemek üzere arazi çalışmaları yapılmıştır. Numune alma noktalarında, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) Tablosunda yer alan çeşitli parametreler ölçülmüştür. Bu analizlerde UV-VIS PG-T70 Spektrofotometresi, Apollo 9000 TOC cihazı ve standart kitler kullanılmıştır. Ayrıca noktasal kaynaklı ve noktasal kaynaklı olmayan alanlardaki kirlenici yükleri belirlenerek modelde kullanılmak üzere değerlendirilmiştir.

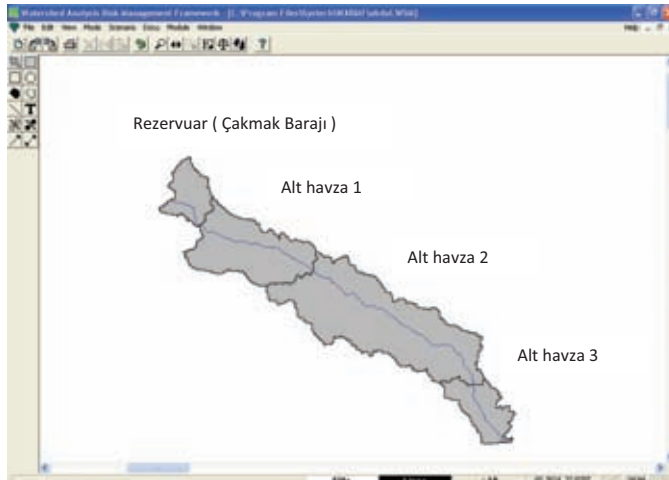


2.2. Abdal Irmağı Havzası WARMF Modeli Uygulanması

Abdal Irmağı havzası bir adet rezervuar havzası (Çakmak barajı) ve 3 alt havza olmak üzere 4 adet alanda tanımlanmış olup, mühendislik modülünde yüklenmesi gereken havza katsayıları, nehir katsayıları ve rezervuar katsayıları bu havzaların spesifik özelliklerine göre verilmiştir (Çizelge 2). Sistem katsayıları ise tüm havzayı yansıtacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 4’de sayısal yükseklik modeline göre oluşturulan çalışma alanı haritası rezervuar ve alt havzalar gösterilmektedir.

Çizelge 2. WARMF Model Uygulamalarında Kullanılması Gerekli Katsayı ve Sabitler

Havza katsayıları	Nehir Katsayıları	Rezervuar Katsayıları	Sistem katsayıları
Fiziksel veriler	Fiziksel veriler	Fiziksel veriler	Fiziksel veriler
Meteorolojik veriler	Katman – Genişlik Eğrisi	Katman- Debi Eğrisi	Arazi kullanımı
Arazi Kullanımı	Dönüştürme Faktörü	Baraj Çıkışı	Kar – buz
Arazi Uygulamaları	Noktasal Kaynaklar	Işık/sıcaklık	Sıcaklık-ışık
Sulama	Reaksiyon Katsayıları	Difüzyon	Gölgelendirme
Sediman	Sediman	Sediman	Çer-çöp
En İyi Yönetim Uygulamaları	Başlangıç Konsantrasyonları	Noktasal kaynaklar	Ayrık sistem
Noktasal Kaynaklar	Adsorpsiyon	Gözlemlenen veriler	Mineraller
Su çekilmesi	Gözlemlenen Veriler	Katman-Alan Eğrisi	Sediman
Ayrık Sistem		Reaksiyon Katsayıları	
Reaksiyon Katsayıları			
Toprak katsayıları			



Şekil 4. Abdal Irmağı Havzasının WARMF Modelinde Gösterimi.

3. BULGULAR

WARMF (Havza Analizi Risk Yönetim Çerçevesi) modeli, havza yaklaşımını desteklemek üzere tasarlanmış bir araç olması, paydaş kurum ve kuruluşlara, bir nehir havzasında su kalite yönetim alternatiflerini değerlendirmek üzere birçok parametre üzerinden sonuç elde etmesi, özellikle havzadaki toplam maksimum günlük yükü hesaplayarak nedenlerini ortaya koyabilmesi için seçilmiştir. WARMF modelinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile birlikte değerlendirilmesi için ArcView 3.3 paket programı ArcView 3.3, 3D ANALYST ve ArcView 3.3 SPATIAL ANALYST programları kullanılarak model için haritalar oluşturulmuştur.

WARMF modelinin Abdal Irmağı Havzasına uygulanması ve güvenli ve dikkate alınır sonuçların oluşturulması için, literatür çalışmaları ve veri çalışmaları elde edilerek mevcut veriler sonucunda model uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Modelde en doğru ve en hassas sonuçları elde edebilmek için kalibrasyon çalışmaları 2008-2009 yılı arazi çalışması sonuçlarına göre (mevsimsel ve yaz – 2009) yapılmış ve model çalıştırılmıştır. Ayrıca model ve ölçüm sonuçları arasında bağıl hata hesabı yapılmıştır. Abdal Irmağı havzası WARMF modeli, model kalibrasyonu uygulamasında nehir havzasındaki 2009 yılı yaz verileri kullanılarak debinin düşük olduğu kurak mevsime göre elde edilen kalibrasyon sonuçları çözülmüş oksijen ve toplam fosfor parametreleri değerlendirilmiştir.

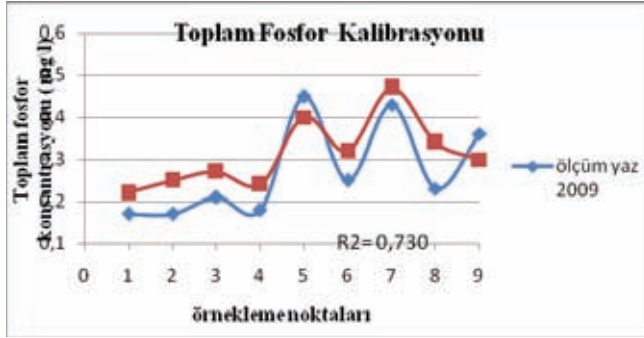
Şekil 5’de WARMF Modeli Abdal ırmağı çözülmüş oksijen konsantrasyonu kalibrasyonu (2009- yaz) sonuçları sunulmuştur. Abdal Irmağı havzasında 2009 yılı yaz dönemi çözülmüş oksijen ölçüm sonuçları ilk 4 örnek alma noktasında daha yüksek değerlerde, ancak 5 numaralı örnek alma noktasındaki evsel atıksu deşarjından dolayı 5 ve 7 numaralı örnek alma noktaları arasında daha düşük seyrettiği belirlenmiştir. Model ve ölçüm sonucu arasındaki korelasyon katsayısı $R^2 = \%79$, ortalama bağıl hata ise % 1.9 olarak hesaplanmıştır



Şekil 5. WARMF Modeli Abdal Irmağı . Havzası Çözülmüş Oksijen Konsantrasyonu Kalibrasyonu (2009- yaz)

Şekil 6’da WARMF Modeli Abdal Irmağı toplam fosfor konsantrasyonu kalibrasyonu gösterilmiştir. 2009 yılı yaz verilerine bağlı olarak 9 noktadaki toplam fosfor konsantrasyonu 0.17 mg/l ile 0.45 mg/l aralığında değişmekte olup ortalama bağıl hata %13.2 hesaplanmıştır. Toplam fosfor parametresi açısından Abdal Irmağı Kıtaiçi Su Kaynakları Kriterlerine göre 2. Sınıf Su Kalitesi özellikleri taşımaktadır. Grafikte

görüldüğü üzere yaz 2009 döneminde 5 ve 7 numaralı örnek alma noktalarında daha yüksek toplam fosfor konsantrasyonu olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum bu noktalarda evsel atıksu deşarjları (fosseptik) olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca tarımsal çalışmalar neticesiyle yayılı kaynaklardan gelen bir fosfor artışı da gözlemlenmiştir. Model sonuçlarında ise havza boyunca toplam fosfor dağılımının ölçüm sonuçları ile benzeşim gösterdiğini sadece 9 numaralı örnek alma noktasında sapma meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 6. WARMF Modeli Abdal Irmağı Havzası Toplam Fosfor Konsantrasyonu Kalibrasyonu (2009- yaz)

Abdal Irmağı havzasında yapılan su kalitesi ölçümleri sonuçları olarak, havzanın Çakmak Barajı İçme suyu kaynağını bulundurması, yerleşim alanlarının fazla olmaması, sanayi bölgelerine yakın olmaması nedeniyle kalite sınıfları genelde 1. ve 2. Sınıf olarak su kalitesi özellikleri taşıdığı belirlenmiştir. Ancak tarımsal kaynaklı çalışmalardan kaynaklanan kirletici yükü taşınımı, yerleşim alanlarının mevcut olduğu noktalarda evsel atıksu deşarjlarından kaynaklanan taşınım ve katı atıkların düzensiz olarak bırakıldığı noktalardaki taşınım neticesinde mevsimlere ve çalışma koşullarına göre konsantrasyonlarda artış ve azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Ayrıca AB Su Çerçeve Direktifi kapsamında “İçme Suyu için Kullanılacak Yüzey Sularının Kalite Yönergesi (75/440/EEC)” bağlı olarak uyumlaştırma sürecinde “İçme suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik” (79/869/AB ile değişik 75/440/AB) gereğince de Çizelge 3 ‘de su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu yönerge, içme suyu olarak kullanılmaya niyet edilen ve kullanılan temiz yüzey sularının kalitesine ilişkin gereksinimlerle ilgilenmektedir. Bu yönergeye göre, yüzey suları fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik karakteristik özelliklerinin kalitelere göre A1, A2 ve A3 kategorilerine ayrılmaktadır. A1; basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebilir suları, A2; fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebilir suları, A3 ise yoğun fiziksel ve kimyasal arıtma, ileri arıtma ve dezenfeksiyon ile içilebilir suları ifade etmektedir.

İçme ve kullanma amacıyla kullanılan veya kullanılması planlanan yüzeysel suların; kategorilere göre verilmiş olan arıtma proseslerinden geçirildikten sonra nihai olarak 17/2/2005 tarihli ve 25730 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile belirlenmiş olan içme ve kullanma suyu standartlarını sağlaması esastır.

Çizelge 3. Abdal Irmağı Mevcut Durum Su Kalitesi Parametrelerinin Yönetmeliklere Göre Kıyaslanması

Parametre	Mevcut durum	
	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği	75/440/AB Yönetmeliği Sınıflandırma
pH	1.sınıf	A1
Toplam Çözünmüş Katı madde (mg/l)	1.sınıf	Sınıf yok
Sıcaklık °C	1.sınıf	A1
İletkenlik 20 °C'de $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	yok	A1
Nitrat azotu mg/l NO ₃ -N	1.sınıf	A1
Çözünmüş demir mg/l Fe	1 ve 2. sınıf	A2
Kurşun mg/l Pb	2.sınıf	A1
Klorür mg/l Cl	3.sınıf	Yüksek Sınıf yok
Surfaktanlar (Metilen mavisi ile reaksiyona giren) mg/l	4.sınıf	Yüksek Sınıf yok
Amonyum azotu mg/l NH ₄ -N	1.sınıf	A2

Çizelge 3’de görüldüğü üzere her iki yönetmelikte de verilen değerlere göre Abdal ırmağı havzasında klorür ve surfaktanlar (anyonik yüzey aktif madde) parametreleri yönetmelikteki sınıflandırma değerlerinden daha yüksektir. Klorür değerinin havza boyunca yüksek olmasının sebebi olarak nehir genelinde mevcut klorür konsantrasyonunun yüksek olması ve baraj içmesuyu hattından karışım olma ihtimali gösterilebilir, surfaktanların ise havzadaki noktasal kaynaklı yüklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer parametreler ise 75/440/AB Yönetmeliği Sınıflandırmasına göre A1 ve A2 sınıflarında kılavuz ve zorunlu değerleri sağlamaktadır.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sonuç olarak; kompleks bir yapıya sahip havza sisteminde pek çok değişken bulunduğundan, su kaynaklarının iyi kullanılması için çeşitli modeller geliştirilerek senaryo analizlerinin yapılması, kaynakların kullanımı konusunda karar vericilere büyük fayda sağlamaktadır. Abdal Irmağı havzası içinde bu kapsamda USEPA kaynaklı WARMF modeli seçilmiş ve havza koşullarının güvenli olarak sağlandığı veriler oluşturularak model çalıştırılmış ve mevcut durum için irdelenerek havzadaki noktasal ve noktasal kaynaklı olmayan çeşitli parametreler üzerinden kirlilik belirleme çalışmaları ve kirlilik profili, oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu kirlilik profili neticesinde Abdal Irmağı Havzası Yönetim planında yer alması gerekli öncelikli konular ise baraj havzası ve içme suyu kaynağı bulundurulmasından dolayı gerekli önemin gösterilmesi; izleme ve kirlilik önleme çalışmalarının sürekli yapılması; kurum ve kuruluşların ortak çalışmaları neticesinde izleme ve değerlendirme ağlarının kurulması olarak sayılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Bender, M. J. ve Simonovic, S. P., 2000. A Systems Approach for Collaborative Decision Support in Water Resources Planning. *International Journal of Technology Management* 19(3/4/5), 546–557.
- [2] Burak, S., Duranyıldız, L., and Yetiş, Ü., 1997, Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynakları Yönetimi. Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, 116 s.
- [3] Chen, C.W., 2001a. Watershed Modeling For Nonpoint Source Water Quality Simulation: History, Recent Development and New Trends, Session 16.1. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Diffuse/Non-point Pollution and Watershed Management*, Milwaukee, WI.
- [4] Chen, C. W., Herr, J., and Weintraub, L. H. Z., 2001b. Watershed Analysis Risk Management Framework: Update One: A Decision Support System for Watershed Analysis and Total Maximum Daily Load Calculation, Allocation, and Implementation, Topical Report 1005181., Electric Power Research Institute (EPRI), Palo Alto, CA.
- [5] Chen, C.W., Weintraub L., Olmsted L., and Goldstein R.A., 2004. Decision Framework for Sediment Control in Muddy Creek Watershed. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* Vol. 40, No. 6, pp. 1553-1562.
- [6] Enderlein, R., and Bernardini, F., 2005. Nature for Water: Ecosystem Services and Water Management. *Natural Resources Forum* 29(3): 253–255.
- [7] Geray, U. ve Küçükkaya, İ., 2004. Havza Yönetim Modeli Üzerine Düşünceler. kelkit.gop.edu.tr/txt/havzayonetimmodeli.doc
- [8] Giupponi, C., 2007. Decision-Support Systems For Implementing the European Water Framework Directive: the MULINO Approach. *Environ Model Software* 22:248–258.
- [9] Keller, A., 2000. Peer Review of the Watershed Analysis Risk Management Framework (WARMF): an Evaluation of WARMF for TMDL Applications by Independent Experts Using USEPA Guidelines, Technical Report 1000252., Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA.
- [10] Gönenç, İ.E. 2004. Havzaların Sürdürülebilir Yönetimi – Havza Ekosistemini Oluşturan Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Karakteristikler. IGEM, SES Topluluğu Yayınları, İstanbul.
- [11] Legris, P., Ingham, J., Collette, P., 2003. Why Do People Use Information Technology? A Critical Review of the Technology Acceptance Model. *Information & Management*, 40(3) pp. 191.
- [12] Yücel, K. ve Gönenç, İ.E., 2006. Kırsal Yayılı Kaynaklar İçin Modelleme Destek Sistemi ve Yerel Uygulaması. *İTÜ Dergisi mühendislik Cilt:5, Sayı:1Kısım:2*, 161-174.

ELAZIĞ KENTİ İÇME SUYU KALİTESİ VE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Ayhan ÜNLÜ ve Müslün Sara TUNÇ

Fırat Üniversitesi, Çevre Müh. Böl., Elazığ – aunlu@firat.edu.tr, saratunc@firat.edu.tr

ÖZET

Toprak ve su kaynakları sanayileşme ve nüfus artışından en çok etkilenen doğal kaynaklardır. Ormanların azalması, meraların tahrip edilmesi, yanlış arazi kullanımı ve tarımsal kirlilik temiz su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Yeraltı sularındaki değişim ve seyrelme kapasitesinin çok sınırlı olması, yeraltı sularını kirlenmeye karşı yüzeysel sulardan çok daha duyarlı hale getirmektedir. Su yetersizliğinin ve kalite sorununun çözümü ancak sürdürülebilir bütünsel havza yönetimi ile mümkün olmaktadır. Suyun kullanıcıya gelene kadar ki kayıpları da önemli bir sorundur. Elazığ Kenti'nin su ihtiyacı Belediye'nin, kamu kuruluşlarının ve sanayi kesiminin açtığı kuyularla karşılanmaktadır. Şebeke suyu beş ayrı alanda (Uluova, Sürsürü, Kesikköprü, Kesrik ve Karaçalı) açılmış kuyular vasıtasıyla yeraltı sularından sağlanmaktadır. Bu çalışmada, havza bazında sorunlar kısaca verildikten sonra koruma tedbirlerinin ne derecede uygulandığı, kuyu inşası ve işletmesi sırasında görülen sorunlar ve bu sorunların su kalitesine etkileri yapılan analizler bazında değerlendirilmiştir. Su kaynakları ve dağıtım durumuna göre terfi merkezi, depo ve şebekede örnek alma yerleri belirlenmiş ve alınan örneklerin içilebilirlik özelliğine etki eden parametreleri Standart Metotlara göre tespit edilmiştir. Ayrıca örnek alma yerlerindeki bakiye klor değerleri belirlenerek bu değerlerin uygunluğu irdelenmiştir. Şebekede meydana gelen su kaçaklarının sebepleri araştırılarak önlenmesi için gerekli tedbirler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı suyu, havza yönetimi, su kalitesi, şebeke kayıpları

1. GİRİŞ

Toprak ve su kaynakları sanayileşme ve nüfus artışından en çok etkilenen doğal kaynaklardır. Su havzalarında yanlış arazi kullanımı su kaynaklarını ve üretim miktarlarını azaltmaktadır. Ormanların azalması, meraların tahrip edilmesi, tarımsal kirlilik temiz su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır.

Su yetersizliğinin çözümünde başarıya ulaşmanın temel yolu sürdürülebilir bütünsel havza yönetimidir. Havza ölçeğinde planlama, su kaynaklarının yönetimindeki en uygun ölçek olarak ifade edilmektedir. Uluslararası Su ve Çevre Konferansı (Dublin, 1992) ve Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansında (Rio De Janerio, 1992) suyun sonlu bir ekonomik ve sosyal kaynak olduğu ve su kaynaklarının yönetiminde sosyal, ekonomik kalkınma ile doğal ekosistemlerin korunmasını birlikte ele alan entegre yaklaşımlara ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Havza yönetimini etkileyen temel faktörler havza karakteristikleri ve sosyo-ekonomik gelişmelerdir. Havza planlama ve yönetiminin amacı, sürdürülebilir kalkınma temelinde doğal kaynakların optimum kullanımınıdır.

Yüzeysel su kaynaklarının sınırlı olması ve bu kaynakların kullanılmasının daha pahalı yatırımlar gerektirmesi nedeni ile içme, kullanma, endüstri ve sulama gibi değişik amaçlı su temininde kullanılan yeraltı suyu miktarı dünyada ve ülkemizde günden güne artmaktadır.

Arz kabuğunda uygun jeolojik yapı ve litolojik dokuya bağlı olarak suyu depolama, hareket ettirme ve bir kaynak olarak su verme yeteneklerine sahip olan gözenekli ortamda, özellikle yağışların bir kısmının süzülmesiyle yeraltı suları teşekkül eder [1].

Suyun yeraltına doğru süzülen kısmı süzülme işlemi sırasında ortamın pH, sıcaklık basınç, temas yüzeyi, yükseltgenme potansiyeli gibi özelliklerine bağlı olarak geçtiği kayaların minerallerini çözerek mineral tuzlarınca zenginleşir. Su tarafından çözülen başlıca mineral tuzları kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum ve demir tuzlarıdır. Genellikle bu maddeler suyun içilebilirliği özelliğini bozmayacak oranlarda çözünürler. Hatta bu maddelerin içme suyunda belli bir miktara kadar bulunmaları suyun içilebilirlik özelliğine katkıda bulunmaktadır [2].

Yeraltı sularından her yıl yağışla eklenen yıllık beslemeden fazla su çekilmesi, o bölgedeki yeraltı suyu seviyesini gittikçe alçaltır ve yeraltından elde edilecek su ekonomik olmaktan uzaklaşır. Yeraltı suyu tabakalarında suyun akışı, hidrostatik yükün fazla olduğu yerden hidrostatik yükün az olduğu yere doğrudur. Yeraltı sularının hareketi genellikle çok yavaştır.

Yeraltı suları kirlenmeye karşı yüzeysel sulardan çok daha duyarlıdır. Özellikle toksik ve kalıcı bir kirlenmeye maruz kalmış bir yeraltı su kaynağı pek çok kullanım açısından değerini çok uzun bir zaman süresi için yitirmiş olur. Bunun sebebi, yeraltı sularındaki değişim ve seyrelme kapasitesinin çok sınırlı oluşudur [3].

Artan su kirliliği sadece su kalitesinin bozulmasına neden olmamakta aynı zamanda insan sağlığı ve sucul ekosistemin dengesini, ekonomik gelişmeyi ve toplumsal yaşamı da tehdit etmektedir [4].

Yeraltı sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizlerinin yapılmasıyla, suyun kullanma amacına uygunluğunun belirlenmesi, su kalitesi ile litoloji arasında ilişki kurulması, suyun geçirdiği kimyasal değişimlerin tahmin edilmesi, birbiri ile ilişkili suların belirlenmesi, yeraltı suyu akım yönünün bulunması, suyun kalitesinin bozulmasının nedenlerinin ortaya çıkarılması, vb. amaçlanmaktadır.

Türkiye’de yeraltı suyu kirlenmesinin en önemli sebebi evsel atıkların yeraltı suyuna taşınmasıdır. Evsel katı atıkların zeminde depolanması ya da arazi doldurmada

kullanılması da diğer bir kirlilik sebebidir. Yeraltı suyu kirlenmesine diğer önemli katkı endüstrilerden gelmektedir. Endüstri kuruluşları, ulaşım imkanlarının iyi ve su kaynaklarının bol bulunduğu ovaları tercih etmektedir.

Katı, sıvı ya da gaz atıklar çevreye verildikten sonra, iklim durumuna, toprağın yapısına, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı suyuna taşınabilmektedir. Aşırı çekimler özellikle deniz kıyılarında tatlı su basıncının düşmesine ve deniz suyunun kara içinde ilerlemesine neden olmaktadır. Tarım ilaçları ve gübreler de son yıllarda kirlletici etmen olarak büyük önem kazanmıştır. Diğer yeraltı suyu kirlenme nedenleri arasında trafik nedeni ile kirlenme egzos gazlarındaki zararlı bileşenlerin yağmur suları ile taşınımı, buzdaki kaymayı önlemek üzere tuz dökülmesi, kazalar sonucu oluşan kirlenme sayılabilir.

Yerleşim yerlerindeki altyapı tesislerinin yetersizliği ya da yokluğu ve fosseptik çukurlarından sızan sular yeraltı sularına ulaşabilmektedir. Bu nedenle Türkiye’de su ile geçen bulaşıcı hastalıklara (sarılık, barsak parazitleri vb) sık rastlanmaktadır. Çöplerin uygun bertaraf yöntemleri ile arıtılarak uzaklaştırılmaması halinde sızıntı suları çok miktarda mikroorganizmanın yanı sıra organik madde, toplam çözünmüş tuzlar, amonyum, nitrat ve ağır metaller gibi kirleticileri içermekte yeraltı suyu kalitesinde önemli bozulmalara yol açmaktadır.

Yeraltı suyu kirlenmesi zayıf içme suyu kalitesi, su kaynağı kaybı, yüksek temizleme maliyetleri, alternatif su teminlerinde yüksek maliyetler ve/veya potansiyel sağlık problemlerine neden olabilmektedir [5].

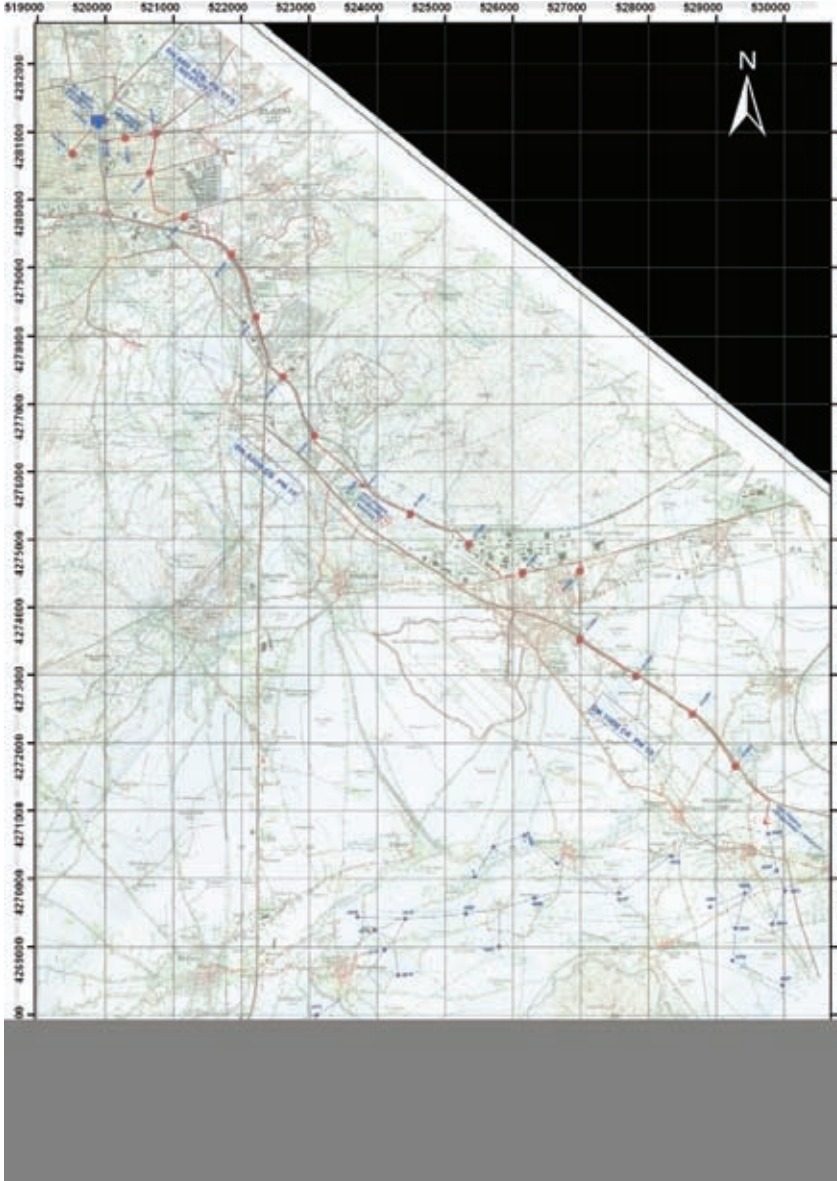
İçme suyu şebekelerinin maliyeti toplam su temini tesislerinin büyük bir yüzdesini teşkil etmektedir. Şebeke, suyu en kısa yoldan dağıtacak şekilde tertiplenmelidir. Şebekeler normal olarak ağ sisteminde teşkil edilir. Kapalı göz oluşturulmayan uç sokaklar dal sistemi ile beslenebilir. Dal sisteminde borular sadece bir yönden beslenir. Borulardan birinin kırılması halinde bu noktanın altında şehir kısmı susuz kalır. Ayrıca boru uçlarında sular durgun halde bulunduklarından suyun bayatlama ihtimali fazladır. Mecbur kalmadıkça şebekeler dal sisteminde planlanmamalıdır [6].

Bu çalışmada, içme ve kullanma sularının yeraltı sularından sağlandığı Elazığ Kenti’nde suyun çıkartıldığı akiferlerden ihtiyaç sahiplerine ulaşıncaya kadar görülen sorunlar ve bu sorunların su kalitesine etkileri yapılmış analizler bazında değerlendirilmiştir. Ayrıca içme suyu şebekesinde görülen su kaçaklarının sebepleri irdelenmiş ve alınacak önlemler sunulmuştur.

2. ELAZIĞ KENTİ İÇME SUYU DURUMU

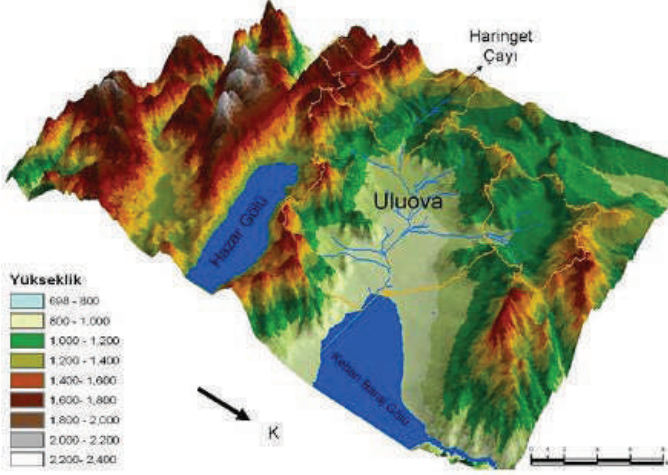
Elazığ Kenti’nin su ihtiyacı Belediye’nin, kamu kuruluşlarının ve sanayi kesiminin açtığı kuyularla karşılanmaktadır. Şebeke suyu, beş ayrı alanda açılmış kuyular vasıtasıyla yeraltı sularından sağlanmaktadır. Elazığ coğrafi konumu itibarıyla ovada kurulmuş bir şehirdir. Bu konumu nedeni ile şehrin su ihtiyacının %90–95’i Uluova’da açılmış derin kuyularla sağlanmaktadır. 27 adet derin kuyudan elde edilen 850 L/s’lik debi Mollakendi Beldesi civarında bulunan P1 pompa istasyonunda toplanmaktadır. Kesrik, Sürsürü ve Kesikköprü yörelerinde bulunan çalışır vaziyetteki 16 adet kuyudan toplam 434 L/s’lik su alınabilmektedir.

DSİ tarafından Uluova’da açılarak daha sonra Elazığ Belediyesi’ne devredilmiş olan derin kuyulardan alınan sular 845 m kotundaki P1 istasyonuna oradan da 1000 mm çaplı çelik borular ile yaklaşık 8 km mesafede 972 m kotundaki P2 pompa istasyonuna terfi edilmektedir. P2 pompa istasyonunda sular otomatik olarak klorlandıktan sonra yine 1000 mm çaplı çelik borular ile 1071 kotundaki P3 pompa istasyonuna terfi edilmektedir [7].



Şekil 1. Uluova Bölgesindeki Kuyu Yerleri ve Pompa İstasyonları Haritası

Uluova'nın Çeliker, vd'nin [8] coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile oluşturdıkları üç boyutlu görüntüsü Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Uluova'ya Ait Üç Boyutlu Görüntü

Kesikköprü derin su kuyuları Elazığ Malatya yolu Hankendi Beldesi mevkinde bulunup bu kuyulardan 100 L/s'lik debi alınmaktadır. 1114 m kotundan alınan sular 600 mm'lik borularla 1210 m kotundaki depolara iletilmekte ve asbest-çimento şebeke borularıyla şehrin batısında bulunan en yakın mahallelerin su ihtiyacı karşılanmaktadır. Sürsürü Mahallesi Çayırılı mevkiinde bulunan 4 adet derin kuyudan alınan 125 L/s'lik debi 250 mm çaplı isale hattı ile kentin batı kesiminin (Bahçelievler ve Abdullahpaşa mahallesi) içme suyu ihtiyacı karşılanmaktadır.

Sivrice İlçesi Hazarbabı Kayak Tesisleri civarında bulunan Karaçalı Su Kaynağı'ndan alınan 18 L/s debideki su kent merkezine 250 mm'lik çelik borularla cazibeli olarak iletilerek 72 adet olan ve karaçalı çeşmeleri olarak adlandırılan ve açıkta akan çeşmeleri beslemektedir. Bu çeşmelerin bağlı bulunduğu şebeke 2006 yılında 250 mm çaplı PVC boruları ile yenilenmiştir. Bu şebekenin dezenfeksiyonu UV ile yapılmaktadır.

Üç ayrı bölgedeki yeraltı sularından sondaj kuyuları ile toplam 1075 L/s'lik debi kent merkezindeki 10 adet su deposuna verilmektedir. Depolar betonarme, iki gözlü olarak inşa edilmiş olup genellikle gömülü ve yarı gömülüdürler [7].

Elazığ Kenti'nin bilinen ilk içme suyu şebekesi 1938-1948 yılları arasında galvanizli borularla teşkil edilmiştir. Bu şebeke kısmının nerede olduğu, daha sonra değiştirilip değiştirilmediği belli değildir. 1957-1960 yılları arasında font borudan oluşan 65 km'lik ilave bir şebeke İller Bankası tarafından inşa ettirilmiştir. Mevcut şebekenin yetersiz kalması nedeniyle 1968 tasdikli imar planına göre şebeke projesi yeniden ele alınmış, yeni şebeke ve depolar 1985 yılında hizmete girmiştir. Doğukent Semtinin depo ve şebekesi 1989 yılı tasdikli imar planına göre teşkil edilmiştir.

Uzunluğu hali hazırda 800 km olan içme suyu şebekesinde çeşitli semtlerde farklı boru cinsi kullanılmış olup %90'nın çapı 100 mm'dir. Eski yerleşim merkezinde font boru ağırlıkta olduğu halde daha sonra inşa edilen şebekenin %80-85'i asbest-çimento borudur. Küçük Sanayi Sitesi gibi bazı semtlerde ise tamamen PVC boru kullanılmıştır [9].

Uluova, Doğu Anadolu Bölgesi'nin batısında ve Türkiye'nin en önemli yapısal hareketi olan Doğu Anadolu fay zonunun 15 km kuzey doğusunda yer almakta olup 845-1000 m kotu arasındadır. Ovanın kuzeyi 1600 m ve güneyi 2000 m kotundaki dağlarla çevrilidir. Uluova'nın drenajı Keban Baraj Gölü'ne boşalan Haringet Çayı'dır. Bölgede metamorfik, magmatik ve sedimanter kayalar yer almaktadır. Bunlar sırasıyla, Keban metamorfikleri (Permo-Triyas), Yüksekova karmaşığı (Ü. Kretcsa). Hazar-Maden karmaşığı (Ü. Kretase-Palosen-Eosen) Kırk Geçit formasyonu (Eosen-oligosen) Karabakır formasyonu (Ü. Miyosen –pliyosen) ve Pliyokuvaterner yaşlı birimleridir.

Ovada yeraltı suyu taşıyan pliyokuvaterner yaşlı kum-çakıl-kil ve bunların değişik oranlardaki karışımından oluşan birimin kalınlığı 0-350 m arasında değişmektedir. Yeraltı suyu bakımından oldukça verimli olan ince kil kamalı kum ve çakıllar ova çevresinde satıhtan başlamakta, orta kesimlerde kalın bir kil seviyesiyle örtülmektedir. Karşıbağ–Yünlüce–Mollakendi ve Keban Baraj Gölü arasında bölgede üstte kalın bir kil örtüsü bulunmaktadır. Uluova'da basınçlı akifer, kısmi basınçlı akifer ve serbest akifer olan bölge alanları mevcuttur. Örtülü fayın güneyinde Bahçekapı çevresinde akifer 90–120 m, İkitepe çevresinde 90 m, Mollaköy–Güntaşı çevresinde 85–160 m arasında değişmektedir.

Akiferin beslenimi yağış, yüzeysel akıştan süzülme, Uluova'ya Keban Baraj Gölü'nden pompajla yapılan yüzeysel sulama ve sondaj kuyularından verilen sulama suyu ile Keban Baraj Gölü'nden yanal beslenme şeklinde olmaktadır. Boşalım ise sulama mevsimlerinde sondaj kuyularından çekilen su ve Keban Baraj Gölü çevresindeki kuyulardan artezyen olarak gerçekleşmektedir [10].

Elazığ Kenti içme suyunun çok önemli miktarının Uluova'daki yeraltı suyundan temin edilmesi ve burada yüzeysel sulamasında çok miktarda sulama suyu kullanılması, zirai faaliyetlerin çok yoğun olması, havza bazlı ve kuyu çevrelerinde uygulanması gereken koruma alanları ile ilgili önemlerin alınmaması kalite ve kirlilik araştırmalarının sürekli yapılmasını gerekli kılmaktadır.

Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği [11] gereği 1. ve 2. sınıf yeraltı sularının alındığı, kuyu, pınar ve infiltrasyon galerilerinin toplu içme suyu temin amacıyla kullanılanların, 50 metreden daha yakın mesafelerde hiçbir yapıya, katı ve sıvı atık boşaltımına ve geçişe izin verilemez. Bu koruma tedbirini uygulayabilmek için yeraltı suyu kaynağının 50 metre çevresini dikenli tel ile çevrilmeli ve bu koruma alanı tapu kaydına işlemelidir. Gübrelemeye ve tarım ilaçlarının kullanımında gerekli izinlerin alınarak miktarlarının Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından belirlenmesi gerekir. Elazığ Kenti içme suyu kuyularının çevresinde yukarıdaki tedbirlerin büyük bir kısmının uygulanmadığı görülmektedir.

Çakmak ve Ünlü [12] tarafından Elazığ Merkez İlçesindeki yeraltı suyu kalitesi hakkında yapılan bir araştırmada Uluova'daki derin kuyulardan alınan örneklerde pH 7.0 -8.5 nitrit azotu 0.01-0.06 mg/L, nitrat azotu 5.80-24.10 mg/L, sülfat 7.21-38.70 mg/L, sodyum 10.00-38.40 mg/L, potasyum 0.05-2.40 mg/L, kalsiyum 30.90-49.20 mg/L, magnezyum 19.70–32.88 mg/L aralığında bulunmuştur. Bu çalışmada özellikle yağış sonrasında Uluova'da TS 266'daki maksimum değerlerden düşük olmakla birlikte yüksek

konsantrasyonlarda nitrata rastlanmış olması gübre kullanımından kaynaklanmıştır. Yüksek nitrat konsantrasyonun bulunduğu kuyu çevresinde koruma tedbirlerinin uygulanmadığı ve yoğun olarak zirai faaliyetlerin yapıldığı görülmüştür.

Uslu, vd. [9] tarafından Elazığ Kenti şebeke suyu kalitesinin araştırıldığı bir çalışmada Uluova su kaynaklarının kullanıldığı depo ve şebeke kısmında pH 7.60 – 8.42 sertlik 252–416 mg CaCO₃/L, klorür 53.98 –110.96 mg/L, amonyum azotu (NH₄-N) 0.003-0.20 mg/L, sülfat 8.23 – 65.86 mg/L, toplam bakteri 0-460 adet/mL, EMS Coli/100 mL 0-120 aralığında bulunmuştur. Bu çalışmada klorür miktarının içme suları standartında (TS 266) tavsiye edilen değerin (200 mg/L) çok altında olduğu, ancak eski şebekenin ağırlıkta olduğu yerleşim bölgesinde ve PVC borularından teşkil edilen Küçük Sanayi Sitesi vb bölgelerde depo çıkışından daha fazla klorüre rastlandığı görülmüştür. Aynı durum sülfat miktarında da gözlenmiştir. Ayrıca şebeke uç noktalarında sülfat miktarında büyük artış görülmüştür. Bu durum şebekeye farklı suların sızdığının göstergesidir.

Aynı çalışmada pH tavsiye edilen değerler arasında bulunmuştur. Sertlik değerleri depo çıkışı ile şebeke arasında büyük farklılıklar göstermiştir. Eski yerleşim bölgelerinde sertlik depo çıkışına göre azalmış ancak uç bölgelerde artmıştır. Çevre mevzuatında 100 ml’de 1’den de az sayıda koliform bakteri olması gerekirken örneklerin büyük bir kısmın da bunun sağlanmadığı görülmüştür. Depo çıkışından itibaren bazı noktalarda da koliform bakteri sayısında artış olması şebekeye atıksu sızıntısı olduğunun göstergesidir. İçme suyunda hiç bulunmaması gereken amonyum iyonlarının varlığı da bunun kanıtı olmuştur. Bu iyonların varlığı şebekte bakteri büyümesine ve dezenfeksiyonda fazla klor harcanmasına neden olur. Bu çalışmanın yapıldığı dönemde içme suyu henüz otomatik klorlanmıyordu.

Çeliker, vd. [8] tarafından yapılan bir çalışmada Uluova’da veri tabanı olarak arazide CBS ile ölçümü alınan 127 sondaj kuyu lokasyonundan ovanın kirlenebilirlik potansiyeli, 122 lokasyondan mevcut hidrojeolojik parametreler, 65 lokasyondan su seviyelerin 6 aylık periyotta değişimlerini gösteren su tablası haritaları, 30 noktada fiziksel ve kimyasal analizleri, 14 lokasyonda nitrat analizleri, kuyu litolojisi ve yüzeysel jeoloji Coğrafi Bilgi Sisteminde ArcView 3.2 ve ArcMap 9.2 yazılımları kullanılarak Uluova’nın kirlenebilirlik, mevcut hidrojeolojik durumu ve kalite analizleri yapılmıştır. Kuyuların derinlik, debi, su tablası haritaları ile, elektriksel iletkenlik (EC), klorür, sertlik, nitrat-azotu haritaları çıkartılmıştır. Ayrıca akifer tipi haritası, eşdeğer litoloji haritası, eşdeğer yeraltı suyu haritası, kirlenebilirlik eşdeğer haritası GOD (Groundwater occurrence, Overall lithology of aquifer, Dept of groundwater) yöntemine uyarlanarak çıkartılmıştır. Klorür, EC ve sertlik (FS) değerlerinin Elazığ Ovası tarafından gelen yeraltı suyu akımından Uluova’nın beslendiği bölgelerde yüksek olduğu ancak, TS 266’daki normal aralıkta kaldıkları görülmüştür. Kirlilik parametrelerinden olan nitrat değerleri de TS 266’daki üst sınır değer olan 50 mg/L’nin çok altında kalmıştır. Analizi yapılan tüm yeraltı sularının SAR ve RSC bakımından 1. sınıf sular olduğu, %Na bakımından ise ovanın güneybatı kesimlerinin 1. sınıf sulama sınıfında olduğu görülmüştür.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada şebeke suyu kalitesinin belirlenebilmesi için örnekleme noktaları olabildiğince bütün kenti temsil edebilecek şekilde farklı semtlerdeki musluklardan seçilmiştir. Bu seçimde şebekenin kirlenme, bayatlama ihtimali olan uç noktalarından da

noktalar seçilmiştir. Ayrıca farklı malzemeden yapılmış boru cinslerinden olmasına dikkat edilmiştir. Bu seçimde Uslu, vd'nin [9] yapmış oldukları çalışma ile karşılaştırabilmek için o çalışmada seçilen örnekleme noktaları seçilmiştir. Suyun P1 pompa istasyonundaki kalitesini belirlemek amacıyla bu istasyondan da örnekler alınmıştır. Örneklerin alınması taşınması ve muhafazasında standartlara olabildiğince uyulmaya çalışılmıştır.

Şebeke suyunun içilebilirlik özelliğine etki eden parametrelerin belirlenebilmesi için örnekler ikişer litrelik lastik tıpalı şişelere (PVC) alınmıştır. Bakteriyojik analizler için cam kapaklı kahve renkli şişeler kullanılmıştır. Şişeler örnekler alınmadan önce standartlara (TS 266) uygun olarak sterilize edilmiştir. Örnek alınırken önce suyun alınacağı musluğun ağzı alevle yakılarak sterilize edilmiştir. Daha sonra musluk sonuna kadar açılarak birkaç dakika akıtılmış ve şebeke suyunu temsil eden suyun geldiğinden emin olduktan sonra numune kapları musluk suyuyla çalkalanmış, hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulmuştur.

TS 266 [13]'a göre her ay dağıtım şebekelerinden toplanması gereken örnek sayısı sistemden su alan nüfusa göre tespit edilmektedir. Örnekler aylık periyotlarda Mart 2011'den itibaren alınmaya başlanmıştır. Çalışma devam ettiğinden bu çalışmada sadece analizlerin yapıldığı aylara ait değerler aralık olarak verilmiştir.

Örneklerin pH değeri HQ40d multi-meter ile ölçülmüştür. İletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) Jenway TDS metre ile belirlenmiştir. Amonyum azotu ve nitrat azotu Merck test kiti kullanılarak belirlenmiştir. Diğer analizler Standart Metotlarda [14] verilen yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Sertlik ve alkalinite titrimetrik metot kullanılarak belirlenmiştir. Kalıntı klor, klorür ve sülfat analizlerinde sırasıyla iyodometrik, arjentometrik ve türbidimetrik metot kullanılmıştır. Kalsiyum, sodyum ve potasyum alev emisyon spektrofotometre ve magnezyum atomik absorpsiyon spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Toplam ve fekal koliform analizlerinde ise çoklu tüp yöntemi kullanılmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. İçme Suyu Kalite Parametreleri

Seçilen tüm örnekleme noktalarının ve terfi merkezinin (P1) suları renksiz, kokusuz ve berraktır. Bütün su örneklerinin pH'sı 7.5-8.12 arasında değişmekte, nötre yakın çok hafif alkali özellik göstermekle birlikte içme suyu standardında (TS 266) tavsiye edilen 6.5-9.5 arasında kalmaktadır. pH suyun korozyonunu belirlemede önemlidir. pH ne kadar düşük olursa korozyon etkisi de o kadar yüksek olur. Ana borularda ve evlerde su sistemlerinde boruların korozyonunu azaltmak için dağıtım sistemine giren suyun pH'sı kontrol edilmelidir. Aksi halde içme suyu kirlenmesine ve suyun tat, koku ve görünüşünde olumsuz etkilere sebep olmaktadır [15].

Toplam çözünmüş katı madde (TÇKM) suların mineral ve iyon zenginliğini gösteren önemli bir parametredir. TÇKM 449-522 mg/L aralığında değişmiş ve yağışların olduğu aylarda değerlerde biraz yükselme görülmüştür. 500 mg/L'e kadar TÇKM ihtiva eden suların artırılmasına gerek yoktur. 5000 mg/L'e kadar TÇKM ihtiva eden sular "acı su" olarak tanımlanırken daha fazla TÇKM içeren sular tuzlu su olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen değerlere göre tüm sular "tatlı su" sınıfına girmektedir. Elektriksel iletkenlik

değerleri 680-790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değişmiş ve yağışlı aylarda değerlerde biraz yükselme görülmüştür.

Ölçülen sertlik değerleri 252-348 mg CaCO_3/L aralığında değişmiştir. 60 mg/L altındaki konsantrasyonlarda CaCO_3 içeren sular yumuşak, 60-120 mg/L aralığında orta sert, 120-180 mg/L aralığında sert ve 180 mg/L'den daha fazla ise çok sert olarak sınıflandırılmaktadır [16]. Bu sınıflandırmaya göre şebeke suyu çok sert su grubuna girmektedir. Sertlik hem estetik hem de kabul edilebilirlik ve işletme faktörleri açısından içme suyu için önemlidir. Yaklaşık 27 adet kuyu suyunun karıştığı P1 terfi merkezinin suları diğer su kaynaklarına (Sürsürü, Kesikköprü, Üniversite) göre daha az serttir. Sert sular sabun sarfiyatının artmasına, boruların zamanla daralmasına, buhar kazanlarında taşlaşma ve patlamalara, çamaşırların sertleşmesine neden olduğundan önemli bir parametredir.

Sülfat barit (BaSO_4), epsomit ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ve jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) içeren pek çok mineralde bulunmaktadır. 250 mg/L üzerinde konsantrasyonlarda içme suyunda sülfatın varlığı kabul görmeyen tada sebep olabilir ve dağıtım sistemlerinin korozyonuna katkıda bulunabilir [17]. Sülfat değerleri 13.59-30.90 mg/L aralığında ölçülmüştür. Terfi merkezi çıkışında 21.13 mg/L olan sülfat değerleri eski yerleşimin ve şebekenin olduğu İzzetpaşa ve Yenimahalle'de 30.67-30.90 mg/L değerlerine yükselmiştir. Diğer eski şebeke ve yerleşim yerinin olduğu mahalleler ile küçük sanayi sitesinde de benzer durumla karşılaşmıştır. Bu durum şebekeye başka sulardan sızıntı olduğunu göstermektedir. Sürsürü ve Kesikköprü kuyularından suyun alındığı şebeke örneklerinde sülfat değerleri 13.59-17.24 mg/L aralığında değişmiştir. TS 266 [12], Dünya Sağlık Örgütü (WHO) [17] ve Çevre Koruma Ajansı (EPA) [18]'na göre müsaade edilen maksimum sülfat değeri 250 mg/L olduğundan ölçülen sülfat değerleri standartların çok altında kalmaktadır.

Klorür çeşitli kayalardan yağışla toprağa ve suya geçmektedir. Yollardaki buzu çözme çalışmaları sonucunda yüzeysel akış ile, inorganik gübrelerin kullanımı, deponi alanı sızıntı suları, septik tank çıkış suları, endüstriyel çıkış suları, sulama drenaj suları ve kıyı alanlarında deniz suyu girişi ile geçmektedir. Klorür suyun elektriksel iletkenliğini ve böylece korozyonunu artırmaktadır. Metal boruların aşınma hızını artırmaktadır. 250 mg/L'nin üzerinde klorür konsantrasyonu sularda kabul edilmeyen tat oluşturmaktadır [19]. Klorür değerleri, Uluova'dan suyu alan şebeke kısmında 67.48-81.97 mg/L aralığında değişmiş ve şebeke uç noktalarında artış göstermiştir. Eski şebekenin bulunduğu mahallelerde ise terfi merkezi çıkışına göre klorür değerinde az da olsa bir düşüş görülmüştür. Klorür değerinin şebekedeki bu değişimleri eski şebekede dışarıya sızıntı olduğunu, uç noktalardaki artış ise dışarıdan boruya sızıntı olduğunu ya da zamanla birikim olduğunu, bu noktalarda tahliye vanalarının açılarak zaman zaman suyun boşa akıtılarak şebekenin temizlenmesi gerektiğini ifade etmektedir. Ölçülen klorür değerleri WHO [19], EPA [18]'nin tavsiye edilen standart değerleri olan 250 mg/L'den çok daha düşüktür. Sürsürü, Kesikköprü ve Üniversite (kendi kuyuları mevcuttur) kaynaklarından alınan sularda klorür değerleri 9.5-23.99 aralığında değişmiştir.

Alkalinite değerleri Sürsürü, Kesikköprü ve Üniversite kaynaklarından alınan sularda 324-342 mg/L, Uluova'dan alınan sularda ise 215-233 mg/L aralığında değişmiştir.

Şebekede suyu bulaşmalardan korumak için belli miktarda kalıntı klorun bulunması gereklidir. TS 266 [13]'da tavsiye edilen değer 0.1 mg/L, maksimum izin verilen değer ise 0.5 mg/L'dir. Ölçülen kalıntı klor değeri eski şebekenin bulunduğu mahallelerde ve yeni

bir semt olmasına rağmen Doğukent'te 0 mg/L değerine kadar düşmüştür. Bu durum eski şebekeye atıksuların karıştığını, bu nedenle kalıntı klorun tükendiğini göstermektedir. Belediye bu durumun farkında olduğundan bazen şebeke luzumundan fazla klorlanmakta, bu defa halk çamaşır suyu kokusunda bir suyu içmek zorunda kalmakta ve bu durum şikayetlere sebep olmaktadır. Suda organik azot, amonyum azotu ve organik maddeler mevcutsa dezenfeksiyon amacıyla sular klorlandığında klor öncelikle bu maddelerle birleşerek kloraminleri ve kloroform (oldukça zehirli ve kanserojen) gibi klorlu organik maddeleri oluşturmaktadır. Bu nedenle şebeke suyunda organik azotların, amonyum azotunun ve organik maddelerin bulunmaması gereklidir. Otomatik klorlamanın yapılmadığı dönemde Uslu, vd [9] tarafından yapılmış olan çalışmada özellikle eski şebeke kısmında 0.2 mg/L'e kadar amonyum azotuna (NH_4^+-N) rastlanmış olması şebekeye atıksu sızıntısının olduğunun göstergesidir. Bu çalışmada aynı noktalarda klorun tükenmesi benzer sorunların devam ettiğinin kanıtıdır. Bu nedenle eski şebekenin acilen değiştirilmesi gereklidir.

Klorlamanın belirli temas sürelerine ve miktarlarına göre otomatik olarak yapılması gereklidir. Aksi takdirde bir defada belli hacimdeki suya verilen klor arzulanan dezenfeksiyonu sağlamayacaktır. İyi cins kuyu suları için başlangıç olarak verilecek minimum klor dozu 1.0 mg/L'dir. Diğer kuyular için 1.5 mg/L'dir. Eğer suda amonyum iyonları mevcutsa 1 mg/L NH_4^+-N için 6 mg/L klora ihtiyaç vardır. pH arttıkça temas süresi sonunda bulunması gerekli olan serbest bakiye klor miktarı artmaktadır (Örneğin, pH=6'da 0.2 mg/L, pH=8'de 0.4 mg/L bakiye klorun kalması gereklidir). Yapılan çalışmalar 0.5-1 mg/L hipoklorik asit (HOCl) kalıntısının 30 dakikalık temas süresi için etkili olduğunu göstermiştir [20].

Yukarıdaki bilgiler ışığında suyun pH'sının 8'e yakın olduğu dikkate alınırsa depo çıkışında 0.43 mg/L'lik kalıntı klorun bulunması suyu ilerideki bakteriyolojik bulaşmalardan koruyamayacaktır. Depo çıkışlarında daha fazla kalıntı klora ihtiyaç vardır.

Yeraltı sularında en fazla bulunan katyonlar özellikle kalsiyum (Ca^{+2}), daha sonra da magnezyum (Mg^{+2})'dir. Bu katyonlar yer altı sularına kalsit, dolomit, jips gibi minerallerin, CO_2 'in çözünmesi ile oluşan karbonik asit ile etkilenmesi sonucu karışırlar. Ca^{+2} ve Mg^{+2} sertliğin de başlıca kaynağıdır. Sertlik bu iyonların karbonat, nitrat, silikat, sülfat vb. bileşenlerinden kaynaklanır. Tuzlu bir lezzet verecek kadar fazla miktarda olmamak şartıyla kalsiyumun fizyolojik bir tesiri yoktur. Mg^{+2} suda yüksek konsantrasyonlarda acı bir tat verir ve insan bünyesi üzerinde müshil etkisi yapar. Yapılan ölçümler sonucunda Ca^{+2} 35.35-53.11 mg/L, Mg^{+2} 18.75-37.6 mg/L aralığında bulunmuş ve yağışlı aylarda her iki katyonda yükselmeler görülmüştür.

Sodyum (Na^+) değerleri 10.83-44.20 mg/L aralığında ölçülmüş ve şebeke uç noktalarında artış göstermiştir. Değerler TS 266 [13]'da izin verilen maksimum değer olan 200 mg/L'nin altındadır. Sodyum değerlerinde yağışlı aylarda artış görülmüştür. Potasyum (K^+) değerleri 1.13-2.26 mg/L aralığında ölçülmüştür.

Amonyum içeren içme suları su şebekelerinde bakteri büyümesine neden olmaktadır. İçme suyunda amonyak konsantrasyonları organik kökenli taze kirlenmeye ve sakıncalı mikroorganizma sayısına işaret etmektedir. İçme sularında nitrat derişimlerinin 45 mg/L değerini aşması halinde yetişkinlerde sindirim ve idrar sistemlerinde iltihaplanmalar görülmektedir. Nitratın merkezi sinir sistemini etkilediği, yüksek tansiyona da neden olduğu belirlenmiştir. Yüksek miktardaki nitrat bebeklerde mavi bebek hastalığına da

neden olduğundan içme suyunda önemli bir potansiyel tehlike niteliğindedir [21]. Amonyum azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) değerleri 0-0.08 mg/L (0-0.1 mg/L NH_4) aralığında değişmiştir. Değerler TS 266'da maksimum izin verilen amonyum değerinin (0.5 mg/L NH_4) altında bulunmuştur. Nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) değerleri 2.8-8.0 mg/L (12.4-35.43 mg/L nitrat) aralığında değişmiştir. Değerler TS 266 (50 mg/L nitrat), WHO (50 mg/L) ve EPA'da (44.28 mg/L) izin verilen maksimum değerlerin altındadır. Yağışlı aylarda nitrat değerlerinde artış gözlenmiştir.

Çevre mevzuatında 100 ml'lik su örneklerinde ortalama olarak 1'den de az sayıda koliform organizma ihtiva eden bir içme suyunun, istatistik olarak patojen mikroorganizma ihtiva etme şansı olmadığı kabul edilmektedir. Yapılan bakteriyolojik analizlerde hiçbir örnekte fekal koliforma (dışkı kaynaklı) rastlanmamıştır. Sadece bir şebeke uç örneğinde ve bir de eski şebekenin bulunduğu bir örnekte 4 EMS/100 mL toplam koliforma rastlanmıştır. Uslu, vd [9]'nin çalışması ile karşılaştırıldığında otomatik klorlama sisteminin bakteriyolojik açıdan çok olumlu etkileri olduğu görülmüştür. Söz konusu çalışmada depo çıkışlarında çok sayıda koliform bakteriye rastlanmıştır. Ayrıca depo çıkışından itibaren bazı örnekleme noktalarında koliform bakteri sayısında artış olması şebekeye atıksu sızıntısı olduğunun da göstergesiydi. Ancak bu çalışmada klorlama ile koliform bakterilerin yok edilmiş olması sızıntının olmadığı anlamına da gelmemektedir.

4.2. Karşılaşılan Sorunlar ve Öneriler

4.2.1 Havza Yönetimi

Su yetersizliğinin nedenleri havza karakteristiklerine göre farklılıklar gösterebilmektedir. Temel etmenler yanlış arazi kullanımı, küresel ısınma, erozyon, evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar gibi faktörlerdir. Suyun miktarını ve kalitesini etkileyen en önemli faktör yanlış arazi kullanımıdır. Su havzalarında koruma alanlarının oluşturulması ve arazi kullanım planlamasının bilimsel esaslar çerçevesinde yapılması bir zorunluluktur. Bu kapsamda içme ve kullanma suyu sağlayan kuyuların çevresi 50 metre yarıçapında dikenli tel ile çevrilmelidir. Bu bölgede hiçbir yapıya, katı ve sıvı atık boşaltımına ve geçişe izin verilmez [11].

Elazığ Kenti'nin içme ve kullanma suyunun %95'inin sağlandığı Uluova'daki kuyuların bulunduğu alanlar, yoğun zirai faaliyetlerin yapıldığı araziler ile belde ve köylerin yerleşim alanlarıdır. Bu kuyuların çoğunluğu Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından sulama suyu amaçlı açılmış, daha sonra revize edilerek Elazığ Belediye'sine devredilmiştir. Ancak, bu devredilme sırasında Belediye arazi sahipleri ve halkla anlaşarak insan ve hayvan su ihtiyacını karşılamak üzere her kuyunun yanında açıkta akabilen bir musluk bırakılmasını vadedmiştir. Bu nedenle DSİ'nin açıp devrettiği kuyuların çevresinin 50 m tel ile çevrilmesi mümkün görünmemektedir. Siyasi ve kurumsal bazda tedbirlerle ancak bu mümkün olabilecektir. Belediye'nin yeni açtığı kuyularda koruma tedbirleri uygulanmaktadır. Bu bölgede sanayi tesislerinin Uluova üzerinde inşa edilmesi, tarımsal atıklar, tabii ve sun'i gübreler de sorun yaratabilmektedir. Erozyon ülke bazında olduğu gibi kentin su havzaları bazında da önemli bir sorundur. İklimin elverişli olmayışı nedeniyle yeterince ağaçlandırma yapılamamaktadır. Meralarda erken ve geç hayvan otlatma da meraların zayıflamasına, dolayısıyla erozyonun artmasına neden olmaktadır.

Su kaynaklarının kullanımı ve korunmasına yönelik planlamalarda mevcut yeraltı suyu kalitesi akiferin durumu ve özellikleri, yeraltı suyu akış yönleri, mevcut çekim miktarları,

yer altı suyu seviye ve kalitesinde geçmişte izlenen değişimler tespit edilmeli ve planlanan faaliyetle ilişkilendirilmelidir. Yeraltı suları bir kez kirlendikten sonra arıtılmasının çok zor ve pahalı hatta bazı durumlarda imkansız olduğu unutulmamalıdır. Asıl amaç kirlenmeyi önlemek olmalıdır. Bunun için en başta entegre havza yönetimine ihtiyaç vardır. Elazığ Kenti içme suyu havzalarının yönetimine dair yeterli tedbirler mevcut değildir.

Yeraltı suyuna taşınabilecek nitelikteki kirlenici maddeler (örneğin gübre, çöp vb.) yeraltı suyu beslenme havzası içerisinde zeminde açıkta depolanmamalı, yer altı sularının seviyeleri ve akış yönleri de dikkate alınarak seçilecek bir arazide özel olarak hazırlanmış, sızdırmazlığı sağlanmış düzenli depolarda biriktirilmelidir. Uluova’da çiftçiler hayvan gübrelerini arazileri üzerinde açıkta depolamaktadırlar. Bu depo yerlerine yakın kuyularda amonyum miktarının yüksek çıktığı tespit edilmiştir [22]. Bu nedenle çiftçilerin bilinçlendirilerek sızdırmazlığı sağlanmış depo alanlarında hayvan atıklarını biriktirmeleri uygun olacaktır.

İşletilmeyen kuyuların kirleniciyi yeraltı suyuna iletilmeyecek şekilde tıkanması gerekir. Kuyular için tavsiye edilen koruyucu önlemler fiziki çevre şartlarına ve jeolojik formasyonlara göre değişir. Muhafaza borusu yüzeyin üstünde bitmeli, kuyu ağzı çevresi yüzey sularının her yönden uzaklaştırılabileceği bir şekilde düzenlenmelidir. Su sızdırmazlığını sağlamak için muhafaza borusu çevresine 15 cm kalınlığında çimento zarfı oluşturulmalıdır. Çimentolama derinliği jeolojik formasyonlarda bütün muhafaza borusu derinliğince çimentolama yapılmalıdır. Mevcut kuyularda bu tedbirlerin kuyuları açan kurum tarafından yaptırıldığı bilinmektedir [10].

Yüzeysel ve yeraltı sularının kalite atlası çıkarılmalıdır. İçme, sulama, sanayi, enerji sektörlerinin su ihtiyaçları havza bazında belirlenmelidir. Yeraltı ve atıksuların uzaklaştırılması, katı atık toplanması ve depolanması, endüstriyel kirlenmenin olabildiğince önlenmesi, tarımsal alanlardan gelen aşırı gübre ve tarım ilacı kullanılmasından kaynaklanan su kirlenmesinin kabul edilebilir düzeylere indirilmesi konuları üzerinde titizlikle durulmalı, bu konuda yetkili kuruluşların görevini eksiksiz yerine getirmesi sağlanmalıdır.

Elazığ Kenti’nin içme suyunun temin edildiği ve gelecek yıllarda da temin edilmesi ihtimali bulunan ve 5000 ha arazinin sulama suyu ihtiyacının karşılandığı Uluova’nın yer altı suyu ihtiyacının karşılandığı Uluova’nın yeraltı su kaynaklarının korunması oldukça önem arz etmektedir. İçme ve kullanma suyu potansiyeli kısıtlı olan ülkemizde, önemli su kaynaklarından olan yeraltı sularının, verimlilik potansiyelinin yüksek olduğu alanlarda kirlenebilirlik haritası yapılmadan, sanayi yerleşim ve atık depolama tesislerinin yapılmaması bu su kaynaklarının korunması açısından önemlidir [8].

4.2.2. Altyapı

Kanalizasyon borularından içme suyu borularına sızıntı olmaması için özellikle bu boruların kesişim yerlerinde kanalizasyon sırt kotu ile içme suyu borusu taban kotu arasında en az 30 cm mesafe bulunacak tarzda şebeke geçirilmelidir. Ayrıca bu kesişim yerlerinde içme suyu borusu 25 cm kalınlığında ve eksenlerin kesişme noktasından itibaren her iki yönde ikişer metre uzunluğunda iyice tokmaklanmış beton gömlek içine alınmalıdır [22].

Elazığ OSU işletmesi yetkililerine göre yıllık ortalama %23 olan su kaçaklarının önlenememesinin nedenleri olarak şebekenin kontrol edilememesi, bazı mahallelerde şebeke borularının eski olması, yetersiz çapta olması, yeterli sayıda teknik personelin bulunmayışı bazı kurumlara ölçülmeden su verilmesi, fasıllı su verilmesi ve illegal çekimler şeklinde sıralanmaktadır. Şebekenin kontrol edilememesinin bir nedeni sistemi ve şebekeyi gösteren yeterli detayda planların olmayışdır. Şebekenin bir bölümü 150 mm'den küçük çaplı borulardan meydana geldiğinden çap, debi açısından yetersiz kalmakta, park ve bahçelere ölçülmeden su verilmesi su kaçağı oranını arttırmaktadır [7].

Şebekede su kaçaklarının en önemli nedenlerinden biri de şebekedeki suyu alma noktasından abone su sayacına kadar olan kısmının boru döşenmesinin bina sahibine ait olması nedeniyle, bu kısımda meydana gelecek su kayıpları belirlenememektedir. Kentin özellikle dışarıdan göç alan semtlerinde su kaçakları daha fazladır.

Bina şebeke bağlantılarının su kaçaklarını önlemek için en etkili çözüm yolu Belediye'nin ücret karşılığında şebekeden bina su sayacına kadar olan tesisat borularını uygun şekilde döşemesidir. Göç alan mahallelerde halka bilinçli su kullanımı hakkında bilgi verilmeli, gerekirse bu mahallelere indirimli su tarifiesi uygulanmalıdır. Eski şebekenin insan sağlığı açısından mutlaka değiştirilmesi gereklidir.

Su kayıp ve kaçaklarının olabildiğince azaltılması ve engellenmesi yönündeki çaba ve yatırımlara ağırlık ve öncelik verilmelidir. Kaçakların azaltılması amacıyla belediyeler, şebeke planlarını detaylı olarak çıkartmalıdır ve bunlar titizlikle saklanmalıdır. Su tarifeleri objektif kriterlere dayalı olarak tespit edilip uygulanmalıdır.

Türkiye genelinde olduğu gibi Elazığ Kent'inde de her alt yapı tesisi için yollar tekrar tekrar kazılıp kapatılmaktadır. Bu da önemli işletme sorunlarına ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Kentsel teknik altyapı kapsamına giren yol, içme suyu, atıksu, yağmur suyu, elektrik, havagazı/doğalgaz ve haberleşme şebekelerinin ve güzergahlarının, birbiriyle ilişkileri gözetilerek tesisat galerilerde oluşturulmalıdır. İmar planlarında, galerilerin üstüne gelen uygun alanlar, bakım, onarım ve yenileme çalışmalarına olanak verecek kullanımlara ayrılmalıdır. Altyapı tesislerinin yapımı sırasında ortaya çıkabilecek üst üste düşmeler, çakışmalar ve benzeri yer seçimi sorunlarını ortadan kaldıracak yeni düzenlemelere gidilmeli ve kaldırım altlarının paylaşımının TSE standartları çerçevesinde uygulanması sağlanmalıdır.

Kentsel alanlardaki içme suyu sorunlarının çoğu, kaçak yapılaşmanın olduğu imarsız alanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu bölgelere içme ve kullanma suyu götürmek imarlı alanlara göre daha zor ve daha pahalı olmaktadır. Elazığ kaçak yapılaşmanın en az görüldüğü illerden biridir. Siyasi otoritenin nazım imar planlarına müdahale etmesi, daha fazla kata izin verilmesi, nüfus yoğunluğu ve dolayısıyla su talebinin artmasına neden olmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] N. Korkmaz, 1991, Yeraltı Su Kalitesinin ve Korunması, Standrat Dergisi, Ankara, 351, 36.
- [2] O.Uslu, A.Türkman, 1987, Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, Ankara.
- [3] E. Yüzer, T.Öztaş, 1992, Yeraltısu Kirlenmesinin Jeolojik Ortamla İlişkisi ve bazı Örnekler, Türk Devletleri Arasında 1. İlmi İşbirliği Konferansı, Lefkoşe, 646-659.
- [4] M. Milovanovic, 2007, Water Quality Assesment and Determination of Pollution Sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe, Desalination, 213.159-173.
- [5] B. Nas, A. Berktaş, 2006, Groundwater Contamination by Nitrates in the City of Konya, (Turkey): A GIS Perspective, Journal of Environmental Management, 79, 30-37.
- [6] Y. Muslu, 1992, Su ve Atıksu Teknolojisi, İTÜ, İstanbul.
- [7] N. Gül, 2007, Elazığ İli İçme Suyu Problemleri ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [8] M. Çeliker, Ö. F. Dursun, E. E. Akarsu, 2010, Uluova (Elazığ) Akiferinin Kirlenbilirliğinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Analizi, e-Journal of New World Sciences Academy, 5, 2, 117-136.
- [9] G. Uslu, A. Ünlü, E.I. Arslan, 1998, Elazığ Şebeke Suyu Kalitesinin Araştırılması, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu, 22-24 Haziran 1998, 375-379.
- [10] Devlet Su İşleri (DSİ) Raporları, 2007, Elazığ-Uluova Hidrojeolojik Etüt Raporu.
- [11] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004, 31 Aralık 2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- [12] N. Çakmak, A. Ünlü, 1995, Elazığ Merkez İlçesi'ndeki Yer altı Suyu Kalitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Çevre Seksiyonu, 11-25, Isparta.
- [13] TS 266, Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, Türk Standartı, Nisan 2005, Ankara
- [14] APHA, AWWA, WPCF, 1989, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17 th ed., Washington, DC.
- [15] WHO, 2007, pH in Drinking-Water, Revised Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, Geneva, World Health Organization,
- [16] WHO, 2009, Hardness in Drinking-Water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, Geneva, World Health Organization,
- [17] WHO, 2004, Sulfate in Drinking-Water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, Geneva, World Health Organization,
- [18] US Environmental Protection Agency (EPA) (www.epa.gov)
- [19] WHO, 2003, Chloride in Drinking-Water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality, Geneva, World Health Organization.
- [20] F. Şengül, E.Y. Küçükgül, 1990, Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, İzmir.
- [21] C.D. Rail, 1989, Groundwater Contamination, Technomic Publishing Company, Inc Lancaster, Pennsylvania, USA, 1395.
- [22] G. Savcı, S. Altun, A. Şenterzi, Y. Özkaya, 2007, Elazığ Uluova Bölgesinin Yer altı Suyu Durumu ve Jeolojik Formasyonları, Bitirme Ödevi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ.
- [23] M. Karpuzcu, 2008, Su Temini ve Çevre Sağlığı, Kubbealtı Neşriyat, İstanbul.

TRABZON İÇME SUYUNDA YENİ BİR DÖNEM: ATASU BARAJI

Egemen ARAS*, Mehmet BERKÜN**

* Karadeniz Teknik Üniversitesi Of Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Trabzon - egemen@ktu.edu.tr

** Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Trabzon -berkun@ktu.edu.tr

ÖZET

Trabzon'un Maçka ilçesi sınırları içerisindeki Galyan Deresi üzerindeki Atası Barajı ve HES inşaatının temeli, 27 Nisan 1998 yılında atılmış fakat çeşitli sebeplerden dolayı su tutma işlemine ancak 12 yıl sonra 28 Aralık 2010 tarihinde başlanmıştır. Trabzon Merkez ile Yomra ve Akçaabat ilçelerinin içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacını karşılaması planlanan barajın 2011 yılı sonunda tam olarak hizmete girmesi planlanmaktadır.

İnşaat esnasında bugüne kadar 337 milyon TL harcama yapılarak % 90 fiziki gerçekleşme sağlanmıştır. Beton ve kaya gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi $3.800.000 \text{ m}^3$, akarsu yatağından yüksekliği 116,00 m, normal su kotunda göl hacmi $35,75 \text{ hm}^3$, normal su kotunda göl alanı $0,83 \text{ km}^2$ 'dir. Baraj yıllık 91 hm^3 'lük içme suyu sağlayacaktır. Barajda, ayrıca proje tamamlandıktan sonra yap-işlet yöntemiyle entegre edilecek tünel ve regülatör sistemlerinin katkısıyla enerji üretilmesi de hedeflenmektedir [1].

Bu çalışmada, 50 yıl süreyle şehrin su ihtiyacını karşılayacak olan Atası Barajı'nın teknik incelemesi yapılmış, su teminine ve enerji üretimine katkısı analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atası Barajı, İçme Suyu, Trabzon

1. GİRİŞ

Trabzon'un Maçka ilçesine bağlı olan Esiroğlu beldesinin yaklaşık 4 km güneydoğusunda, Trabzon'a yaklaşık 17 km uzaklıkta ve Galyan Deresi üzerinde yer alan Atası Barajı (Şekil 1) 116 m yüksekliğinde ve 372 m kret uzunluğunda planlanmıştır. Trabzon şehri ile Akçaabat ve Yomra ilçelerinin içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçlarını temin etmek, ayrıca mevcut potansiyeli değerlendirmek amacı ile enerji üretiminin de planlandığı Atası Barajı ve HES Projesi bu kapsamdadır [1].



Şekil 1. Atası barajının yeri [2]

Trabzon ilinde yeraltı suyu hemen hemen bütün önemli akarsuların mansap kesimindeki alüvyon sahalarda meydana gelmektedir. Trabzon ilinin yer altı suyu toplam emniyetli rezervi 130 hm³/yıl'dır. Merkezde yer alan Değirmendere Çayı Akiferi, Trabzon şehrinin doğusundan denize dökülen Değirmendere çayının mansap bölümünde oluşmuş siltli killi, kumlu, çakıllı, küçük bloklu alüvyon yeraltı suyu işletmesine elverişli akifer özelliğindedir. Değirmendere çayı mansap akiferi yapısal özelliklerine göre 4 bölüme ayrılmaktadır.

- a - Deniz ile Trabzon – Rize karayolu köprüsü arası
- b - Karayolu köprüsü ile Belediye kuyular sahası arası
- c - Belediye kuyuları sahası
- d - Belediye kuyuları sahasının güneyi

Belediye kuyuları sahasından denize kadar olan 2 km uzunluğunda asimetrik yapıya sahip a-b sahalarının genişliği; belediye kuyuları sahası çıkışında 150 m. deniz kenarında 1400 m, akarsuya paralel ve akarsuya dik iki hat boyunca 6 noktada yapılan jeofizik çalışmalara göre 15–25 m, bu alanda açılan su sondaj kuyularında 25–32 m olarak ölçülmüştür. Bu alanda Trabzon çimento fabrikasına ait akarsuyun sol sahilinde 30 m derinliğinde bir adet, karayolu köprüsünün güneyinde ve sol sahilde Trabzon belediyesine ait 5 m derinliğinde bir adet, Karadeniz Teknik Üniversitesine ait 26 m derinliğinde bir adet olmak üzere toplam 3 adet su sondaj kuyusu ile TCK ve DLHM Müdürlüklerine ait 2 adet 6m derinliğinde keson su kuyusu bulunmaktadır. Belediye kuyuları sahası (c) olarak adlandırılan ve Trabzon şehrinin geçmiş yıllardaki su ihtiyacının karşılandığı akifer alanının uzunluğu; 1000 m genişliği; ortalama 300 m kalınlığı; akifer alanı enine ve boyuna kat eden 2 hat boyunca 7 noktada yapılan jeofizik çalışmalara göre, 30–40 m akifer alanda açılan su sondaj kuyularında 25–40 m olarak ölçülmüştür. Değirmendere çayı mansap akiferinin en verimli bölümünü oluşturan bu alanda 30–39 m derinliğinde 15 adet su sondaj kuyusu açılarak Trabzon şehrinin içme ve kullanma suyu ihtiyacı karşılanmıştır.

Belediye kuyuları sahasının güneyinde kalan sahanın uzunluğu; 4000 m, genişliği; 3080 m, kalınlığı; 10–15 m kadardır. Dar bir şerit halinde uzanan bu alanda alüvyon kalınlığının yeterli olmaması nedeni ile YAS işletmesi sığ kuyular yardımı ile yapılabilmektedir. Değirmendere çayı mansap akiferinin güneyinde, Hacımehmet köprüsü ile Çağlayan beldesi arasında akarsu yatağının genişlemesi sonucu yeraltı suyu işletmesine elverişli bir

akifer alan oluşmuştur. Bu alanın uzunluğu; 3000 m, genişliği; 300–600 m kalınlığı; jeofizik ve su sondaj kuyuları açım çalışmaları sonuçlarına göre 14–20 m kadardır.

Değirmen dere çayının mansap akiferinde açılan su sondaj kuyularından ortalama 400 l/s yeraltı suyu üretilerek Trabzon şehrinin içme ve kullanma suyu ihtiyacı uzun yıllar karşılanabilmektedir. Trabzon şehrinin zaman içinde artan su ihtiyacının karşılanması için planlanıp inşaatı tamamlanan ATASU su arıtma tesisinin devreye girmesinden sonra dahi önemini hiçbir zaman kaybetmeyen, acil durumlarda Trabzon şehrinin su ihtiyacının karşılanacağı tek alan olan ve 2872 sayılı çevre yasasına dayanılarak çıkarılan "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği" esaslar dahilinde korunması gereken Değirmendere çayı mansap akiferi; Trabzon Belediyesi tarafından 1996 yılından itibaren kullanılamaz hale getirilerek başka amaçlar için kullanıma açılmış ve bu alanda açılmış bulunan bütün su sondaj kuyuları DSİ Bölge Müdürlüğü'nün bütün uyarılarına rağmen 2002 yılı sonuna kadar ortadan kaldırılmıştır [3].

2. TRABZON İLİ MEVCUT İÇME SUYU TESİSLERİ

Trabzon kentinin içme, kullanma ve endüstri suyu Değirmendere deresinden temin edilmektedir. Bu derenin suyunun aşırı derecede kirlenmesi sonucunda, kente temiz su sağlamak amacıyla Trabzon Belediye Başkanlığının talebi ve İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nün 05.04.2000 tarih ve 1250 sayılı olurları doğrultusunda "Atasu Barajı İnşaatı" işinin kapsamında Galyan suyunu Trabzon Belediyesi Arıtma Tesislerine taşımak için Galyan Regülatörü ve 2316 m lik isale hattı inşaatı tamamlanmış ve 2001 yılında Trabzon Belediyesine teslim edilmiştir. Tesisin yıllık kapasitesi 47 milyon m³'tür.

Trabzon şehir merkezi ve bağlı bazı belediyelerin içme ve kullanma suyu temini; Değirmendere üzerinde şehre 15 km uzağında, Esiroğlu mevkiinde bulunan Atasu Arıtma Tesisinden, 18 Mart 2001 tarihinden itibaren Galyan Deresi yüzeyel ham sularının regülatör yardımıyla alınıp, arıtma tesisinde arıtılmasıyla sağlanmaktadır. Zaman zaman şehrin su ihtiyacı; ihtiyaç fazlalığında Galyan deresi debisinin özellikle yaz aylarında yetersiz kaldığı durumlarda, Değirmendere yüzey sularının aynı şekilde regülatör yardımıyla alınıp arıtılmasıyla sağlanmaktadır. Galyan vadisinde Galyan deresinin ortalama kaynak kapasitesi 05-1,5 m³/sn, Değirmendere'de ise 1,5-4,5 m³/sn dir.

Atasu Barajı ve Arıtma tesisi henüz aynı zamanda hizmete alınamamıştır. Dolayısıyla Galyan deresi yüzey suyunun yetersiz kaldığı durumlarda, mevcut içme suyu arıtma tesisi; gün geçtikçe güzergâhında Maçka ilçesi ve konumu itibarıyla turistik öneme sahip tesislerin etkinlikleri sonucu su kalitesi bozulduğu bilinen ve zamansal kalite salınımı gösteren Değirmendere yüzey sularını arıtmakta gerek teknik gerekse ekonomik olarak yetersiz kalmaktadır. Diğer yandan Değirmendere ve Galyan deresi yüzey suyu, mevcut haliyle yakın gelecekte içme ve kullanma suyu ihtiyacına cevap veremez duruma gelmesi kaçınılmazdır. Bu sebepten ötürü Trabzon ilinin en önemli ihtiyaçlarından olan sağlıklı, güvenilir içme ve kullanma suyu kavuşabilmesi için Trabzon İçmesuyu projesi sonu teknolojik şartlara uygun arıtma tesisiyle sonuçlanacak (Atasu Barajı ve HES) son derece önem taşımaktadır [3].

Tesiste üretilen temiz su 15 km uzaklıkta ϕ 1600'lük çelik boru ile sahile kadar ulaşmaktadır. Buradan ϕ 1000'lik ve ϕ 500'lük çelik boru ile 10 km doğu; ϕ 1000 ve ϕ 400' lük çelik boru ile de 25 km batı yönündeki belediyelere iletilmektedir.

3. ATASU BARAJI

2 Aralık 1997 tarihinde 20.282.006,00TL ihale bedeliyle ihalesi yapılan Atasu barajı inşaatına 10 Mart 1998 tarihinde başlanmıştır. 2011 yılı itibarıyla %90 tamamlanmış olan barajda, Aralık 2010 tarihinden itibaren su tutulmaya başlanmıştır (Şekil 2).

Trabzon Belediyesi ile çevre belediyelerinin 50 yıl süreyle su ihtiyacını karşılayacak olan Atasu Barajı'nda doluluk oranı 2011 yılı Mayıs ayı ile birlikte yüzde yüze ulaşmıştır. 35 milyon metreküp su tutma kapasitesi olan barajda 2011 Haziran ayından itibaren Trabzon halkına Atasu Barajı'ndan suyun verilmesi düşünülmektedir [4].



Şekil 2. Atasu Projesine Genel Bakış

3.1. Baraj Gövdesi

Baraj gövdesi ön yüzü betonla kaplı kaya dolgu tipinde olup 320.55 m kret kotunda, 7.80 m kret genişliğinde ve 372.26 m uzunluğunda projelendirilmiştir (Şekil 3). Talveg kotu 206.50 m ve temel kotu 202.55 m dir. Şekil 4'de görülen 1A dolgusu zayıf dolgusudur. İnce daneli kohezyonsuz silt ve ince kumdan oluşan ve 150 mm'ye kadar çakıl ve kaya parçacıkları elenmiş malzemedir. Bu malzeme bölgesinde kullanılan malzeme kohezyonsuz olmalıdır ve gevrek kırılma oluşmamalıdır. Bu bölge malzemesi 200-300 mm'lik tabakalar halinde bir dereceye kadar sıkıştırılmalıdır. Bu bölge gerektiğinde, beton kaplamada oluşabilecek herhangi bir çatlağa doğru taşınabilecek bir malzeme kaynağı sağlamaya hizmet etmektedir. Ayrıca, son yıllarda uygulanan projelerde bir bölge veya torba (1m çevresel derzin başına 1 m³'ten daha az) kohezyonsuz silt veya uçucu kül, bu kritik bölgede kolayca taşınabilir bir malzeme temin etmek üzere çevresel derzin üzerine yerleştirilmektedir. Tabaka kalınlığı 0.60 m. dir.

1B dolgusu geçirimsiz kil ve silt dolgusudur. Bu bölgedeki malzeme silt,kil, kum, çakıl ve blok karışımından oluşabilmekte ve 1A Bölgesini desteklemektedir. Bu bölgede kullanılan malzeme 200-300 mm'lik tabakalar halinde sıkıştırılmaktadır. Tabaka kalınlığı 0.60 m. dir.

2B Bölgesi ön yüz beton kaplamayı destekler ve kum-çakıl boyutundaki malzemeden oluşur. 400 mm'lik tabakalar halinde ve normal olarak 10 tonluk düz tamburlu titreşimli silindirlerle 4 pas'ta sıkıştırılır. Bu bölgenin genişliği barajın yüksekliğine bağlı olarak 2-4m aralığında değişmektedir. Bu bölge malzemesi de beton agregası ile aynı kalitede olmalıdır. Bu malzeme özel dane çapı dağılım sınırları içerisinde kalacak şekilde kırmataş veya dere alüvyonundan imal edilebilir. Tabaka kalınlığı 0.40 m. dir. 2BB bölgesi filtre ve 2C bölgesi geçiş zonu kaya dolgu olarak yapılmaktadır.

3A, 3B ve 3C bölgeleri kaya dolgu bölgeleridir. 3A bölgesi, 2B Bölgesi ile 3B bölgesi arasında bir geçiş bölgesi özelliğinde olup 800 mm en büyük dane boyutu olan veya 400 mm tabaka kalınlığından daha küçük kalınlıklarda en az 10 ton ağırlığında düz tamburlu vibrasyonlu silindirlerle 4 pas'ta sıkıştırılan bir malzeme bölgesidir. Bu malzeme bölgesinin genişliği 1 m dir. Malzeme kaya ocağından uygun gradasyonu sağlayan kayaların seçilmesiyle elde edilir. 3B bölgesi, maksimum dane boyutu 1200 mm olan kaya dolgu malzemeden elde edilmektedir. Sıkıştırma en az 10 tonluk vibrasyonlu silindirlerle 4 pas olarak gerçekleştirilir. Tabaka kalınlığı 1.50 m. dir. 3C bölgesi, en büyük dane boyutu 2000 mm olan kayalardan oluşmaktadır [5].

3.2. Dolusavak

Baraj gövdesinin sağ sahilinde bulunan ve feyezana ve yağışlarda gelecek fazla suyun dışarı edilmesi için projelendirilen dolusavak 745.50 m³ deşarj kapasitesine sahiptir. Dolusavak kazılarının yapımı sırasında şevler de heyelan meydana gelmiştir. Bunun üzerine DSİ Genel Müdürlüğü'nden gelen heyet tarafından Dolusavak Kazılarında yapılan inceleme sonucunda şevlerde eğim değişikliğine gidilerek yeniden projelendirilmesine karar verilmiştir [6].

Yaklaşım kanalı kotu 315.15 m ve savak kret kotu 316.50 m olan dolusavak dikdörtgen kesitlidir ve 90 m uzunluğundadır. Boşaltım kanalı genişliği 20.00 m ve enerji kırıcı yapı olarak sıçratma eşiği kullanılmıştır (Şekil 5).

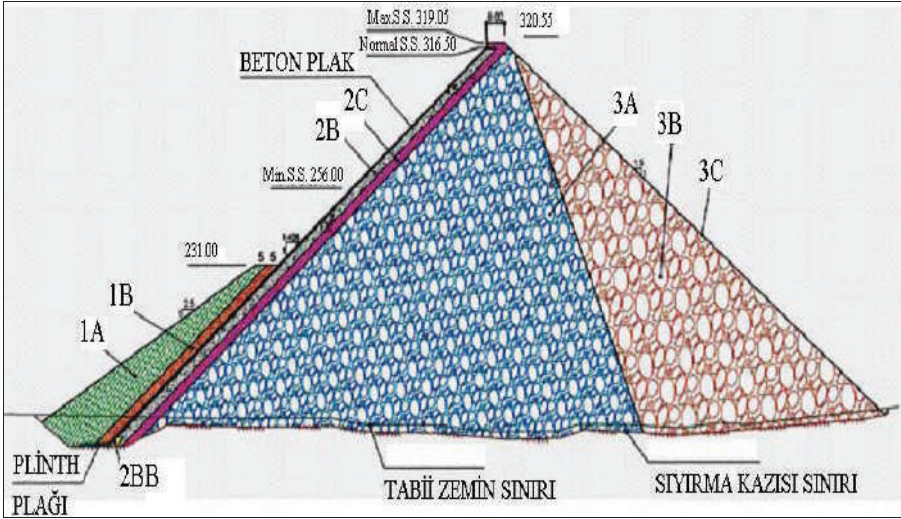
3.3. Derivasyon-Dip Savak Tüneli

Baraj gövdesi inşaatını gerçekleştirmek için inşaat sahasını kuruya alan Galyan deresini derine edecek olan Derivasyon tüneli ve dairesel kesitli dipsavak yapısı, sol sahilde, 4 m iç çaplı ve 565.30 m uzunluğundadır. Giriş invert kotu 218.00 m ve çıkış invert kotu 204.00 m'dir. İnşaat esnasında, tünel çıkışında meydana gelen göçük nedeniyle tünel boyu 0+519,40'a ötelenmiş olup 30 m'lik kısım kondüvi şeklinde tekrar projelendirilmiştir.

Yamaca yaslamalı eğik su alma yapısı olarak tasarlanan tünelin eğimi 0.023952 ve deşarj kapasitesi 141.00 m³'dir. Su alma yapısı kotu 255.50 m ve normal su kotundaki deşarj 34.03 m³'dir (Şekil 6) [6].



Şekil 3. Baraj gövdesi ön yüzeyi



Şekil 4. Atasu Barajı Gövde Enkesiti [6]



Şekil 5. Baraj dolusavağından bir görüntü

3.4. Santral Yapısı ve Enerji Tüneli

Baraj ile arıtma tesislerinin arasındaki düşüden istifade ederek enerji elde edilmesi amacıyla projelendirilen santralin kurulu gücü 40 MW olup yıllık toplam enerji üretimi 129.94 GWh/yıl olacaktır.

Kuyuksuyu kotu 156.00 m, brüt düşü 166.50 m ve net düşü 154.50 m olacaktır. 4 ünitenin yer aldığı santral binasında ünite kapasitesi $2 \times 15 + 2 \times 5$ MW'dır. Francis tipi türbinin kullanıldığı yapıda proje debisi $32 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Firm enerji 48.21 GWh/yıl, sekonder enerji 81.73 GWh/yıl ve toplam enerji 129.94 GWh/yıl düzeyindedir.

Beton kaplamalı açık shaft tipindeki denge bacasının çapı 6.00 m ve max. su seviyesi 341.77 m'dir. Bir adet cebri borunun çapı 2600 mm ve uzunluğu 340.00 m'dir.

Atasu Hidroelektrik Santraline suyu iletecek olan enerji tüneli dairesel beton kaplamalı olup, çapı 3.30 m'dir. Uzunluğu 2700.00 m olan tünelin eğimi 0.001'dir. Giriş kotu 250.00 m ve çıkış kotu 241,50 m'dir [6].

2010 yılı başı itibari Enerji Tünelinin kazı ve destekleme çalışmaları tamamlanmış olup Enerji Tüneli kaplama betonu imalatlarına başlanılarak 25.03.2010 tarihine kadar 450 metre ilerleme sağlanmıştır. 2010 yılı Mayıs itibari ile santral binası inşaatına henüz başlanmamış olup cebri boru montajı devam etmektedir (Şekil 7-8-9).

4. GALYAN REGÜLÂTÖRÜ VE İSALE BORU HATTI

Trabzon şehrinin; içme, kullanma ve endüstri suyunun temin edildiği Değirmendere deresi üzerine kurulu regülatörün membasında Maçka ilçesi ile çok sayıda köy yerleşim yeri olması bu yerleşim yerlerinin tüm kanalizasyon ve atık sularının Değirmendere deresine deşarjında önemli ölçüde su kirliliğine neden olduğu dolayısı ile belediyece yapılan müracatta Atasu barajı tamamlanıncaya kadar barajın yapıldığı Galyan deresi suyunun baraj mansabında yapılacak bir düzenleyici ve 2315.91 m'lik isale boru hattı ile arıtma tesisine bağlanması talep edilmiştir. Talep DSİ XXII. Bölge Müdürlüğünce değerlendirilerek Atasu barajı mansabına yapılan düzenleyici isale boru hattı ile Galyan deresi suyunun arıtma tesisine getirilmesi proje çalışmaları tamamlanmıştır.

Galyan Regülatöründen alınan suyu isale hattına almadan önce ön arıtmayı yapmak amacı ile projelendirilen ve askıdaki partiküllerin arıtmaya gitmesini engelleyecek olan Döner Bant Izgara sistemi mevcuttur.

Kontrolsüz karşıdan alışı dolu gövdeli regülatörün dolu gövde debisi $140 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve gövde uzunluğu 26 m'dir. Kret yüksekliği 1.75 m ve kret kotu 188.25 m'dir. Şehre su sağlayacak olan isale hattının kapasitesi $1500 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. İsale hattı 1000 mm'lik çelik içme suyu borusundan oluşmaktadır [6].

5. SONUÇLAR

Uzun yıllar içme ve kullanma suyu için Değirmendere'nin suyunu kullanan Trabzon, Değirmendere deresinin kirlenmesi sonucu sıkıntılar yaşamıştır. Membasında bir çok yerleşim yerinin kanalizasyon atıklarını barındıran dere, Esiroğlu ilçesindeki arıtma tesislerinde arıtmadan geçip şehre veriliyordu. Kirliliğin yanısıra, aşırı yağış durumlarında da suyun fazla bulanması sebebiyle arıtma tesislerinde arıtma işlemi gecikiyor ve bazı durumlarda şehre su verilemiyordu.

Temiz bir su akışına sahip olan Galyan Deresi üzerine yapılan Atasu Barajı ve HES, 12 yılı aşan inşaat süresinden sonra 2010 yılı aralık ayında su tutmaya başlamıştır [7]. Su tutmaya başlamadan önce, inşaat esnasında, baraj membasına bir regülatör yapılarak, buradaki su önce arıtma tesisine ve daha sonra şehir şebekesine verilmiştir. 2001 yılından itibaren işletmesi belediye tarafından yapılmaktadır. 2011 yılı Mayıs ayında %100'lük doluluk oranına ulaşan barajda (Şekil 10), yaklaşık olarak Haziran ayından itibaren Atasu Barajı'nın suyunun şehre verilmesi planlanmaktadır.

Fiziki olarak büyük ölçüde tamamlanmış olan Atasu Barajı'nın yapılmasıyla birlikte Trabzon şehir merkezinin ve Akçaabat ile Yomra ilçelerinin içme ve kullanma suyunda çok büyük bir rahatlama olacağı açıktır. Aynı zamanda, yapılacak olan Hidroelektrik Santral ile 129.94 GWh/yıl toplam enerji üretimi ekonomiyeye kazandırılacaktır.



Şekil 6. Baraj kaya dolgu yüzeyi ve derivasyon tüneli çıkışı



Şekil 7. Enerji tüneli inşaatından bir görüntü



Şekil 8. Santral binası ve cebri borunun yapılacağı bölge



Şekil 9. Cebri boru montajının yapımı devam ediyor



Şekil 10. Atasu Barajı haznesinde su tutulmaya başlandı

KAYNAKLAR

- [1] URL-1, 2011. <http://www.dsi.gov.tr>
- [2] Alemdağ, S., ve Gürocak, Z., 2006. Atasu (Trabzon) Baraj Yerindeki Bazaltların Taşıma Gücü, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 18 (3), 385-395.
- [3] TC Trabzon Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2010. Trabzon İl Çevre Durum Raporu, 298s.
- [4] URL-2, 2011. <http://www.trabzon.bel.tr>
- [5] Aydoğdu, B., 2011. Atasu Barajı ve HES, Bitirme Tezi, Danışman: Yrd.Doç.Dr. Egemen Aras, Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- [6] DSİ, 2009. Atasu Barajı Faaliyet Raporu.
- [7] URL-3, 2011. <http://www.esiroglu.bel.tr>

TÜRKİYE'DEKİ İÇME SUYU BARAJLARININ HİDROELEKTRİK POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ: ULUTAN BARAJI ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

Serhat KÜÇÜKALİ*

*Çankaya Üniversitesi., İnş. Müh. Böl., Ankara – kucukali@cankaya.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye'deki belediyelerin işletiminde bulunan içme suyu barajların hidroelektrik potansiyel incelenmiştir. Türkiye'de 2009 yılı itibariyle işletmede bulunan 45 adet içme suyu barajının yaklaşık 24 MW Kurulu güce ve 173 GWh/yıl elektrik enerjisi potansiyeline sahip olduğu ve bu potansiyelin yaklaşık 24.000.000 Euro/yıl ekonomik fayda sağlayacağı hesaplanmıştır. Önerilen çalışma Türk Hükümeti ve Avrupa Birliği'nin enerji politikaları ile uyumaktadır. Hidroelektrik santrallerin tasarım düşüsü olarak baraj rezervuarının ortalama su seviyesi alınmış ve tesisin tasarım debisi ise barajın yıllık temin ettiği su miktarından hesaplanmıştır. Örnek bir çalışma olması açısından, Zonguldak Ulutan Barajı ve su arıtma tesisi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ulutan İçme Suyu Arıtma Tesisi altı yerleşim bölgesine aylık ortalama 1 milyon m³ su sağlamakta ve tesisin yıllık elektrik tüketimi 4.500.000 kWh/yıl'a karşılık gelmektedir. Söz konusu su arıtma tesisi üzerine 160 kW kurulu gücünde bir hidroelektrik santrali kurulumu elektrik tüketimini % 24 oranda azaltacağı ve önerilen projenin 1,8 yıllık bir geri ödeme süresine sahip olduğu hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hidroelektrik potansiyel, içme suyu barajları, belediyeler

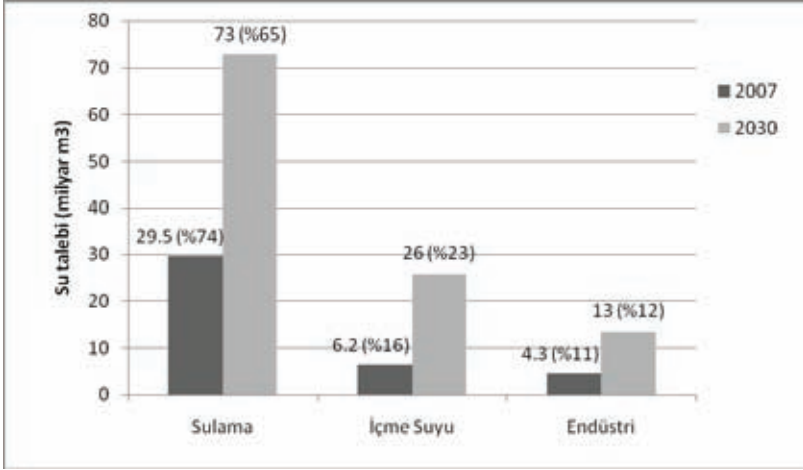
1. GİRİŞ

Günümüzde, nüfusun ve sanayileşmenin hızlı artışına bağlı olarak doğal kaynaklar hızla tüketilmekte ve enerjiye olan gereksinim her geçen gün giderek artmaktadır. Bu sebeple, sürdürülebilir bir kalkınmanın sağlanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmaktadır. Küçük ölçekli hidrolik santraller temiz enerjiler içersinde günümüzde kurulumu en kolay, sürekliliği en fazla ve işletim maliyeti en düşük olanlardan bir tanesidir. İçme suyu sistemleri üzerine Hidroelektrik santral (HES) kurulumu Avusturya, İsviçre gibi ülkelerde giderek yaygınlaşmaktadır. Örnek vermek gerekirse

İsviçre’de içme suyu sistemleri üzerine toplam 80 tane HES kurulmuştur [1]. Bu altyapı tesislerinde HES kurulumunun avantajları şu şekilde özetlenebilir: (i) Bu tesislerde, su alma yapısı, iletim hattı kurulu haldedir ve tesise ait kati projeler mevcuttur. Küçük HES kurulumu için sadece santral binası ve elektromekanik teçhizata gerek vardır ve bu faktör normal bir küçük HES’e göre maliyeti yaklaşık % 60 oranında azaltacaktır. (ii) Bu tesislerde sürekli su geçtiği için, tesislerin kapasite faktörü oldukça yüksektir. Aynı kurulu güçteki bir küçük HES’e göre, yıllık üretilen elektrik enerji miktarı yaklaşık iki kat daha fazla olacaktır. (iii) Bu tesislerin kurulumunun çevreye hiçbir olumsuz etkisi yoktur. (iv) Bu tesisler kendini yaklaşık iki senede amorti edeceğinden, işleten kuruma bu süreden sonra ekonomik fayda sağlayacaktır. (v) Bu tesislerde görevli personel zaten mevcut olduğundan, tesisin bir işletim maliyeti olmayacaktır. (vi) İçme suyu arıtma tesislerinde sürekli olarak elektrik tüketimi vardır. Üretilen bu elektrik arıtma tesisinde kullanılabilir ve ihtiyaç fazlası enerji 5346 sayılı Kanun ve Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik kapsamında Devlet’e satılabilir [2]. Bu tür projelerin hayata geçirilmesi ulusal enerji ve su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması ve enerji verimliliğinin yaygınlaştırılması açısından önemlidir. Önerilen çalışmada Türkiye’deki içme suyu barajlarının hidroelektrik potansiyeli incelenmiş ve Zonguldak’ta bulunan Ulutan Barajı’na HES kurulumu ilgili olarak bir proje tasarlanmıştır. Son bölümde çalışmada elde edilen sonuçlar özetlenmiş ve öneriler sunulmuştur.

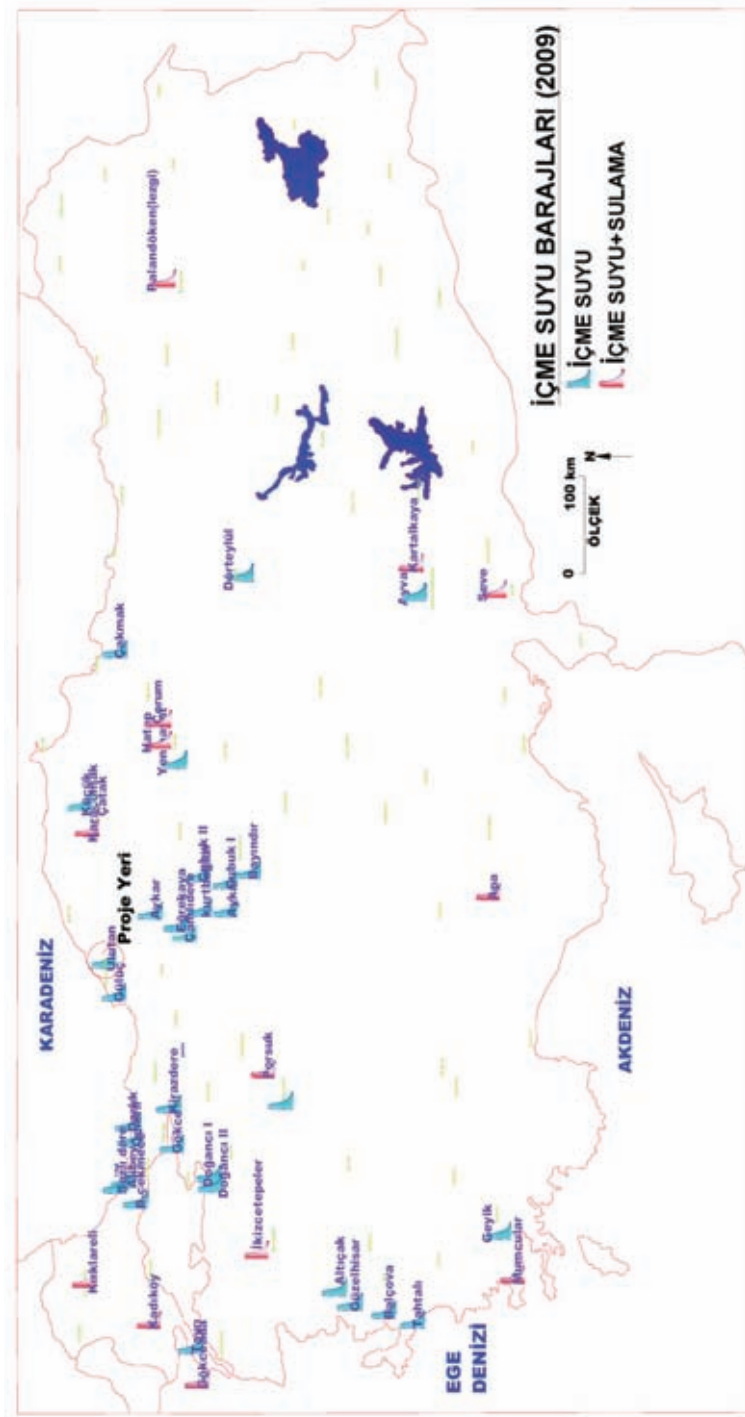
2. TÜRKİYE’NİN İÇME SUYU BARAJLARININ HİDROELEKTRİK POTANSİYELİ

Türkiye’de 2008 yılında 70,5 milyon nüfusa sahiptir ve nüfusun % 1 yıllık ortalama büyüme oranı ile 2030 yılında 91 milyon ulaşması beklenmektedir [3]. Bu kapsamda, ekonomik büyüme ve nüfus artışı daha fazla elektrik ve su talebi getirmektedir. 2007 yılında Türkiye’de gerçek su tüketimi, Türkiye’nin brüt su potansiyelinin %17’sine (40.1/234) karşılık gelen 40,1 milyar m³ ulaşmıştır. Şekil 1’de görüldüğü gibi, su tüketiminde en büyük payı %74’lük yüzdeyle sulama almaktadır. Ayrıca, 2007 yılında 6.2 milyar m³ olan içme suyu talebinin 2030 yılında 26 milyar m³ çıkması beklenmektedir [4]. ICOLD standartlarına (Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu) göre, bir baraj talvegden itibaren ölçülen yüksekliği 15 m’den büyükse, bu baraj büyük baraj sınıfına girmektedir. Bu sınıflandırmaya göre, Türkiye’de 2009 yılında işletmede olan toplam 45 içme suyu barajı vardır. İçme suyu barajların büyük çoğunluğu Ankara, İstanbul ve İzmir gibi büyük şehirlerde bulunmaktadır (Çizelge 1). Ankara’ya içme suyu temini için inşa edilen Çubuk I Barajı, Türkiye Cumhuriyet döneminde kurulan ilk barajdır [5].



Şekil 1. Türkiye’de 2007 ve 2030 yılları için su taleplerinin sektörlere göre dağılımı. Veri kaynağı: [4]

2009 yılı itibariyle işletmede olan barajların Türkiye’deki dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir. Bu barajların hepsinde küçük HES kurulum ve elektrik üretim potansiyeli vardır. 2009 yılında işletmede olan içme suyu barajların karakteristik özellikleri Çizelge 1’de illere göre gruplanarak özetlenmiştir [5]. Ayrıca içme suyu barajların hidroelektrik enerji potansiyeli hesaplanmıştır. Bunun için tesiste verilen yıllık su miktarı, yıldaki toplam saniye bölünerek tesisten geçen debi m^3/s olarak bulunmuştur ve enerji kaybı %10 olarak alınmıştır. Çizelge 1’de verilen düşüm yükseklikleri, baraj rezervuarının tam dolu olduğu duruma göre hesaplanmıştır. Kurulu güç hesabında, işletim şartları göz önünde bulundurularak bu düşüm yüksekliğinin yarısı alınmıştır. Böyle içme suyu arıtma tesislerinde tasarlanan küçük HES’lerin yaklaşık kurulum güçleri hesaplanmıştır (Çizelge 1).

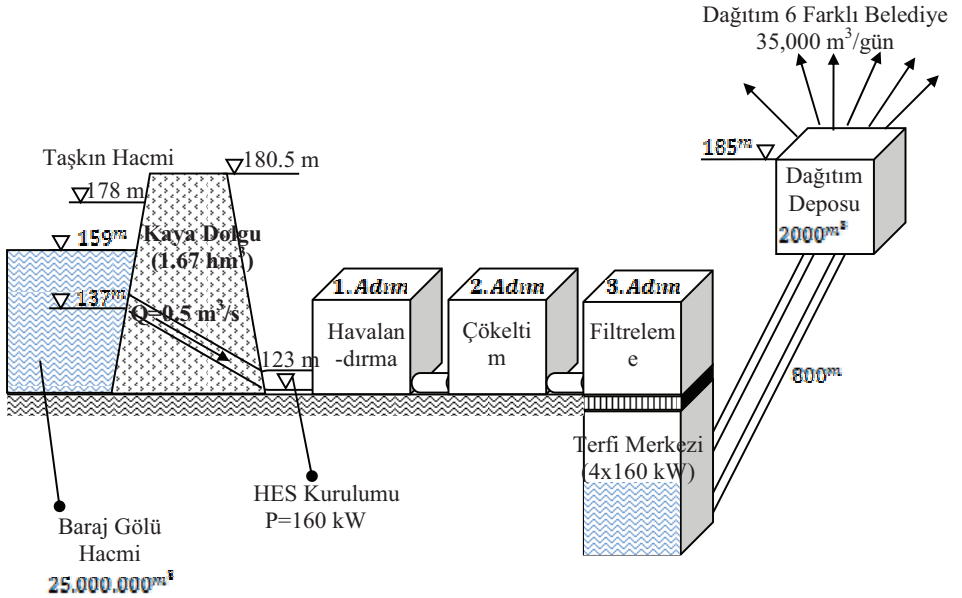


Çizelge 1. Türkiye’de 2009 yılı itibariyle işletmede olan içme suyu amaçlı barajların karakteristik özellikleri. Verilen kurulu güçler, yapılması önerilen Küçük HES’lerin yaklaşık kurulum güçleridir. Baraj karakteristikleri için veri kaynağı: [5]

No	Baraj Adı	Şehir	Tamamlanma Yılı	Rezervuar Hacmi (hm ³ /yıl)	Maksimum Düşü (m)	Debi (m ³ /s)	Kurulu Güç (kW)	Elektrik Üretimi (GWh/yıl)
1	Çubuk 1	Ankara	1936	3	23	0.11	13	0.098
2	Çubuk II	Ankara	1964	38	57	1.45	422	3.078
3	Bayındır	Ankara	1965	7	25	0.27	34	0.249
4	Kurtboğazi	Ankara	1965	67	50	2.55	652	4.760
5	Çamlıdere	Ankara	1985	150	95	5.71	2774	20.249
6	Eğrenkaya	Ankara	1992	90	65	3.42	1139	8.313
7	Aykar	Ankara	1999	60	69	2.28	806	5.883
8	Çaygören	Balıkesir	1971	1	46	0.04	9	0.065
9	İkizcetepeler	Balıkesir	1990	72	45	2.74	631	4.604
10	Doğancı	Bursa	1983	95	62	3.61	1147	8.370
11	Doğancı II	Bursa	2007	60	68	2.28	794	5.798
12	Gökçeada	Çanakkale	1983	1	29	0.04	6	0.041
13	Tayfur	Çanakkale	1985	2	29	0.08	11	0.082
14	Çorum	Çorum	1977	2	44	0.08	17	0.125
15	Yeni hayat	Çorum	1997	10	48	0.38	93	0.682
16	Hatap	Çorum	2008	5	63	0.19	61	0.448
17	Kadıköy	Edirne	1972	2	30	0.08	12	0.085
18	Palandöken	Erzurum	2001	34	39	1.29	258	1.884
19	Porsuk	Eskişehir	1972	206	46	7.84	1845	13.465
20	Yayladağ	Hatay	1998	1	40	0.04	8	0.057
21	Ömerli	İstanbul	1972	180	47	6.85	1647	12.022
22	Alibey	İstanbul	1983	39	26	1.48	197	1.441
23	B.çekmece	İstanbul	1987	102	7	3.88	139	1.015
24	Darlık II	İstanbul	1988	108	40	4.11	841	6.139
25	Sazlıdere	İstanbul	1996	50	18	1.90	175	1.279
26	Balçova	İzmir	1980	12	60	0.46	140	1.023
27	Güzelhisar	İzmir	1981	126	75	4.79	1840	13.428
28	Tahtalı	İzmir	1996	205	53	7.80	2115	15.439
29	Alaçatı	İzmir	1994	3	12	0.11	7	0.051
30	Kartalkaya	K.Maraş	1972	45	50	1.71	438	3.197
31	Ayvalı	K.Maraş	2008	19	71	0.72	263	1.917
32	Karaçomak	Kastamonu	1974	6	43	0.23	50	0.367
33	Küçük-çatak	Kastamonu	1992	1	33	0.04	6	0.047
34	Kırklareli	Kırklareli	1995	4	56	0.15	44	0.318
35	Seve	Kilis	2005	5.8	34	0.22	38	0.280
36	Kirazdere	Kocaeli	1999	142	99	5.40	2736	19.976
37	Altınapa	Konya	1967	38	21	1.45	155	1.134
38	Enne	Kütahya	1972	6	22	0.23	26	0.188
39	Geyik	Muğla	1988	38	34	1.45	251	1.836
40	Mumcular	Muğla	1989	10	30	0.38	58	0.426
41	Çakmak	Samsun	1988	126	40	4.79	981	7.162
42	Dört Eylül	Sivas	2003	33	55	1.26	353	2.579
43	Gökce	Yalova	1988	37	48	1.41	346	2.524
44	Gülüç II	Zonguldak	1966	6	13	0.23	15	0.111
45	Ulutan	Zonguldak	1986	24	56	0.53	153	1.114

3. ÖRNEK BİR UYGULAMA: ZONGULDAK ULUTAN BARAJI

Zonguldak Kozlu'da Ulutan Deresi üzerinde kurulu olan Ulutan Barajı, Zonguldak ve çevresindeki 6 belediyenin içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Barajın su toplama alanı 22.4 km^2 'dir ve Ulutan Deresi baraja yılda 20,64 milyon m^3 su taşımaktadır. Baraj İnşaatı'na 1979 yılında başlanmış ve 1986 yılında baraj işletmeye açılmıştır. DSİ tarafından Baraj ömrü 50 yıl olarak hesaplanmıştır [6]. Baraj 57,5 m yüksekliğinde, kret kotu 180.5 m, talveg kotu ise 123 m'dir. Kret genişliği 10 m ve uzunluğu 290 m'dir. 1.67 hm^3 hacminde kaya dolgu olarak inşa edilmiştir. Maksimum su seviyesi (taşkın kotu) 178 m'dir ve su alma yapısı ise 137 m'dir (Şekil 3). Barajın aktif hacmi 137-178 m arasında değişim göstermektedir. Barajın 24 milyon m^3 aktif, 0,91 milyon m^3 ölü hacmi vardır. Su alma yapısı gövde membasının sağ yamacında yer almaktadır. Su alma yapısı 2,6 m iç, 3,5 m dış çapa sahiptir. Su alma yapısı girişinde 1 adet yatay 4 adet düşey ızgara vardır. Giriş ağız kotu 137 m'dir. Sağ sahilde 3 m çapında 250 m uzunluğunda 0,01 eğimde beton tünel vardır. Tünel içindeki cebri boru 1 m çapında, 8 mm et kalınlığında çelikten yapılmıştır ve baraj gölünden arıtma tesisine su bu boruyla taşınmaktadır. Cebri boru girişinde (dolasavak radyal kapakları yanı) 1 adet kelebek vana ve cebri boru çıkışında bir adet sürgülü ayar vanası vardır. Zonguldak Ulutan Barajı'na ait karakteristik bilgiler Çizelge 2'de sunulmuştur. Arıtma tesisi 1993 yılının Mayıs ayında işletmeye alınmıştır. Zonguldak Merkez, Kilimli, Çatalağzı, Gelik, Muslu ve Kozlu belediyelerinin su ihtiyacını karşılamaktadır. Bu belediyelerin toplam nüfusu 179.000'dir ve bu belediyelere ayda toplam 1 milyon m^3 su verilmektedir. Baraj gölünden içme suyu arıtma tesisine 1700-2700 m^3 /saat arasında değişen aralıkta su verilmektedir. Tesis aylık olarak ortalama 4.500.000 kWh elektrik tüketmektedir.



Şekil 3. Zonguldak Ulutan Barajı ve İçme suyu arıtma tesisi şematik gösterimi ve kurulması önerilen küçük HES'in tesisteki konumu.

Çizelge 2. Zonguldak Ulutan Barajı'nın Karakteristik Özellikleri. Veri kaynağı: [6]

Koordinat	:	4-586,200N;399,850E (UTS)
Amacı	:	İçme suyu, 19 hm ³ /sene
Tipi	:	Kaya Dolgu
İşletmeye açılış	:	1986
İşletme sonu	:	2036
İşleten kuruluş	:	Zonguldak Belediyeler Birliği
Havza Alanı	:	22,4 km ²
Yıllık ortalama akım	:	20,64 hm ³ /sene
Taşkın debisi	:	111 m ³ /s
Göl Hacmi	:	24 hm ³
Göl Alanı	:	1,07 km ²
Ölü Hacim	:	0,91 hm ³
Tipi	:	Kaya Dolgu
İşletmeye açılış	:	1986
İşletme sonu	:	2036
İşleten kuruluş	:	Zonguldak Belediyeler Birliği
Gövde Hacmi	:	1,67 hm ³
Yüksekliği	:	57,5 m
Kret Kotu	:	180,5 m
Talveg Kotu	:	123 m
Kret Genişliği	:	10 m
Kret Uzunluğu	:	290 m
Su alma yapısı		
Konumu ve Tipi	:	Memba sağ sahil, 3,5 m çapında serbest
İletim	:	3 m çaplı tünel %1 eğimle, çelik boru
Su alma kotu (m)	:	137
Taşkın kotu (m)	:	178
Boru çapı (m)	:	1
Boru uzunluğu (m)	:	250
Vana	:	boru çıkışı kelebek

Tasarlanan küçük HES için ilgili parametreler şu şekilde hesaplanmıştır: suyun debisi 1700 m³/saat ($Q=0.5 \text{ m}^3/\text{s}$) ve 1986-2009 yıllarında ölçülen ortalama rezervuar yüksekliği $H_{ort}=160 \text{ m}$ (Şekil 4) tasarım düşüsü olarak alınmıştır. Küçük HES'in, havalandırma ünitesinden önce, boru iletim hattına paralel bir hat çekilerek inşa edilmesi tasarlanmıştır (Şekil 5). Yapılan hesaplamalarda 0.43 m hidrolik yük kaybının oluşacağı, buradan net düşüm yüksekliği $H_{net} = 160-0.43-123= 36.57 \text{ m}$ olarak bulunmuştur. Buradan küçük HES'in kurulu gücü:

$$P = \gamma \times h \times Q \times \eta = 9.8 \times 36.57 \times 0.5 \times 0.88 = \underline{160 \text{ kW}} \quad (1)$$

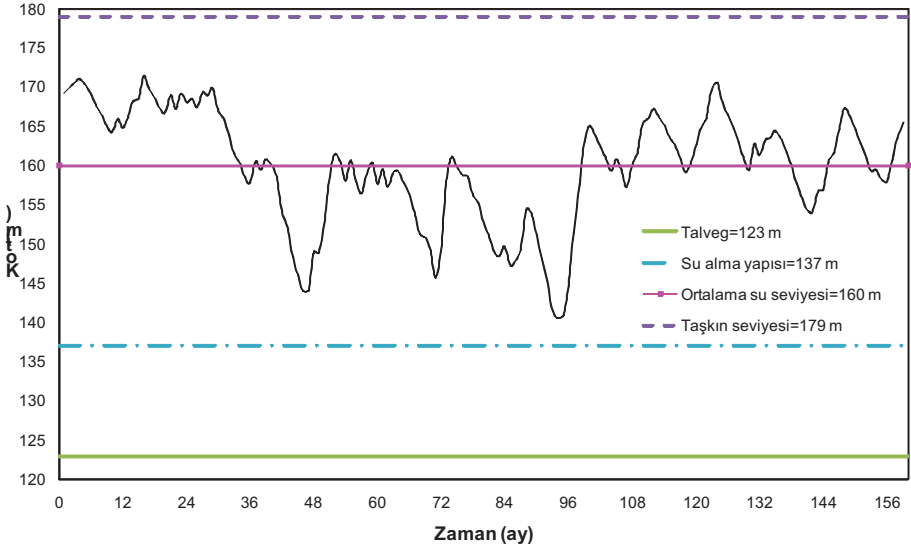
Tesisin bu kurulu güçte 7300 saat çalışacağı kabul edilecek olursa, tesisin yıllık üreteceği enerji:

$$E = 160 \times 7300 = \underline{1,168,000 \text{ kWh}} \quad (2)$$

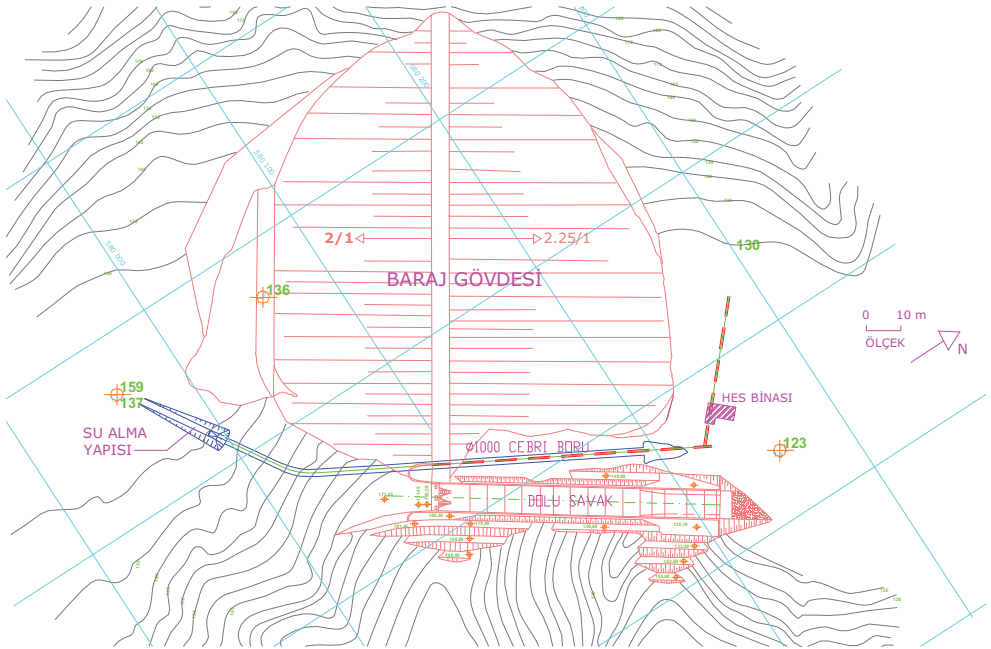
olarak hesaplanmıştır. 2011 Nisan ayı itibariyle Türkiye’de vergiler sonrası elektriğin birim fiyatı yaklaşık 14 c€/kwh’dır. Buradan tesisin yıllık ürettiği elektrik parasal olarak 163.520 EUR/sene’ye karşılık gelmektedir. Santral binasının inşaat maliyeti 50.000 Euro ve hidroelektrik aksamın anahtar teslim maliyeti 190.000 Euro alınarak tesisin toplam yatırım maliyeti 240.000 Euro olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Yatırım maliyetini karşılamak için %8 faiz oranıyla 20 yıl süreyle bankadan kredi çekildiği ve işletim ve bakım giderleri toplam yatırım maliyetinin %1’i alınarak [7] yıllık net gelir 136,640 Euro olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre, tesis 1.8 senede kendini amorti edecektir.

Çizelge 3. Ulutan HES ekonomik analiz

Tasarım debisi (m ³ /s)	0.50
Tasarım düşüşü (m)	37
Yük kaybı (m)	0.43
Hidroelektrik aksam verimlilik	0.88
Kurulu güç(kW)	160
Yıllık çalışma süresi (saat)	7300
Yıllık elektrik üretimi (kWh/saat)	1,168,000
Yatırım maliyeti (EUR)	240,000
Yıllık fayda(EUR)	163,520
Kredi Ödemesi (i=%8 ve N=20 yıl)	24,480
İşletim ve Bakım Giderleri (%1)	2,400
Yıllık Net Gelir (EUR)	136,640
Geri ödeme süresi (yıl)	1.8
Fayda/Maliyet oranı	6.1



Şekil 4. Ulutan Rezervuarı su seviyesin zamanla değişimi (1996-2009). Standart sapma=7.1 m



4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Türkiye'de 2009 yılı itibarıyla işletmede bulunan 45 adet içme suyu barajının 173 GWh/yıl elektrik enerjisi potansiyeline sahip olduğu ve bu potansiyelin yaklaşık 24.000.000 Euro/yıl ekonomik fayda sağlayacağı hesaplanmıştır. Önerilen çalışma Türk Hükümeti ve Avrupa Birliği'nin enerji politikaları ile uyumaktadır. Hidroelektrik santrallerin tasarım düşüşü olarak baraj rezervuarının ortalama su seviyesi alınmış ve tesisin tasarım debisi ise barajın yıllık temin ettiği su miktarından hesaplanmıştır. Örnek bir çalışma olması açısından, Zonguldak Ulutan Barajı ve su arıtma tesisi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ulutan İçme Suyu Arıtma Tesisi altı yerleşim bölgesine aylık ortalama 1 milyon m³ su sağlamakta ve tesisin yıllık elektrik tüketimi 4.500.000 kWh/yıl'a karşılık gelmektedir. Söz konusu su arıtma tesisi üzerine 160 kW kurulu gücünde bir hidroelektrik santrali kurulumu elektrik tüketimini % 24 oranda azaltacağı ve önerilen projenin 1,8 yıllık bir geri ödeme süresine sahip olduğu hesaplanmıştır. Bu tür projelerin hayata geçmesi ulusal enerji ve su kaynaklarımızı iyi bir şekilde değerlendirilmesi katkı sağlayacaktır. Zonguldak için önerilen bu proje, ileride diğer iller içinde uygulanabilir.

KAYNAKÇA

- [1] ESHA-European Small Hydropower Association, 2010, “Energy Recovery in Existing Infrastructures with Small Hydropower Plants: Multipurpose Schemes-Overview and Examples”.
- [2] Kucukali, S., 2010 “Municipal water supply dams as a source of small hydropower in Turkey” Renewable Energy, 35(9), 2001-2007.
- [3] OECD, 2009, OECD Factbook 2009.
- [4] Eroglu, V., 2007, Water resources management in Turkey, International Congress on River Basin Management.
- [5] DSI, 2005, Dams and hydroelectric power plants in Turkey.
- [6] DSI, 1989, Ulutan Barajı İşletme ve Bakım Talimatı.
- [7] Linsley, R.K., Franzini, J.B., Freyberg, D.L., 1992. Water Resources Engineering. McGraw-Hill Publications.

TÜRKİYE’NİN ELEKTRİK ENERJİSİ PAZARININ ALTYAPISI

Adem AKPINAR*, Rahim ŞİBİL*, Murat KANKAL**, Murat İhsan KÖMÜRCÜ**

* Gümüşhane Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 29100 Gümüşhane, Türkiye

** Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, Türkiye

ÖZET

Elektrik enerjisi tüketiminin gelişmişliğin önemli bir göstergesi olarak gösterildiği çağımızda ve dünyanın giderek artan elektrik enerjisi ihtiyacı göz önüne alındığında ülkemizin kalkınmasında enerji kaynaklarının güvenilir, temiz, verimli ve kaliteli olarak değerlendirilmesi hayati bir önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye’nin elektrik güç sektörünün tarihsel gelişimi incelenerek, bu pazardaki geleceğe yönelik altyapı planlamaları irdelenmiştir. Ayrıca, son dönemlerdeki yeniden yapılanma süreci ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiştir. Öncelikle, bu yeniden yapılanma sürecine kadar ki dönemde Türkiye’nin elektrik sektörünün içinde bulunduğu durum tarihsel gelişimine göre detaylı irdelenmiş, daha sonrasında 2001 yılında yürürlüğe giren 4628 sayılı elektrik piyasası kanunu ve akabinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin kanun ve bu dönemdeki elektrik piyasasının yapısı, bu piyasadaki prosedür ve prensiplere değinilerek gerçekleştirilen gelişmeler araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Piyasası Kanunu, Yeniden yapılanma, Elektrik piyasası altyapısı

1. GİRİŞ

Enerji sektörünün alt sektörü olan elektrik enerjisinin zenginlik birikiminde kilit bir rol oynadığı ve aynı zamanda ekonomik kalkınmada önemli bir bileşen olduğu düşünülmektedir. 1980’lerden bu yana, dünyanın elektrik sanayisi Şili, İngiltere, Galler ve Norveç öncülüğünde bir dizi liberalleştirmeler (devlet kontrollerinin tedricen kaldırılması) yaşamıştır [1]. Birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, Türkiye de Şubat 2001 tarihli 4628 sayılı Elektrik piyasası kanununu geçirerek elektrik sektöründe bir reform hareketi hayata geçirmiştir. 1980’lerin ortalarına kadar, Türkiye’de elektriğin üretimi, iletimi ve dağıtımı Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) tarafından kamu mülkiyetinde tekel olarak gerçekleştirilmiştir. 1980’lerin ortalarından itibaren, Hükümetler Türkiye’nin elektrik sektöründe özelleştirme ve liberalleştirme uygulamalarına başlamıştır. Ancak, sektörde radikal değişim 2001 yılında uygulanan kanunla gerçekleştirilmiştir. Bu kanun,

rekabetçi bir elektrik piyasası kurmayı hedeflemiştir. Bu kanunun ana bileşenleri elektrik enerjisinin üretim, iletim ve dağıtımının ayrılması, üretimde ve perakende satışta rekabetçi ortam oluşturulması, bağımsız bir düzenleyici otoritenin kurulması ve kamu üretim ve dağıtım birimlerinin özelleştirilmesidir [2].

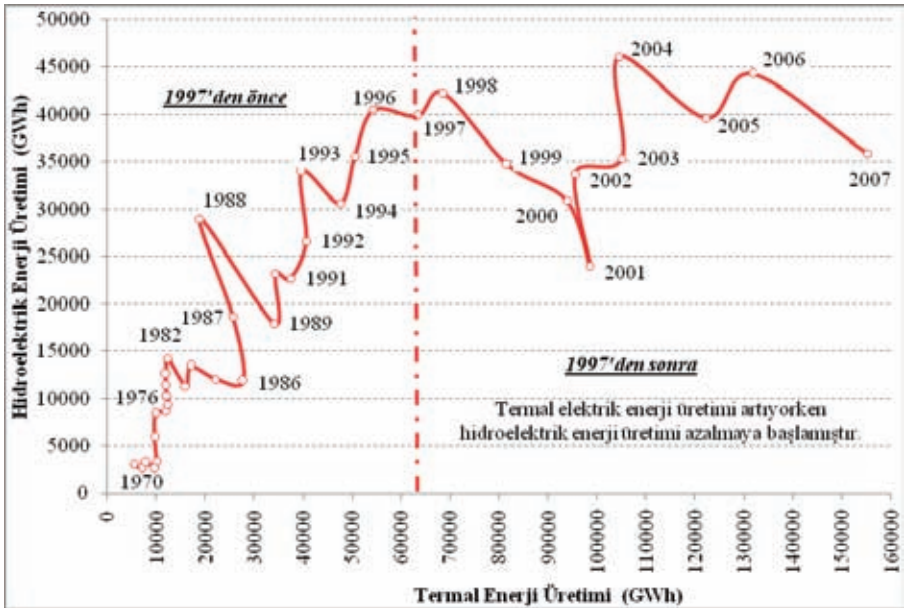
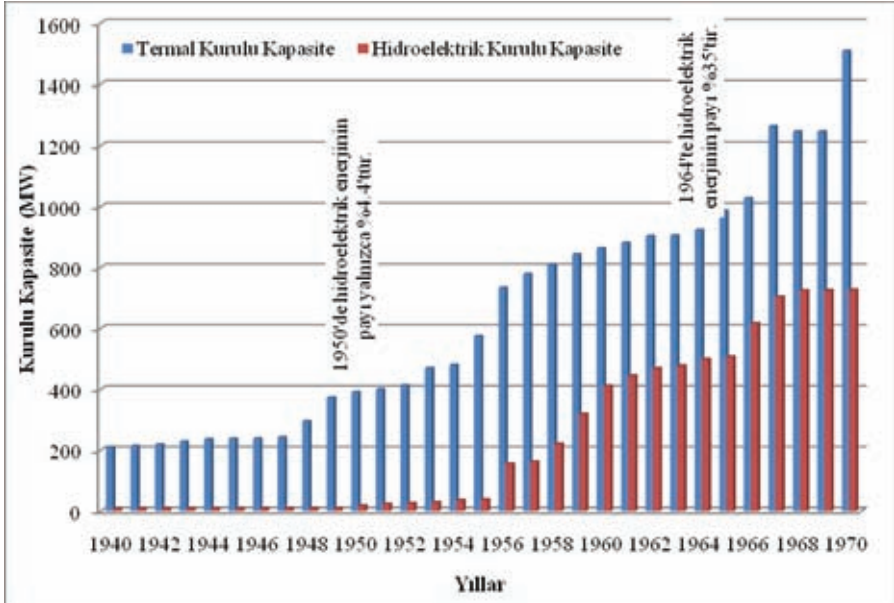
2. TÜRKİYE’NİN ELEKTRİK PİYASASININ ALTYAPISI

2.1. Reformdan Önceki Elektrik Sektörü

Türkiye’ de elektrik sektörünün tarihi 1902 yılına, Tarsus'ta bir su değirmenine bağlanmış 2 kW’ lık bir hidroelektrik sisteme dayanmaktadır [3]. 1930’lar kamu mülkiyetinin faydalı etkilerini bütün dünyada elektrik endüstrisindeki yeniden yapılandırmalar üzerinde göstermiştir. Türkiye’ye gelince, hükümet 1933 yılında enerji üretimi için termal ve su kaynaklarının araştırılmasını öneren 5 yıllık bir kalkınma planı uygulamıştır. Bunu, belediyelerin enerji santralleri kurma ve işletmesine izin veren yasal kanunlar izlemiştir [3-5]. 1950 yılında toplam kurulu kapasite 407.8 MW’a ulaştığında bu kapasite içerisinde hidroelektrik santrallerin payı (toplam 18 MW) sadece % 4.4 kadar gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, 1954 yılında Devlet Su İşleri’nin kurulmasından sonra su kapasitesi 10 yıl içinde toplam enerji üretiminin % 44’ üne karşılık gelen 412 MW’ a (toplam kurulu kapasitenin % 35’ i) ulaşmıştır (Şekil 1) [6].

Hükümet global politikalardan daha çok ulusal kalkınma planları dönemlerini başlatmıştır. Aralık 1963’te Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) kurulmuş ve Türkiye’de enerji politikasının hazırlanmasından sorumlu tutulmuştur. 1970’lerde ilgili hizmetin yaygınlaşmasının gerekliliğinin yanında elektriğin artan üretim, dağıtım ve tüketimi kurumsal bir yapının oluşturulmasını zorunlu kılmış ve bundan dolayı Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuştur. Böylece, enerji sektöründe bütünlük iller bankası ve belediyeler hariç olmak üzere sağlanmıştır [4, 7]. 1970’lerin sonunda elektrik üretimi 23275.4 GWh civarına ulaşmış ve neredeyse nüfusun %80’ i elektriğe kavuşturulmuştur. Türkiye’ de elektrik üretimindeki değişimler ani ve tahmin edilemez değişimler göstermektedir. 1973 yılından 1982 yılına kadar, termal enerji üretimi hemen hemen sabit olmasına karşın hidroelektrik üretim sürekli olarak bir artış eğilimi göstermiştir (Şekil 2). Bunun nedeni ilk petrol krizi olabilir. Türkiye, 1973 yılındaki petrol fiyatları artışından ciddi şekilde etkilenmiş ve birinci petrol krizini takip eden yıllarda, yüksek işsizlik oranı ile birlikte, 1973 ve 1979 yılları arasındaki dış ticaret bilançosu açığındaki yaklaşık 5 kat artış, büyük dış borç ve 1980 yılında %100’ ü aşan yıllık enflasyon oranları ekonomik koşulları bozmuştur. Bu durum Türkiye’ yi yerli ve yenilenebilir hidroelektrik enerji kaynaklarını kullanmaya yöneltmiştir. 1982 yılından sonra, Türkiye petrol krizinin etkisinden kurtulmuş ve termal enerjiyi kullanmaya başlamıştır [3]. Burada belirtilen olumsuzluklara rağmen 1980 yılında, enerji üretimi 23275.4 GWh rakamına erişmişken Türkiye’nin kurulu gücü 5118,7 MW’ a ulaşmıştır [4, 7, 8].

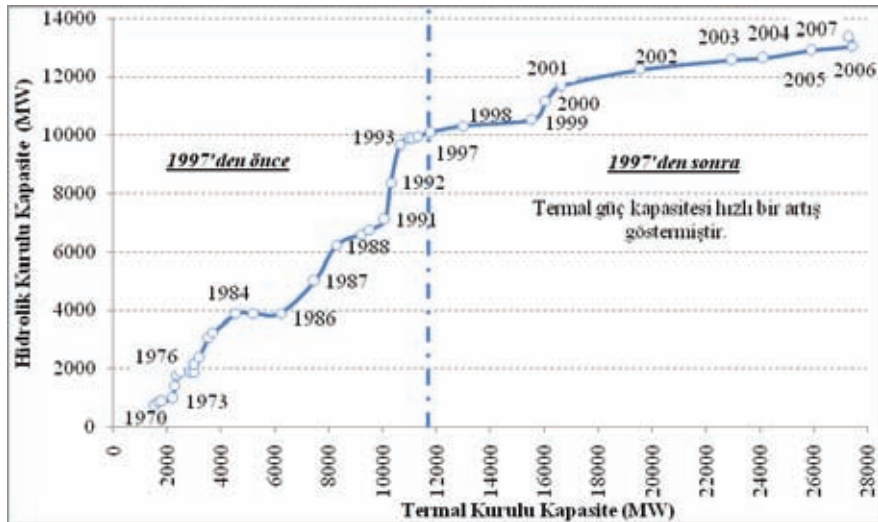
1980’lerde, bir kez daha ekonomideki liberalleşme ülkeyi etkilemiş ve özel sektöre teşvikler verilmiştir. 1982 yılında belediyelere ve derneklere ait bütün elektrik tesisleri ve iletişim hatları TEK’e transfer edilmiştir. O tarihten beri, köyler dahil bütün enerji satışı TEK tarafından yapılmıştır [4]. 1984 yılında 3096 sayılı kanunla TEK’in tekeli kaldırılmış ve böylece elektriğin üretim, iletim ve dağıtımında tüzel kişilerin rol almasına imkan tanınmıştır [8]. Aynı yıl, TEK, kuruluş ve yapısı ve yasal durumunun yeniden organize edilmesiyle devlete ait kurumsal bir kimlik kazanmıştır. Türkiye, 1987 yılından sonra doğal gaz ithal etmeye başlamış ve bunun çoğunu elektrik için kullanmıştır [9].



1986-1993 döneminde, hidroelektrik tesislerin inşası durmadan artmıştır [3]. TEK, 13 Ağustos 1993 tarihli 513 nolu kanun kararı ile özelleştirme kapsamında anonim şirket haline getirilmiştir [4]. Bu düzenlemenin devamı olarak TEK, bakanlar kurulu kararı ile Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Anonim Şirketi (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) isimli iki ayrı kamu iktisadi kuruluşuna ayrılmıştır (Tablo 1) [10]. 1993 yılından 1997 yılına kadar hidroelektrik santral kurulumunda gözle görülür bir değişim olmamıştır. Buna karşın 1997 yılından itibaren termal enerji tesislerinin kuruluşu doğal gaz enerji tesislerinin kuruluşuna bağlı olarak hızlı bir artış göstermiştir (Şekil 3 ve Tablo 2). Böylece, termal elektrik üretimi artarken hidroelektrik enerji üretimi azalmaya başlamıştır (Şekil 2, Tablo 2) [3].

Tablo 1. 1902 yılından 2001 yılına kadar Türkiye'nin elektrik piyasasının tarihsel gelişimi

Yıllar	Kurulu kapasite (MW)	Üretim kapasitesi (GWh/yıl)	Notlar
1902			Türkiye'de elektrik sanayisinin başlangıcı
1923	29.7	45.0	Türkiye Cumhuriyeti kurulmuştur.
1920'lerin sonunda	74.8	106.3	
1933			Türkiye Hükümeti 5 yıllık kalkınma planını uygulamıştır.
1954			Devlet Su İşleri kurulmuştur.
1950'lerin sonunda	407.8	789.5	
1963			Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı kurulmuştur.
1970	2234.9	8600	
1970			Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuştur.
1980	5118.7	23275.4	
1984			TEK'in sektördeki tekelliği 3096 sayılı yasa ile kaldırılmıştır.
1993-1994			TEK iki ayrı devlet teşebbüsüne (TEAŞ ve TEDAŞ) bölünmüştür.



Şekil 3. Türkiye'nin hidrolik ve termal güç kapasitesinin 1970 yılından 2007 yılına kadar ki değişimi [11]

Tablo 2. Türkiye'de elektrik enerjisinin kurulu kapasitesi ve üretiminin yıllık gelişimi [11]

	Yıllık Üretim (GWh)										
	Yıllar	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007
Taşkömürü ve ithal kömür		1382.3	1427.4	911.7	710.3	620.8	2232.1	3819.0	13246.2	14216.6	15136.2
Linyit		1442.2	2685.9	5048.6	14317.5	19560.5	25814.8	34367.3	29946.3	32432.9	38294.7
Fuel oil		2336.5	4700.0	5222.8	7028.6	3920.9	5498.2	7459.1	5120.7	4232.4	6469.6
Motorin		263.5	685.9	608.4	53.4	20.8	273.8	980.6	2.5	57.7	13.3
LPG								324.0	33.7	0.1	0.0
Nafta								547.1	325.6	50.2	43.9
Doğal gaz					58.2	10192.3	16579.3	46216.9	73444.9	80691.2	95024.8
Yenilenebilir ve atık		165.7	220.0	135.7			222.3	220.2	122.4	154.0	213.7
Çok yakıtlı											
Toplam Termal		5590.2	9719.2	11927.2	22168.0	34315.3	50620.5	93934.2	122242.3	131835.1	155196.2
Hidroelektrik		3032.8	5903.6	11348.2	12044.9	23147.6	35540.9	30878.5	39560.5	44244.2	35850.8
Jeotermal ve rüzgar					6.0	80.1	86.0	108.9	153.4	220.5	511.1
Genel Toplam		8623.0	15622.8	23275.4	34218.9	57543.0	86247.4	124921.6	161956.2	176299.8	191558.1
Kurulu Kapasite (MW)											
	Yıllar										
	Yıllar	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007
Taşkömürü ve ithal kömür		350.3	350.3	323.3	219.9	331.6	326.4	480.0	1986.0	1986.0	1986.0
Linyit		290.9	593.1	1047.0	2864.3	4874.1	6047.9	6508.9	7130.8	8210.8	8211.4
Fuel oil		645.9	874.9	885.3	1100.5	1202.2	1148.9	1260.8	2253.3	2123.2	1772.4
Motorin		191.5	469.4	535.8	627.3	545.6	204.2	229.5	215.9	251.9	206.4
LPG								23.7	0.0	0.0	0.0
Nafta								71.6	36.5	21.4	21.4
Doğal gaz					100.0	2210.0	2883.9	4904.5	10976.2	11462.2	11647.4
Yenilenebilir ve atık							13.8	23.8	35.3	41.3	42.7
Çok yakıtlı		25.7	106.9	184.1	317.3	372.3	448.9	2549.7	3268.3	3323.4	3384.0
Toplam Termal		1509.5	2407.0	2987.9	5229.3	9535.8	11074.0	16052.5	25902.3	27420.2	27271.6
Hidroelektrik		725.4	1779.6	2130.8	3874.8	6764.3	9862.8	11175.2	12906.1	13062.7	13394.9
Jeotermal ve rüzgar					17.5	17.5	17.5	36.4	35.1	81.9	169.2
Genel Toplam		2234.9	4186.6	5118.7	9121.6	16317.6	20954.3	27264.1	38843.5	40564.8	40835.7

2.2. Elektrik Piyasası Kanunu ile Elektrik Sektörünün Yeniden Yapılandırılması

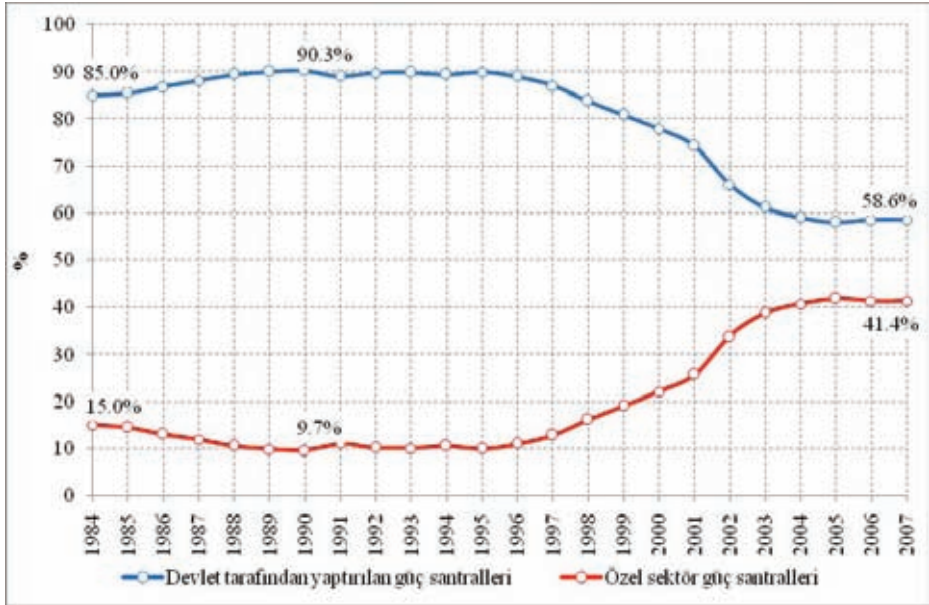
19 Kasım 2001 tarihinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'nın kurulmasıyla birlikte Türkiye'de elektrik sektöründe yeniden yapılanma süreci başlamıştır [8, 12]. Şubat 2001'de, Türkiye ülkedeki güç üretimi ve dağıtımı hususunda serbest piyasa düzenine imkan tanıyan ve uzun zamandan beri beklenen Elektrik Piyasası Kanunu'nu yasalaştırmıştır [13, 14]. Enerji sektörünün yeniden yapılanmasına ilişkin 3 Mart 2001 tarihinde resmi gazetede yayınlanan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanununa göre; bağımsız bir düzenleyici ve denetleyici sistemin sürdürülebilmesinin yanı sıra yeterli, yüksek kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevre dostu elektriğin tüketicilere arzı için mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf rekabet ve özel hukuk hükümleri altında elektrik piyasasının kurulumu hedeflenmektedir. Bu kanun, ithalat ve ihracat da dahil olmak üzere elektriğin üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan, perakende ve ilgili hizmetlerini kapsamaktadır. Aynı zamanda, kanun bu hizmetlerle bağlantılı olan bütün gerçek ve tüzel kişilerin hakları ve sorumluluklarını ve Elektrik Piyasasını düzenleyici bir kuruluşun kurulması ve elektrik üretim ve dağıtım varlıklarının özelleştirilmesi için takip edilecek prosedürlerin yanı sıra onun yürürlükteki prosedürlerini ve ilkelerini de kapsamaktadır. 2 Mart 2001 tarihinde resmi gazetede yayınlanan 5 Şubat 2001 tarihli Bakanlar Kurulunun 2001/2026 No'lu kararı ile Türkiye Elektrik Anonim Şirketi (TEAŞ)'ın Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ), Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi olarak isimlendirilen üç devlet kamu kuruluşunu oluşturmak için yeniden yapılandırılmasına karar verilmiştir [3, 4]. 2002 yılında, EPDK enerji piyasası lisanslama yönetmeliği ve elektrik piyasası tarifeler yönetmeliğinin taslaklarını yayınlamış ve bu düzenlemeler 2002 yılı Ağustos ayında yürürlüğe girmiştir [8]. Bu düzenlemelerden sonra, inceleme süreci boyunca alt sektörlerde yeni yasalar yürürlüğe girmiştir (Tablo 3) [15].

Türkiye'nin elektrik sektörü Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulmasıyla 1923 yılında 32.8 MW değerinden 2007 yılında 40.84 GW değerine hızlı bir şekilde artmıştır [4, 8, 11, 16]. Özel şirketler hükümet programlarının yanında Türkiye'de elektrik üretiminde yer alabilmek için bir hamle yapmıştır. Özelleştirme kavramının 3096 sayılı kanunla 1984 yılında gündeme gelmiş olmasına karşın, ÇEAŞ ve KEPEZ gibi ayrıcalıklı şirketler daha öncesinde Türkiye'nin elektrik sisteminde kendilerine yer bulma konusunda faaliyete geçmiştirler.

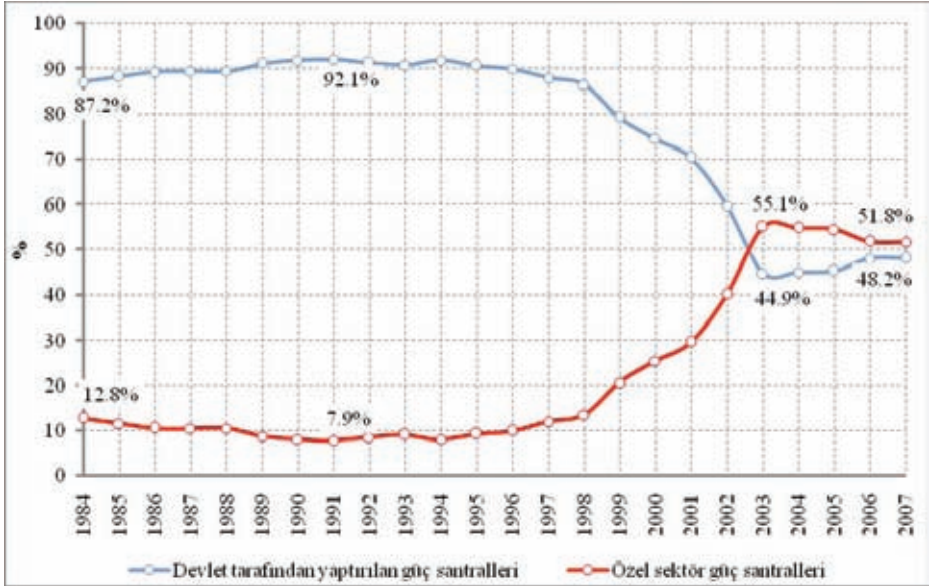
Tablo 3. Türkiye elektrik piyasası reformuna ilişkin mevzuat ve yönetmelikler

Yıl	Kanun ve/veya Yönetmelik ismi	Kanun Numarası / Yönetmelik veya Resmi gazete	Yasalaşma veya Kabul tarihi
2001	Elektrik Piyasası Kanunu	4628	03/03/01
2001	Doğal gaz piyasası kanunu	4646	02/05/01
2002	Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği	24836	04/08/02
2002	Elektrik piyasası tarifeler yönetmeliği	24843	11/08/02
2003	Petrol piyasası kanunu	5015	20/12/03
2005	Sıvılaştırılmış petrol gazları piyasası kanunu	5307	02/03/05
2005	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin kanunu	5346	18/05/05
2007	Enerji verimliliği kanunu	5627	02/05/07
2007	Jeotermal kaynaklar ve doğal mineralli sular kanunu	5686	13/06/07

Toplam kurulu kapasite bakımından devlet tarafından kurulmuş güç santrallerin payı 1984'ten 2007'e kadar ki süreç boyunca %85'ten %58,6'ya gerilemiş ve aynı periyotta benzer şekilde, devlete ait elektrik üretiminin payı da %87,2'den %48,2'ye düşmüştür. Bu azalışa paralel olarak, kurulu kapasite ve elektrik üretiminin toplam miktarının her ikisi açısından özel şirketlerin payları artmıştır. Sektörde, devletin payı sürekli olarak azalırken, özel sektörün payı artmaktadır. Şekil 4 ve 5, sırasıyla elektriğin toplam üretimi ve toplam kurulu kapasitesi açısından devlet ve özel sektörün paylarının gelişimini göstermektedir. Bu şekillerden de görülebileceği gibi, toplam elektrik üretiminde özel sektörün payı toplam kurulu kapasitedeki payından daha fazla artmış ve özellikle 2007 yılında en yüksek seviyeye ulaşmıştır [17, 18].



Şekil 4. Toplam kurulu kapasite açısından devlet ve özel sektör paylarının gelişimi [17]



Şekil 5. Toplam elektrik enerjisi üretiminde devlet ve özel sektör paylarının gelişimi [17]

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye'nin elektrik enerjisi pazarının altyapısının geçmişten günümüze kadar nasıl bir şekilde gelişim gösterdiği incelenmiştir. Sonuç olarak, Dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de de enerji piyasasının liberalleşmesi ve rekabetin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi için yeniden yapılanma sürecine girildiği görülmüş ve yeni çıkarılan ve planlamaları devam eden yönetmelik ve kanun tasarıları ile, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması ile ülke genelindeki enerji talebinin güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde karşılanmasına, enerjide dışa bağımlılığı azaltmaya, arz güvenliğini güçlendirmeye yönelik kaynak çeşitliliğini artırmaya, temiz çevre gereksinimlerini yerine getirmeye, yeni enerji kaynaklarının pazara girmelerine imkan tanımaya ve öncelikle kullanımını sağlamaya, imalat sektöründeki üretim ve istihdamı geliştirmeye, tarım ve madencilik sektöründeki potansiyelin enerji pazarında harekete geçirilmesine yönelik planlamaların hızlı bir şekilde yapıldığı ve yapılmaya devam ettiği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] L. Du, J. Mao, J. Shi, 2009, “Assessing the impact of regulatory reforms on China’s electricity generation industry”; *Energy Policy* 37: 712-720.
- [2] Ö. Özkıvrak, 2005, “Electricity restructuring in Turkey”, *Energy Policy*; 33: 1339-1350.
- [3] HK. Ozturk, A. Yilanci, O. Atalay, 2007, “Past, present and future status of electricity in Turkey and the share of energy sources”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 11: 183-209.
- [4] A. Hepbasli, 2005, “Development and restructuring of Turkey’s electricity sector: a review”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*; 9: 311-343.
- [5] International Energy Agency (IEA). “Energy policies of IEA countries: Turkey 2001 review”, Paris, France, <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/turkey2001.pdf>; 2001.
- [6] H. Özgöbek, “Water for energy: country report. Hydropower information: country report, Turkey”, <http://www.hydropower.org/downloads/Country%20Reports/Turkey.pdf>; 2002.
- [7] A. Hepbasli, N. Ozalp, 2003, “Development of energy efficiency and management implementation in the Turkish industrial sector”, *Energy Conversion and Management*; 44: 231-249.
- [8] B. Alboyaci, B. Dursun, 2008, “Electricity restructuring in Turkey and the share of wind energy production”, *Renewable Energy*; 33: 2499-2505.
- [9] HK. Ozturk, A. Hepbasli, 2004, “Natural gas implementation in Turkey: part 1. Turkey’s natural gas demand and supplies”, *Energy Sources*; 26: 277-286.
- [10] O. Kincay, R. Ozturk, 2003, “Thermal power plants in Turkey”, *Energy Sources*; 25: 135-151.
- [11] Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ), 2009, “Türkiye’nin elektrik üretim – iletim istatistiği”, Ankara, Türkiye;.
- [12] World Trade Organization (WTO), “Turkey: trade policy review” WT/TPR/S/125, Geneva, Switzerland, http://www.wto.org/english/tratop_e/tpr_e/tp225_e.htm; 2003.
- [13] Energy Information Administration (EIA), “Turkey country analysis brief. The United States”, <http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/turkey.html>; 2003.
- [14] Energy Information Administration (EIA), “Turkey country analysis brief. The United States”, <http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/turkey.html>; 2004.
- [15] World Trade Organization (WTO), “Turkey: trade policy review. WT/TPR/S/125, Geneva, Switzerland”, http://www.wto.org/english/tratop_e/tpr_e/tp292_e.htm; 2007.
- [16] A. Hepbasli, Ö. Özgener 2004, “Turkey’s renewable energy sources: part 1. Historical development”, *Energy Sources*; 26: 961-969.
- [17] Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) Araştırma, Planlama ve Koordinasyon Bölümü, 2008 “Türkiye’nin elektrik enerjisinin 10 yıllık üretim kapasite tahmini (2008-2017)”, Ankara, Türkiye.
- [18] E. Uzlu, A. Akpınar, Mİ. Kömürcü, 2011, “Restructuring of Turkey’s electricity market and the share of hydropower energy: The case of the Eastern Black Sea Basin”, *Renewable Energy*; 36: 676-688.

BÖLÜM 4

İÇME SUYU

İÇMESUYU MEKÂNSAL KARAR DESTEK SİSTEMİ

Önder EKİNCİ*, Türker AKBULUT** ve Orhan KURT***

* Kocaeli Üniversitesi, AKMYO, İnşaat Bölümü, Kocaeli - oekinci@kocaeli.edu.tr

**SoftEB Yazılım, Ankara - turkerakbulut@gmail.com

*** Kocaeli Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli - orhnkrt@yahoo.com

ÖZET

Güzergah seçimi gibi mekânsal bilgilere dayanan kararların alınmasında, optimizasyon modellerinin tek başına yeterli olamayacağı, bu konuda araştırma yapanlarca kabul edilen bir gerçektir. Dolayısıyla, optimizasyon ve simülasyon gibi modelleri içeren karar destek sistemlerinin etkin bir veri yönetimi ve analizi gereği olan bir bilgi sistemi ile ilişkilendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, ArcGIS Desktop üzerinde ArcGIS Desktop SDK(ArcObjects) ile geliştirilen uygulama yazılımıyla, C++ ortamında geliştirilmiş Hardy Cross şebeke çözücülü optimizasyon yöntemini uygulayan bir içmesuyu mekânsal karar destek sistemi modeli önerilmiştir. Böylelikle, içmesuyu şebekelerinin veritabanının ve topolojisinin oluşturulması, mekânsal verilerin doğrulanıp, güncellenmesi, mekânsal veri analizi ve sonuçlarının çizelgeler ya da grafikler biçiminde sergilenmesiyle, kullanıcıların doğru, hızlı ve etkin kararlar alabilmesine olanak sağlayabilmek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İçmesuyu, karar destek sistemleri, CBS, ArcObjects.

1. GİRİŞ

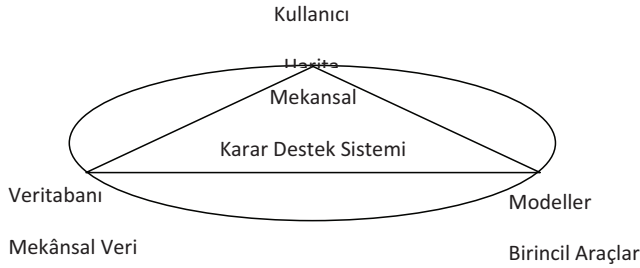
İçmesuyu, doğalgaz, atıksu, elektrik, telekomünikasyon ve ulaştırma gibi yerleşim ve planlamada doğal afetlerin bir sonucu olarak ortaya çıkan yıkım ya da hasarların anında belirlenmesi ve acil müdahalelerin zamanında yapılması gibi nedenlerle gerçek zamanlı olarak izlenmesi gereken yaşamsal altyapı sistemleridirler [1].

Bilgi sistemleri, gerçekler, olaylar ve bunlara ilişkin konulardaki bilgilerin toplanması, düzenlenmesi ve şekillendirilmesi aşamalarını kapsar. Bilgi yığınlarının oluşturulabilen kombinasyonlarından en doğrusunu seçmek, bilgi sisteminin amacıdır. Bilgi sistemleri; verilerin toplanması, işlenmesi, işlenen verilerin sunulması amacıyla kurulurlar. CBS;

arazi, mekânsal (uzay), çevre, ağ ve uzmanlık (özel) bilgi sistemlerini kapsayabilen evrensel bir özellik taşımaktadır [2].

Karar destek sistemleri; grafik sunumu ve problemin yorumu ile birlikte, tasarım aşamalarının çözümü geliştirmek için kullanıldığı su şebekelerinin uygulamasına yönelik modelleri içerir. Karar destek sistemlerinin oluşturulmasının gerekçesi, sistemin hidrolik çözüm aşamasında koşul ve kısıtların matematiksel olarak tasarım modeline dâhil edilip, uzman bilgisinin de aktarılabilceği bir sistem oluşturmaktır. Şebekelerin çözümünde karar sistemlerine gereksinim vardır. Bu karar destek sistemleri en uygunlaştırmak (optimizasyon) ve benzetim (simülasyon) modellerini içerip, her iki modelin de güçlü yönlerini kullanabilen, giriş ve çıkış değerlerini sergileyebilen, etkileşimli (interaktif) grafik tabanına sahip, şebekenin çözümünde sistemin güvenilirliğinin dahil edilip yorumlanabilmesini destekleyen sistemler olmalıdır [3].

Bir mekansal karar destek sistemi (MKS) iki temel bileşenden oluşmaktadır: Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Karar Destek Sistemi (KDS).



Şekil 1. Mekânsal karar destek sistemi bileşenleri [4]

İstatistiksel paket programlar, optimizasyon programları ve geliştirilmiş grafik programlar gibi alt programları içeren karar destek sistemlerinin bir bilgi sistemiyle ilişkilendirilmesiyle oluşturulan mekânsal karar destek sistemleri (Spatial Decision Support Systems, SDSS), doğal kaynakların yönetiminde çevresel analizler için kullanılan, yüksek etkileşimli sistemlerdir. Bilgi sistemi ise, şebeke tasarım ve optimizasyon modellerinin giriş verilerini oluşturan tüm mekânsal (spatial) bilgilerin oluşum ve gelişim fonksiyonlarını sağlayan sistemlerdir [5].

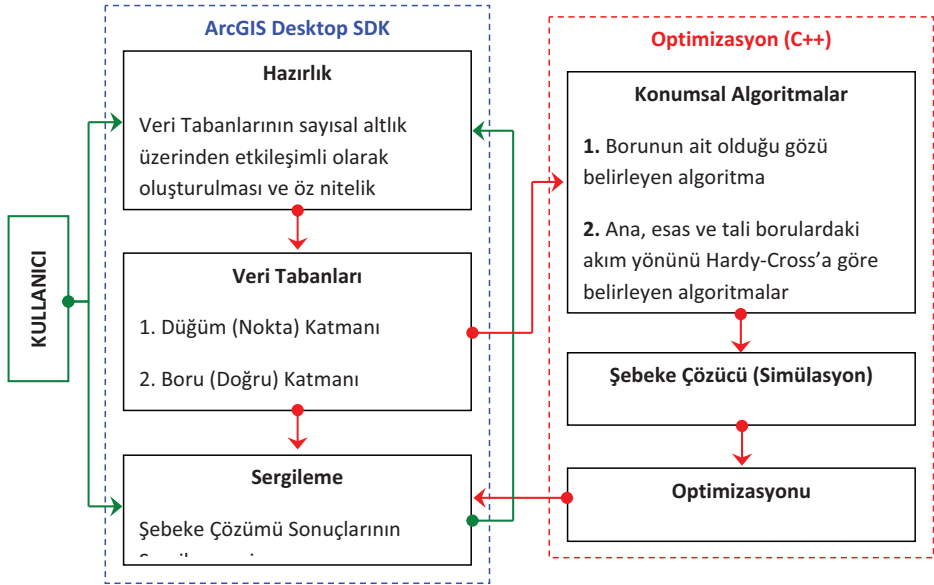
Karar sistemlerinin bir bilgi sistemiyle ilişkilendirilmesiyle oluşturulan mekânsal karar destek sistemleri; su dağıtım şebekesi topolojisinin oluşturulması, mekânsal verilerin doğrulanıp, değiştirilip güncelleştirilmesi, mekânsal veri analizi ve sonuçlarının çizelgeler ya da grafikler biçiminde sergilenmesini sağlar [6].

Su dağıtım şebekelerinde; depo yeri ve boru yerleşim güzergahlarının seçimi gibi, optimizasyon modellerinden elde edilemeyen, tasarımcıların deneyim ve görüşlerine dayanan, ancak sistemin güvenilirliğini, performansını ve en uygun (optimum) çözümü etkileyen kararların alınmasında, kullanıcılara katkı sağlayamamaları sorununu ortadan kaldırmak için, tek başına optimizasyon modellerinin yeterli olamayacağı bu konuda araştırma yapanlarca kabul edilen bir gerçektir. Dolayısıyla, su dağıtım şebekelerinin tasarımı amacıyla geliştirilen optimizasyon modellerinin, etkin bir veri yönetimi ve analizi gereği olan bir bilgi sistemi ile ilişkilendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır [7].

modülü; içmesuyu şebekesinin hidrolik kısıtlarını sağlayan en uygun maliyetli tasarımı ve alternatif çözümlerin bulunmasını sağlar. Bilgi sistemi; optimizasyondan sonra, mekânsal analiz ve grafik çıktılarının sergilenmesini, sonuçların değerlendirilmesini kolaylaştırır. İçmesuyu şebekelerinin yerleşimi, sokaklar, boru karakteristikleri, basınç gereksinimleri gibi mekânsal ve zamana bağlı parametrelere göre oluşturulan bir bilgi sistemi; şebeke hattının oluşturulması, hattaki değişimlerin izlenmesi ve sonuçların sergilenmesi aşamalarının daha etkin yapılmasını sağlayacaktır.

2. MEKÂNSAL KARAR DESTEK SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI

Su dağıtım şebekelerinin konumsal altlıklardan yararlanarak tasarımı kolay bir süreç olmayıp, birçok aşamasında uzman görüşüne ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmanın amacı uzman görüşünü ihtiyacı mümkün olduğunca azaltan bir karar sistemi oluşturmaktır. Bu karar destek sisteminin işletim şeması Şekil 3’de kısaca özetlenmiştir.



Şekil 3. Karar destek sisteminin işletim şeması.

Karar destek sisteminin işletim aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Hazırlık; bir sayısal altlık üzerinden tasarlanacak olan su dağıtım şebekesinin düğüm noktalarının konum bilgilerinin otomatik olarak belirlenmesi sırasında arayüzler yardımı ile deponun su yüzey kotu ve düğüm noktalarındaki öngörülen tüketim debilerinin girilmesi,
- Veri tabanları; düğüm (nokta) katmanının veri tabanının oluşturulması, öngörülen akış yönlerinin etkileşimli olarak belirlenirken boru (yönlü doğru yada hat) katmanının oluşturulması, gözlerin (alanların) etkileşimli olarak belirlenerek göz katmanının

- Konumsal algoritmalar; bir önceki aşamada oluşturulan veri tabanlarını kullanarak şebeke çözücü için gerekli olan girdilerin kullanıcıya ihtiyaç duymadan hazırlanması aşaması
- Şebeke çözücü; bir önceki aşamada belirlenen girdilerin kullanıcıya ihtiyaç duymadan Hardy-Cross şebeke çözücüne girilmesi,
- Optimizasyon; şebeke çözücü sonucunda elde edilen bilgilerin maliyet optimizasyonuna tabi tutulması,
- Sergileme; kullanıcının karar süreci olan bu aşamada; optimizasyon sonucunda elde edilen maliyetlerin ve boru çaplarının sergilenmesi.

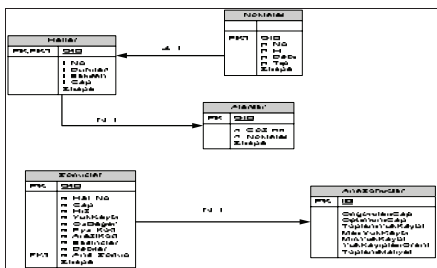
Kullanıcı, bu aşamalar sonucunda elde edilen sonuçları uygun bulmaz ise hazırlık aşamasına geri dönlür.

2.1 Hazırlık ve Veri Tabanlarının Oluşturulması

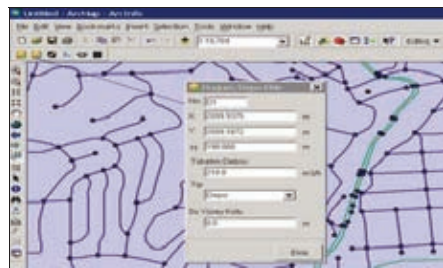
Hazırlık ve veri tabanlarının oluşturulması aşaması için geliştirilen uygulama yazılımı şuan için Windows işletim sistemleri üzerinde çalışmaktadır.

CBS Yazılım Modülü aşağıdaki 3 birimden oluşmaktadır.

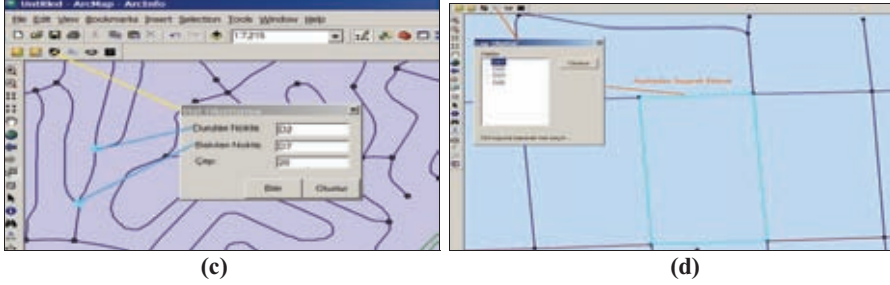
1. C++ da geliştirilen Hardy Cross yöntemini icra eden yazılım kütüphanesi
2. .NET Framework 3.5. SP1 de geliştirilen ve OGC Simple Feature Specifications a uygun Geometri kütüphanesi, yine OGC standartlarına uygun Koordinat Sistemleri kütüphanesi, Veri kütüphanesi gibi temel kategoride CBS ile ilgili kütüphaneler açık kaynaklı yapılan yazılımlarda kaynak kullanarak (kaynak olarak kullanılan kod dosyalarında belirtilmiştir) geliştirilmiştir. Buna ek olarak yine Açık kaynak kodlu Net Topology Suite 1.7.1 kütüphanesi kullanılmıştır.
3. 2. sırada tanımlanan temel kütüphaneye ile 1. sırada tanımlanan yazılım için girdi parametrelerini haberleştirecek yazılım kütüphanesi yada 2. kütüphanedeki eklentilerden (extensions) oluşmaktadır.



(a)



(b)



Şekil 4. (a) ArcGIS Desktop SDK’de nesne modeli. Kullanıcı tarafından etkileşimli olarak oluşturulan **(b)** düğüm (depo) (Tablo 1), **(c)** boru (doğru, hat) (Tablo 2) ve **(d)** göz (alan) (Tablo 3) veri tabanları arayüzleri.

Yukarıdaki yapının oluşturulma amacı

- Uygulamanın dışa bağımlı olmadan kendi başına çalışabilmesini ve bir CBS uygulama yazılımındaki temel fonksiyonlarını yerine getirebilmesini sağlamak,
- Kendi konusunda uzmanlaşmış ve .NET Framework ile eklenti yazılabilecek ticari yada ticari olmayan yazılımlara kolay entegre olabilmelerini sağlamak (ArcMap, NETCad, MapExtreme, AvisMAP gibi),

Eklenti olarak diğer yazılımların desteklediği veri tipleri ile uyumluluk, veriyi görüntüleme, analizler, sorgulamalar, raporlamalar gibi fonksiyonlar ile çalışma imkânı sağlanması amaçlanmıştır.

Dağıtım şebekelerinin planlanması için ArcGIS Desktop [9] üzerinde geliştirilen uygulama ArcGIS Desktop üzerinde eklenti olarak tasarlanmış ve bu eklentiye bağlı olarak uygulama araçları eklenmiştir. Önerilen modülde, hesaplama işlemleri C++ ortamında geliştirilen yazılımlar ile yapılmış, uygulamada gerekli bilgiler CBS modülleri kullanılarak oluşturulmuştur. Uygulamanın çalışacağı veritabanının nesne modeli Şekil 4a’da gösterilmiştir.

Şekil 4b’de gösterilen arayüz, düğüm ya da depo (nokta) katmanını temsil etmektedir (Tablo 1). Bu katmanda noktaların konum bilgileri, öznitelik bilgileri, depo su yüzey kotu ve noktalarda öngörülen tüketim debileri yer almaktadır.

Tablo 1. Nokta katmanı.

NN	Yukarı [m]	Sağa [m]	Kot [m]	Öz Nitelik	Depo Su Yüzeyi Kotu [m]	Tüketim Debiler [m ³ /h]
1	2099.9375	2099.1872	190.000	Depo	210.000	1120.0
2	2099.9375	1099.9875	150.000	Düğüm	0.000	100.0
3	2099.9000	100.0375	160.000	Düğüm	0.000	100.0
4	1099.9500	1099.9875	155.000	Düğüm	0.000	120.0
5	1099.9500	100.0000	150.000	Düğüm	0.000	270.0
6	100.0000	1099.9875	165.000	Düğüm	0.000	330.0
7	100.0000	100.0000	160.000	Düğüm	0.000	200.0

Şekil 4c’de gösterilen arayüz, boru (doğru) katmanını temsil etmektedir (Tablo 2). Boruların DN (Durulan Nokta) ve BN (Bakılan Nokta) simgelemesi borulardaki su akım yönüne göre oluşturulmuştur. Ayrıca, Tablo 2’de her borunun ön görülen çapları da yer almaktadır.

Tablo 2. Doğru katmanı.

SN	DN	BN	Öngörülen Boru Çapları [inç]
1	1	2	20
2	2	3	10
3	2	4	18
4	4	5	4
5	4	6	16
6	6	7	12
7	3	5	8
8	7	5	8

Şekil 4d’de gösterilen arayüz, göz (alan) katmanını temsil etmektedir (Tablo 3). Tablo 3 de, öngörülen su dağıtım şebekesinde oluşan bütün gözlerin, göz numarası, bu gözü oluşturan nokta sayısı ve düğüm noktalarının numaraları yer almaktadır.

Tablo 3. Alan katmanı.

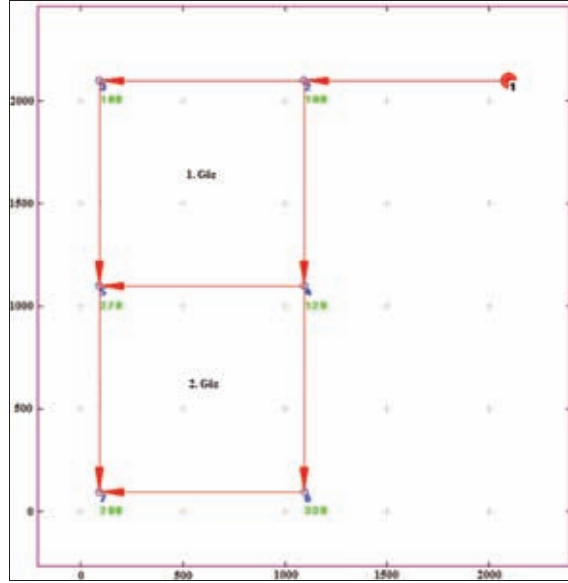
Göz No	Gözdeki Düğüm Noktası Sayısı (n_i)	Gözdeki Düğüm Noktaları
1	4	2, 4, 5, 3
2	4	4, 6, 7, 5

Boru çaplarına göre maliyetlerin veri tabanı, Tablo 4 verilen biçimde oluşturulur. Tablo 4 de verilen birim maliyetler örnek olarak verilmiştir. Piyasadaki boru cinsi ve çaplarına göre birim maliyetler benzer şekilde kullanılabilir.

Tablo 4. Maliyet katmanı.

Boru Çapları	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Maliyet [Birim Fiyat]	2	5	8	11	16	23	32	50	60	90	130	170	300	550

Tablolar ile ilgili ayrıntılı bilgi için [10] yararlanılabilir. Yukarıda, tablolar ile temsil edilen bütün veri tabanları Şekil-4 deki ara yüzler ile etkileşimli olarak oluşturulur [11]. Kullanıcının en etkin olduğu aşama, bu aşamadır.



Şekil 5. Alperovits ve Shamir'in (1977) de varsayıdıkları test şebekesi (Düğüm (depo) (Tablo 1), boru (doğru, hat) (Tablo 2) ve göz (alan) (Tablo 3).

Yukarıdaki Tablo-1,2 ve 3'deki değerler Alperovits ve Shamir'in (1977) de varsayıdıkları test şebekesinden [12], yararlanılarak örnek olarak sunulmuştur (Şekil-5).

2.2 Konumsal Algoritmalar

Yukarıda kısaca özetlenen veri tabanlarından (Tablo 1,2,3) yararlanılarak, Hardy Cross yöntemine göre veri girişi aşağıda kısaca özetlenen algoritmalar ile sağlanmaktadır.

Borunun Ait Olduğu Kapalı Gözü Belirleyen Algoritma. Borunun hangi göze ait olduğu Tablo 2 ve Tablo 3 kullanılarak yapılır. Tablo 2'deki her bir doğru (boru) okunur ve Tablo 3'deki alan (göz) noktaları ile aşağıdaki algoritma ile irdelenerek ait olduğu gözler belirlenir. Bir doğru sadece iki kapalı alanın kenarı olabilir. Öyleyse, aynı durum borular için de geçerlidir. Algoritma bu mantık üzerine kurulmuş her bir doğrunun ait olduğu gözler belirlenmiştir. Bu algoritma sonucu, her bir doğrunun (borunun) şebekedeki yeri belirlenir. Ana boru hiçbir göze ait değildir.

Borunun ait olduğu gözdeki akım yönünü belirleyen algoritmalar; Hardy Cross yönteminde her bir borunun (doğrunun) ait olduğu gözdeki (alan) işaretinin belirlenmesi gerekir. Bu yöntemde, saat ibresi yönü pozitif (+) ve saat ibresinin tersi (-) olarak alınır. Kurgu, iki bölüm olarak düşünülmüştür. Ana ve tali borular hiçbir göze ait olmadıklarından, en az bir göze ait olan diğer esas borulardan farklılık gösterirler. Bu iki durum aşağıda açıklanmıştır.

Ana boru; Şu şebekesini oluşturan noktaların hepsine göre ağırlık merkezi bulunur. DN=1 ve BN=2 noktalarının bu ağırlık merkezine göre açıklık açısı hesaplanır. BN açıklık açısından, DN noktanın açıklık açısı çıkarılır, farkın işaretine bakılır. Farkın işareti (+)

pozitifse borunun akım yönü pozitif, tersi durum için negatif alınır. Bu kurgu, ender karşılaşılabilecek bir durum olan; ana borunun durulan ve bakılan noktaları ile ağırlık merkezinin bir doğru üzerinde olma durumu haricinde her zaman çalışır. Bu olumsuz durum, uzmanın görüşüne göre etkileşimli olarak giderilebilir. Konunun uzmanı olmayanlar, birinci boru için (+) ve (-) olma halini ayrı ayrı ele alabilirler.

Esas borular; Esas borulardaki algoritma her koşul için doğru çalışır. Esas boruların hepsi en az bir göze dâhildir. Tablo 3 oluşturulurken, Hardy Cross yöntemine göre, saat ibresi yönü pozitif olacak şekilde kurgulanmış ise, ele alınan gözün alanının işareti pozitif çıkar. Saat ibresinin tersi yönü negatif olur. Diğer borulardaki akım yönlerinin işaretleri, $DN \Rightarrow BN$ yönü, alanın sıralanışına uygunsuz pozitif, tersi durumda negatif değerini alır.

Başlangıç debilerini ağırlıklı olarak hesaplayan algoritma; Bu çalışmada, suyun yayılımına daha uygun olduğu öngörüsü ile dairesel yayılımla özdeşleşen ağırlıklandırma yöntemi belirlenmiştir. Bu algoritma, boruların orta noktalarının başlangıç borusunun orta noktasına uzaklıklarının tersinin normlandırılması üzerine kurulmuştur ve konuma bağlıdır. Ana borunun ağırlığı $p_1=1.0$ ya da $p_1=0.5$ olarak seçilebilir. Ana borudan beslenen diğer boruların ağırlıklarının, fiziksel açıdan ana boru ağırlığından küçük olması beklenir.

Su dağıtım şebekelerinin hidrolik analizinde kullanılan Hardy Cross yöntemi için gerekli olan başlangıç değerleri, yukarıdaki dört algoritma sonucunda, el ile (manuel) veri girişine gerek kalmadan elde edilerek, Hardy Cross yöntemiyle çözüme ulaşılabilir [10].

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Önerilen içmesuyu mekânsal karar destek sistemi ile ArcGIS Dekstop SDK (ArcObjects) ile geliştirilen uygulama yazılımı kullanılarak, nokta (düğüm, depo), hat (boru, doğru) ve alan (göz, lup) veri tabanlarının oluşturulmasını etkileşimli olarak sağlanmaktadır. İçmesuyu şebekelerinin Hardy Cross gibi hidrolik çözüm yöntemlerinde gerekli olan konuma bağlı başlangıç verilerinin, elle (manuel) ekrandan girilmesi yerine otomatik olarak yapılmasını sağlayan C++ ortamında çalışan konumsal algoritmalar kullanılmıştır.

Kullanıcının isteğine bağlı olarak; daha uygun şebeke tasarımları oluşturmak amacıyla, şebekenin konumsal bilgilerini etkileşimli olarak değiştirip, alternatif çözümlere hızlı ve etkin bir şekilde ulaşabilmesi amaçlanmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] H. Konak, Ö. Ekinci, 2005, “Yaşamsal Altyapı Sistemlerinin İzlenmesi”, Kocaeli Mimarlar Odası, Mimarizm Dergisi, Sayı: Nisan 2005, Sayfa: 122.
- [2] R. Bill, D. Fritsch, 1994, “Grundlagen Der Geo-Informationssysteme”, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, Germany.
- [3] I. C. Goulter, 1992, “System Analysis in Water-Distribution Network Design: From Theory To Practice”, J. Water Resour. Plng. And Mgmt., Asce, 118 (3). 238-248.
- [4] M. R. Walsh, 1993, “Toward Spatial Decision Support Systems İn Water Resources, J. Water Resour. Plng. And Mgmt., Asce, 119 (2), 158-169.
- [5] M. R. Leipnik, K. K. Kemp and H. A. Loaiciga, , 1993, “Implementantation of GIS Water Resources Planning and Management, J. Water Resour. Plng. And Mgmt., Asce, 119 (2), 184-205.
- [6] S.A. Taher and J.W. Labadie, 1996, “Optimal Desin Of Water-Distribution Networks with GIS”, J. Water Resour. Plng. And Mgmt., Asce, 122 (4), 301-311.
- [7] Ö. Ekinci, E. Öztürk, 1999, “Su Dağıtım Şebekelerinin Optimum Tasarımında Bilgi Sistemlerinin Önemi”, Bildiriler Kitabı, 2000’li Yılların Şehircilik Standartlarında Su Ve Kanalizasyon Sempozyumu, Aski, 190-192, Ankara.
- [8] Ö. Ekinci, 2004, “Su Dağıtım Şebekeleri İçin Bir Optimizasyon Modeli”, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- [9] ESRI, 2005, Eada - Extending The Arcgis Desktop Applications Using .Net.
- [10] O. Kurt, Ö. Ekinci, ve T. Akbulut, 2011, “Su Dağıtım Şebekelerinin Tasarımı İçin Konumsal Algoritmalar”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara
- [11] T. Akbulut, O. Kurt ve Ö. Ekinci, 2011, “Su Dağıtım Şebekelerinin Tasarımı İçin CBS Modülü”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara
- [12] E. Alperovits, U. Shamir, 1977, “Design of Optimal Water Distribution Systems. Water Resources Research”, 13 (6). 885-458.

ANTALYA KONYAALTI SU DAĞITIM ŞEBEKESİNDE KLOR UYGULAMA STRATEJİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİNDE GENETİK ALGORİTMA YÖNTEMİNİN KULLANILMASI

**Mustafa Kemal PEKTÜRK*, Hürevren KILIÇ*,
Habib MUHAMMETOĞLU** ve Selçuk SOYUPAK*****

*Atılım Üniversitesi, Bilgisayar Müh. Böl. Ankara - mpekturk@yahoo.com

*Atılım Üniversitesi, Bilgisayar Müh. Böl., Ankara - hurevren@atilim.edu.tr

**Akdeniz Üniversitesi, Çevre Müh. Böl., Antalya - muhammetoglu@usa.net

*** Atılım Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Ankara-selcuksoyupak@hotmail.com

ÖZET

Su şebekelerinde aşırı yüksek veya düşük seviyelerde klor uygulanması sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Tüketim noktalarında serbest bakiye klor seviyelerinin belli bir aralıkta olması arzu edilir. Şebekelerde tek kaynaktan klor uygulanarak şebekenin her noktasında arzu edilen aralığı sağlamak genelde mümkün olamamakta; ara klor istasyonları bu soruna çözüm getirmektedir. İstasyonların yer, sayı ve işletme rejimlerini belirlemek için hazırlanan genetik algoritma tabanlı bir yazılım kullanılarak Antalya Konyaaltı Su Şebekesinde klor uygulamaları için stratejiler belirlenebilmiştir. Şebeke içinde serbest bakiye klor konsantrasyon değişkenliği; kabul edilebilir aralığın dışında kalan klor konsantrasyonlarının oluşma riski ve nihayet kanserojen Trihalometan oluşma riski en aza indirilebilmektedir. Yapılan senaryo çalışmaları ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır: 1) Şebeke mevcut işletme koşulları altında müsaade edilen sınırlar dışında klorlu su kullanma riski açısından en uygun koşullara yakın bir şekilde işletilmektedir. 2) Genetik algoritma eniyileme uygulaması ile elde edilen marjinal iyileşmeler bu sonucu desteklemektedir. 3) Şebekede su hareketinin çok kısıtlı olduğu bölgeler mevcuttur. 4) Şebeke en uygun koşullara yakın bir şekilde işletilmesine rağmen genetik algoritma uygulamaları ile daha iyi sonuçlar alınabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Su dağıtım şebekeleri, serbest bakiye klor, genetik algoritma.

1.GİRİŞ

Su dağıtım şebekelerinde su tüketim noktalarında tüketilen suyun zararlı ve hastalık yapan organizmalar dikkate alındığında kabul edilebilir kalitede olması gerekmektedir. Türkiye’de belediyelere bağlı su idarelerinin temel görevlerinden biri şebeke su tüketim noktalarında sağlık açısından güvenilir suyun temin edilmesidir. Bu amaçla su tüketiminden kaynaklanan hastalıkları önlemek amacı ile suyun temin edildiği noktada veya su arıtım tesislerinin çıkış noktasında dezenfeksiyon uygulaması yapılmaktadır. Türkiye’de dezenfeksiyon kimyasalı olarak genelde klor kullanılmaktadır. Kaynakta veya arıtım tesisi çıkışında zararlı organizmaların etkisizleştirilmesine ilaveten suyun şebeke içinde tüketiciye ulaşmaya kadar korunması gerekir. Bu amaçla kaynak veya arıtım tesisi çıkışında serbest bakiye klor (SBK) konsantrasyonlarını belirli seviyelerde tutmak gerekmektedir.

Klorlama işlemi ile sorumlu su işletmecilerinin konu ile ilgili olarak pratik üç soruya cevap vermeleri gerekmektedir: 1) Kaynakta veya su arıtım tesisi çıkışında klor konsantrasyonu hangi dozajla verilmeli ?, 2) Şebekenin herhangi bir noktasında SBK seviyesi ne olmalıdır? ve 3) Ara klor istasyonu kurmak gerekli midir ? Kaynakta (veya su arıtım tesisi çıkışında) ve ara klor istasyonlarında yeterli bir minimum seviyenin üstünde dozaj uygulayarak tüketicileri sudan kaynaklanan hastalıklara karşı korurken aynı zamanda uygulanan üst limiti belirli seviyelerin altında tutarak kanser riski oluşturan trihalometan bileşikleri oluşum riskini ve koku problemini en düşük seviyelerde tutmak gerekmektedir.

1.1.Su şebekelerinde SBK klor seviyeleri ile ilgili standartlar

Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği’ne [1] göre “İçme-kullanma sularının dezenfeksiyonunda klor kullanılması halinde uç noktalardan alınan numunelerde serbest bakiye klor miktarı en fazla 0,5 mg/L olmalıdır”. Ancak yönetmelikte uç nokta ile nasıl bir noktanın tarif edildiği açık değildir. Ayrıca tüketim noktalarında sağlanması gereken en düşük SBK seviyeleri de verilmemiştir. Dünya Sağlık Teşkilatı(WHO) [2] tüketim noktalarında sağlanması gerekli en düşük SBK seviyeleri için, pH gibi uygulama özelliklerine bağlı olarak değişik değerler vermekle beraber genel kabul edilebilir aralığını 0,2-1,0 ppm olarak belirleyerek; kullanım noktalarında SBK seviyelerini en az 0,2 ppm olarak tavsiye etmektedir.

Uluslararası literatürde konu üzerinde çalışan araştırmacılar değişik aralıklar vermektedir: Issam ve Lebdi [3] “İçme suyu sistemlerinde ara klor dozlama istasyonlarının seçiminde en-uygun seçimler “ adlı çalışması için yaptığı literatür taraması sonucu şebekelerde bulunması gerekli SBK seviyeleri ile ilgili olarak aşağıdaki değerleri vermektedir: Munavalli ve Kumar [4] patojen oluşumunu en aza indirmek amacı ile minimum SBK için 0.2 ppm ve zararlı dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşum riskini azaltmak amacı ile maksimum SBK seviyesini 4 mg/l olarak vermektedir. Kooij [5] şebekeler için optimum serbest bakiye klor seviyesini 0.3 mg/l olarak vermektedir. Constans [6] SBK için 0,1-0,5 mg /l aralığını tavsiye etmektedir. Rouhiainan [7] araştırmasında SBK aralığını 0,1-0,6 mg /lolarak kabul etmiştir. Propato [8] SBK aralığını 0,2-0,4 mg/l olarak kabul etmektedir. Issam ve Lebdi [3] kendi çalışmalarında 0,1-0,5 mg/l aralığını kabul ederek optimum seviyenin 0,3 mg/l olması gerektiğini ifade etmişlerdir.

1.2. Klorlama amaçlı şebeke optimizasyon çalışmaları ile ilgili literatür

Optimum klorlama uygulamalarına yönelik araştırmalar uzun yıllardan beri süregelmektedir Levi ve Mallevialle [9]; Uber ve arkadaşları [10]). Boccelli ve arkadaşları [11]; Nace ve arkadaşları [12] doğrusal veya doğrusal olmayan sönüm kinetiğini dikkate alan booster tabanlı optimum dozlama takvimlendirmesi araştırmalarında klasik tek amaç fonksiyonunu esas alan optimizasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Rouhiainen ve arkadaşları [13] ise paretoya dayalı çoklu amaç fonksiyonunu dikkate almışlardır. Rouhiainen ve arkadaşları [14] problemin çözümü için Genetik Algoritmalarla dayalı yapay zeka tekniklerini kullanmışlar; çözüm için tek amaç fonksiyonu tariflemişlerdir. Bu çalışmalara ilaveten Issam ve Lebdi [3]; Uçaner ve Özdemir [15] tarafından yapılan çalışmalar booster istasyonlarının optimum lokasyonları ve sayılarının Genetik Algoritmalar yaklaşımıyla bulunmasına yöneliktir. Bu makale kapsamında sunulan sonuçlar, TÜBİTAK 1007 G 088 projesi kapsamında makale yazarları tarafından geliştirilen Daha İyi Şebeke yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Optimum dozlama yer miktar ve takvimlendirmesinde Genetik Algoritmaların kullanılması ve altyapıda hidrolik ve kinetik açıdan kalibrasyonu yapılmış simülasyon modelinin (örneğin EPANET modelleme yazılımı kullanımı suretiyle oluşturulabilir) Genetik Algoritma kodlamasıyla beraber çalışması literatürde bilinen bir yaklaşımdır (bkz. Uçaner ve Özdemir [15]). Daha İyi Şebeke yazılımını diğer çalışmalardan farklı kılan özellik, kullanıcı tarafından belirlenebilen amaç fonksiyonu ile serbest bakiye klor düzeyinin izin verilen aralığın dışında tüketilmesi riskini enaza indirme amaç fonksiyonunun sırasıyla Genetik Algoritma seçim ve çaprazlama adımlarında birlikte kullanılmasına olanak tanınmasıdır. Böylelikle, genetik algoritma uygulamasında orjinal amaç fonksiyonunun yanısıra aynı anda alana özel alternatif amaç fonksiyonunun da dikkate alınması sağlanmıştır (bkz. Pektürk [16]).

2. YÖNTEM

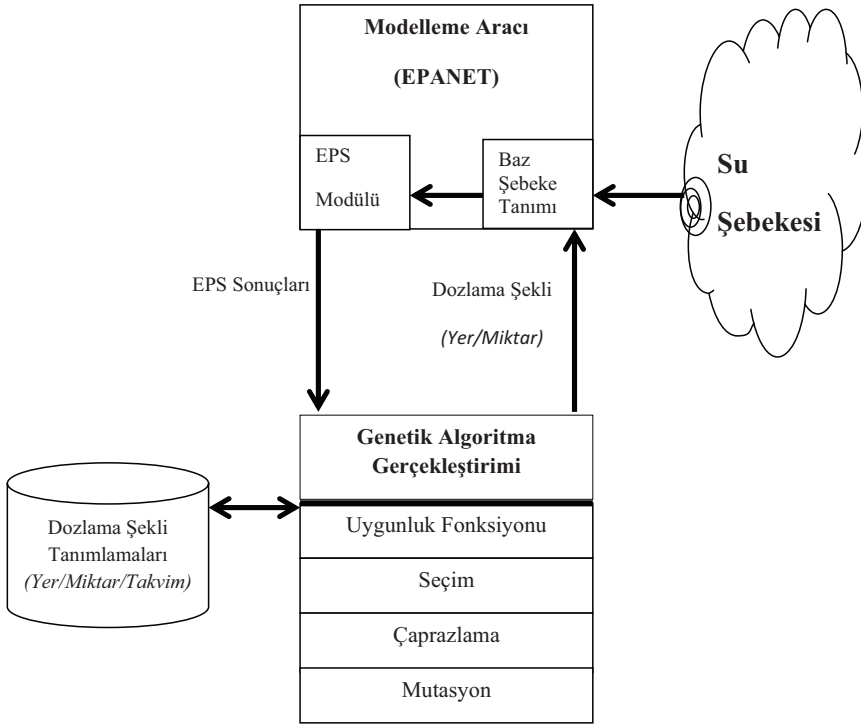
2.1. Geliştirilen Daha İyi Şebeke yazılımının hazırlanmasında kullanılan yaklaşımlar

Su dağıtım şebekelerinde klorlama stratejilerinin saptanması literatürde bilinen bir problemdir ([3], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16] ve [17]). Daha İyi Şebeke yazılımının hazırlanmasında genetik algoritma yöntemi kullanılmıştır. Bu kısımda kullanılan bu yöntemle ilgili genel bilgi verilmektedir.

Genetik Algoritma (GA)'lar kombinatoriyel eniyileme (optimizasyon) problemlerinin çözümü amacıyla kullanılabilen popülasyon tabanlı, doğadan esinlenmiş tarama algoritmalarıdır [18]. Basit ve etkin eniyileme çözümü zaten bilinen problemler için GA'ların kullanılması anlamlı değildir ve kimi zaman en iyi çözüm elde edilemeyebilir. GA uygulamalarının başarılı sonuçlar verebildiği problemler özellikle çözümleri için etkin ve verimli algoritmaların bilinmediği zor problem tipleridir. Çözümü zor olan problemler için doğadan esinlenmiş Karınca Kolonisi Optimizasyonu [19], Yapay Arı Kolonisi Optimizasyonu [20], Yapay Bağışıklık Sistemleri [21] ve Yapay Sinir Ağları [22] gibi alternatif yaklaşımların probleme uygun adaptasyonları neticesinde kullanılmaları mümkün olmakla beraber Antalya Konyaaltı Su Dağıtım Şebekesi'nde klor uygulama stratejilerinin geliştirilmesinde GA yaklaşımı benimsenmiş, uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Alan uzmanı tarafından tanımlanmış uygunluk fonksiyonu için (örneğin, su şebekesinde kabul edilebilir aralığın dışında kalan klor konsantrasyonlarının oluşma riskinin en aza indirilmesi; klor konsantrasyonları değişkenliğinin en aza indirilmesi; Trihalometan

oluşma riski indeksinin en aza indirilmesi gibi) belirlenmiş en iyileme amacına göre (enazlama veya ençoklama) çözüm uzayının akıllı taranması, yöntemin özünü teşkil eder. Yöntemin ilk adımında aday çözümün yapısı tanımlanır ve bu tanımlamaya uygun aday çözüm popülasyonu oluşturulur. Gerçekleştirilen uygulamada, aday çözüm yapısı, “klorlama yer kodlaması”, “konsantrasyon miktarı” ve “takvimlendirme şekli” üçlüsünden oluşacak şekilde tanımlanarak ilk popülasyon rasgele oluşturulur. GA yönteminin ikinci adımını oluşturan popülasyondaki aday çözümlerin bir anlamda kalitesini belirlemek anlamına gelen uygunluk fonksiyonunun bireylere uygulanması ve belirlenen sayı ve kalitedeki iyi sonuç veren aday çözüm kümesinin verdikleri kalite değeri oranı dikkate alınarak ayrılması işlemi (yani seçim adımı) uygulanır. Üçüncü adımda, seçilen kaliteli aday çözümlerin kullanılması (yani çaprazlanması) suretiyle, iyi kalitede olması umulan yeni aday çözümler elde edilir ve bunlar seçilmiş aday çözümler kümesine eklenir. Elde edilen çözümlerin çeşitliliğinin artırılması ve tarama uzayının etkin taranması amacıyla, çözümlerin düşük olasılıklı olarak değişmeye tabi tutulması (örneğin tüm dozlama istasyonlarından birinin yerinin değiştirilmesi gibi) yani mutasyon adımı, yöntemin son adımını teşkil eder. Bundan sonra, aynı işlem seçim adımından itibaren belirli bir sayı kadar ya da tüm popülasyon dikkate alındığında çözüm kalitesi iyileşmesi önceden belirlenmiş bir hata miktarının altında kalıncaya kadar sürdürülür. Tüm işlem sonunda elde edilen en iyi çözüm, problemin yöntem tarafından bulunabilen en iyi çözümü olarak belirlenir.

Su şebekesi üzerinde klor istasyonu yer/miktar ve takvimlendirme şekline karar verme problemi kapsamında aday dozlama çözümünün ne derece iyi bir çözüm olduğu hakkında hüküm vermek için, oluşturulan EPANET [23] tabanlı modelin üzerinde sözkonusu aday çözüm dozlama stratejisi uygulama simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçları, tanımlanan uygunluk fonksiyonu dikkate alınarak değerlendirilmiş ve böylelikle adayın çözüm kalitesi saptanmıştır. GA ve EPANET yazılım altyapısının birlikte kullanımını gösteren mantıksal tasarım Şekil 1’de görülmektedir. Sözkonusu şekil, çalışmalar kapsamında geliştirilen Daha İyi Şebeke yazılımının da mimarisini tanımlamaktadır [24]. Şekildeki “Dozlama Şekli Tanımlamaları” silindiri, geçerli olan popülasyonun saklandığı hafızayı; baz şebeke tanımı EPANET kullanıcısı tarafından oluşturulan şebeke modelini; extended period simulation (EPS) modülü EPANET yazılımı yeteneklerinden olan genişletilmiş periyot simülasyonu bileşenini; GA modülü ise yukarıda tanımlanan uygunluk fonksiyonu belirlenmesi ve seçim, çaprazlama ve mutasyon adımlarından oluşan GA bileşenini gösterilmektedir.



Şekil 1. Daha İyi Şebeke yazılımı mantıksal tasarımı.

2.2. Kullanılan amaç fonksiyonları

Aşağıda tanımlanan uygunluk fonksiyonlarının tümünde, şebekedeki tüm düğüm noktalarında herhangi bir zamanda var olan SBK konsantrasyon(c) düzeylerinin şebekede izin verilen en az (c_{min}) ve en çok (c_{max}) SBK konsantrasyon düzeyleri arasında olması hedeflenmiştir.

2.2.1. Değişkenlerin merkezileştirilmesi (Amaç fonksiyonu-1)

$$Min (SSD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^T |c(i, j) - c_{median}|^2) \quad (1)$$

Burada

SSD : EPS süreci boyunca oluşan SBK konsantrasyon düzeyleri ile hedeflenen ortalama SBK konsantrasyon değerleri (yani izin verilen en çok ve en az konsantrasyon değerlerinin medyanı) arasındaki farkların karelerinin toplamı,

m : Toplam düğüm noktası sayısı,

T : Isınma süresi hariç toplam EPS süresi,
 i,j : Düğüm noktaları ve zaman adımları için indeksler,
 $c(i,j)$: Düğüm noktası i 'nin j 'inci zaman adımında hesaplanmış SBK konsantrasyon düzeyi,
 c_{min} : Şebekede izin verilen en az SBK konsantrasyon düzeyi değeri ve
 c_{max} : Şebekede izin verilen en çok SBK konsantrasyon düzeyi değeri olmak üzere
 $c_{median} = \frac{c_{max} + c_{min}}{2}$ olarak tanımlanmıştır.

Not: İzin verilen aralığın $c_{min} \leq c_{i,j} \leq c_{max}$ olduğuna dikkat ediniz.

2.2.2.Konsantrasyonların değişkenliğinin en aza indirilmesi (Amaç fonksiyonu-2)

$$Min (\sigma^2 = \frac{\sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^K (c_{i,j} - \bar{c})^2}{N-1}) \quad (2)$$

Burada

$c_{i,j}$: Düğüm noktası i 'nin j 'inci zaman adımındaki SBK konsantrasyon düzeyi,
 σ^2 : Konsantrasyonların varyansı,
 i : Düğüm indeks değeri,
 K : Toplam düğüm noktası sayısı,
 T : Isınma süresi (starting transition period) hariç toplam EPS süresi,
 $\bar{c}$: Konsantrasyon değerlerinin ortalaması,
 N : $T*K$ olarak tanımlanmıştır.

2.2.3.Kabul edilebilir aralığın dışında kalan klor konsantrasyonlarının oluşma riskinin en aza indirilmesi (Amaç fonksiyonu-3)

Bu uygunluk fonksiyonunun amacı, izin verilen aralığın dışındaki SBK konsantrasyonlarından kaynaklanan su tüketim riskini en aza indirmektir. Hesaplamalarda en az ve en çok risk düzeyleri sırasıyla 0 ve 1 değerlerini alabilmektedir.

$$Min (R = (1 - \frac{\sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^{KP} Q_{i,j} c_{i,j}}{\sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^{NN} Q_{i,j} c_{i,j}})) \quad (3)$$

burada

R : İzin verilen SBK düzeyleri aralığının dışında su tüketilmesi sebebiyle oluşan risk,
 $c_{i,j}$: Düğüm noktası i 'nin j 'inci zaman adımındaki SBK konsantrasyon düzeyi,
 $Q_{i,j}$: Düğüm noktası i 'nin j 'inci zaman adımındaki talep debisi ,
 KP : SBK konsantrasyon düzeyi izin verilen aralıkta olan (yani $c_{min} \leq c_{i,j} \leq c_{max}$) düğüm noktası sayısı,
 NN : Toplam düğüm noktası sayısı,

T : Isınma süresi (starting transition period) hariç toplam EPS süresi olarak tanımlanmıştır.

Özel Durum:

Simulasyon sırasında herhangi bir düğüm noktasında herhangi bir zamanda SBK konsantrasyon düzeyinin sıfır olarak gerçekleşmesi durumunda uygunluk fonksiyonu hesaplaması için aşağıdaki fonksiyon kullanılır.

$$Min (R = (1 - \frac{\sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^{KP} Q_{i,j}}{\sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^{NN} Q_{i,j}})) \quad (4)$$

2.2.4.Trihalometan oluşma riski indeksinin en aza indirilmesi (Amaç fonksiyonu-4)

Bu uygunluk fonksiyonu, sistem spesifik olarak trihalometan oluşma riski indeksini (TORİ) (düğüm noktalarındaki SBK konsantrasyon düzeylerini) olabildiğince düşük düzeyde tutmak suretiyle en az düzeye indirmek amacıyla uygulanmıştır. TORİ için evrensel olarak kabul görmüş bir üst limit yoktur. Değerlerin değişkenlik gösterebilmesi sebebiyle aynı şebeke için, göreceli büyüklükler önerilen farklı çözümler altında karşılaştırılmalıdır.

$$Min (SSD = TORI = \sum_{i=1}^{NN} \sum_{j=1}^T |c(i,j) - c_{min}|^2)$$

Burada

- SSD : EPS süreci boyunca oluşan SBK konsantrasyon düzeyleri ile izin verilen en az SBK konsantrasyon değerleri arasındaki farkların karelerinin toplamı,
- NN : Toplam düğüm noktası sayısı,
- T : Isınma süresi (starting transition period) hariç toplam EPS süresi,
- i,j : Düğüm noktaları ve zaman adımları için indeksler,
- c(i,j) : Düğüm noktası i'nin j'inci zaman adımındaki SBK konsantrasyon düzeyi olarak tanımlanmıştır.

2.3.Antalya Konyaaltı Şebekesi

Daha iyi şebeke yazılımının ilk sürümü sentetik olarak oluşturulan şebekeler üzerinde geliştirilmiştir [16]. Bu aşamayı takiben yazılım Antalya İçmesuyu Dağıtım Şebeke Sisteminin alt bölgesi olan Konyaaltı Su Dağıtım şebeke (Şekil 2) özellikleri kullanılarak tam ölçek uygulamada karşılaşılabilecek sorunlar en aza indirilerek daha da geliştirilmiştir. Yazılımın denenmesinde pilot bölge olarak Konyaaltı Bölgesinin seçilme nedenleri:1) Yeni bir yerleşim bölgesi olması açısından mevcut şebeke hakkında detaylı ve gerçekçi bilgilere ulaşmanın mümkün olması ;2) Bölgenin, Antalya içme suyu şebekesinin genelinden bağımsız bir şekilde değerlendirilebilmesi; 3) Bölgede yeterli SCADA

Konyaaltı bölgesinde zeminin kotu 0 ile 20 m arasında değişmektedir ve P1 Basınç Bölgesi olarak sınıflandırılmıştır. Bölge, 3 keson kuyu ile 2 derin kuyudan oluşan Boğaçay kaynakları tarafından beslenmektedir. Boğaçay pompa istasyonunun üretmiş olduğu sular şebekeye pompalanmakta, günlük su tüketimine bağlı olarak şebekedeki fazla sular Hurma ve YSE depolarına iletilmektedir. Bu depolardaki su seviyeleri maksimuma ulaştığında pompa istasyonu devreden çıkartılmakta ve şebeke depoların potansiyel enerjisi ile beslenmektedir. Şekil 3’de Konyaaltı bölgesi su dağıtım şebekesinin genetik algoritma tekniğinin uygulanan kısmı ‘ağ-şebeke’-‘dal-şebeke’ yapısı olarak gösterilmektedir.

The map shows the city of Antalya and its surrounding areas. The Mediterranean Sea is to the south. The city of Antalya is highlighted in orange. An inset map shows the location of Antalya within Turkey. The map also shows the location of the Antalya Water Treatment Plant and the Antalya Water Distribution Network.

Şekil 2. Konyaaltı Su Dağıtım Şebekesi (Depolar ve İzleme İstasyonları)



Şekil 3. Konyaaltı şebekesinde genetik algoritma tekniğinin uygulandığı kısım.

3. ANTALYA KONYAALTI ŞEBEKESİ İLE İLGİLİ UYGULAMALAR

3.1.Genel uygulama özellikleri

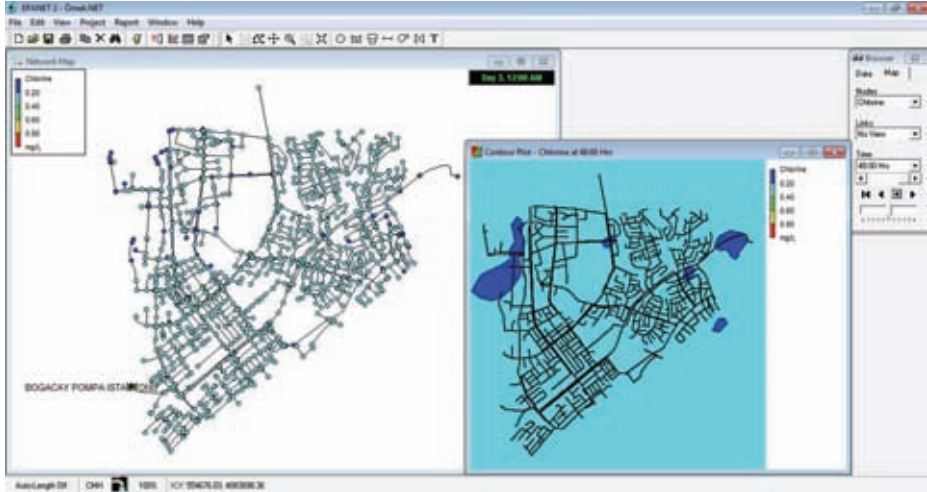
Bu çalışma kapsamında yapılan eniyileme çalışmalarında genelde müsaade edilen sınırlar dışında klorlu su kullanma riski'ni en aza indiren amaç fonksiyonu-3 esas alınmıştır; paralel olarak diğer uygunluk fonksiyonları hesaplanarak elde edilen değerler tavsiye edilen işletme özelliklerinin belirlenmesinde yardımcı faktörler olarak kullanılmıştır. Klor sönüm hızının düşük ve yüksek olduğu dönemleri kapsayan çalışmaların tümünde tarama uzayının Genetik Algoritma tarafından etkin taranması amacıyla farklı çaprazlama olasılığı, mutasyon olasılığı ve seçkinleştirme yüzdesi değerleri dikkate alınmıştır. Dikkate alınan çaprazlama olasılığı değerleri: 0,85 ve 0,90 ve 0,95; mutasyon olasılığı değerleri: 0,01 ve 0,03 ve 0,05 ve seçkinleştirme yüzdesi değerleri: 0,4 ve 0,2 ve 0,1'dir. Parametre detayları kaynak [24 ve 25] eki kullanıcı kılavuzunda verilmiştir. Çalışma sırasında amaç fonksiyonunda 10 nesil boyunca iyileşme sağlanmıyorsa yazılım en iyilemeyi otomatik olarak durdurmaktadır. Böylelikle yerel en iyi değerde sıkışmış olan çözüm belirlenmiş ve ayrıca yukarıda belirtilen farklı alternatif Genetik Algoritma parametreleri denenmiştir.

Konyaaltı Su Dağıtım şebekesinde SBK seviyelerinin yönetimi amacı ile 12 senaryo geliştirilmiştir. Bu 12 senaryonun 7' si düşük klor sönüm kinetiği altında oluşabilecek işletme koşullarını; 5 i' de yüksek klor sönüm kinetiği altında oluşabilecek işletme koşullarını temsil etmektedir. Boğaçay istasyonunda 0,45 mg/l SBK dozlanması sonucunda tüm Konyaaltı Su Dağıtım şebekesinde yıl boyunca SBK 0,2 mg/l değerinden yüksek olacaktır. Elde edilen sonuçlarla ilgili detaylı bilgi TÜBİTAK 1007 G 088 nolu proje [25] raporunda yer almaktadır. Buna bağlı olarak, Konyaaltı bölgesinde ara klorlama istasyonu kurulması gerekli değildir, ancak geliştirilen yazılımın farklı senaryo koşulları altında uygulanabilirliğini göstermek üzere Konyaaltı şebekesi kullanılmıştır.

3.2.Çalışma kapsamında gerçekleştirilen örnek bir uygulama

Geliştirilen yazılım, daha önce model kalibrasyonu ve doğrulaması tamamlanmış olan Konyaaltı Su Şebekesi üzerinde test edilmiştir. Daha önce bahsedildiği gibi, Konyaaltı Su Şebekesinde ara klorlama istasyonu kullanılmaksızın SBK 0,20-0,45 mg/l arasında sağlanabilmektedir. Belirtilen seviyelerde kontrol edilmekte olan SBK Türkiye'deki en iyi uygulamalar arasındadır. Bu çalışmada, geliştirilen yazılımın test edilmesi amacı ile Konyaaltı Su Şebekesi'nde uygulamalar yapılmıştır. Uygulama özellikleri ve elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır:

Detayları Tablo 1'de sunulan çalışma Konyaaltı Su Şebekesinde mevcut işletme koşullarında kabul edilebilir klor aralığı (0,3-0,4 ppm) dışında klorlu su kullanma riski 'ni en aza indirmek amacıyla strateji geliştirilmesine yöneliktir. Hesaplamalarında iyileştirilmiş genetik algoritma [16] yöntemi benimsenmiştir. Boğaçay'da yapılan klorlama uygulamasına ilave olarak 70301 numaralı düğümde 0,4 ppm; ve 70024 numaralı düğümde 0,4 ppm uygulanmalıdır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilave 2 klorlama istasyonu kurulması durumunda kabul edilebilir klor aralığı dışında klorlu su kullanma riski değeri binde 0,957 den binde 0,316'e düşebilmektedir. Risk değerinin daha aşağı değerlere çekilememesinin başlıca nedeni şebekede hidrolik olarak ölü noktaların mevcudiyetidir (Şekil 4).



Şekil-4. Konyaaltı Su dağıtım Şebekesinde Ek klor ara istasyonu uygulanmaksızın SBK dağılımı

Çalışma sırasında elde edilen hesaplamalara ait detay ve sonuçlar aşağıda sunulmaktadır. Şekil 5 birinci kullanıcı arayüzünü vermektedir. Bu arayüzde kullanılan uygunluk fonksiyonu, en iyileme çözüm yöntemi, ek dozlama istasyonu sayısı, kaynakta dozlamanın var olup olmadığı, ek klorlamada uygulanacak doz aralığı, kabul edilebilir klor konsantrasyon alt ve üst limitleri, EPANET simülasyonunda kararlı hale gelme süresi

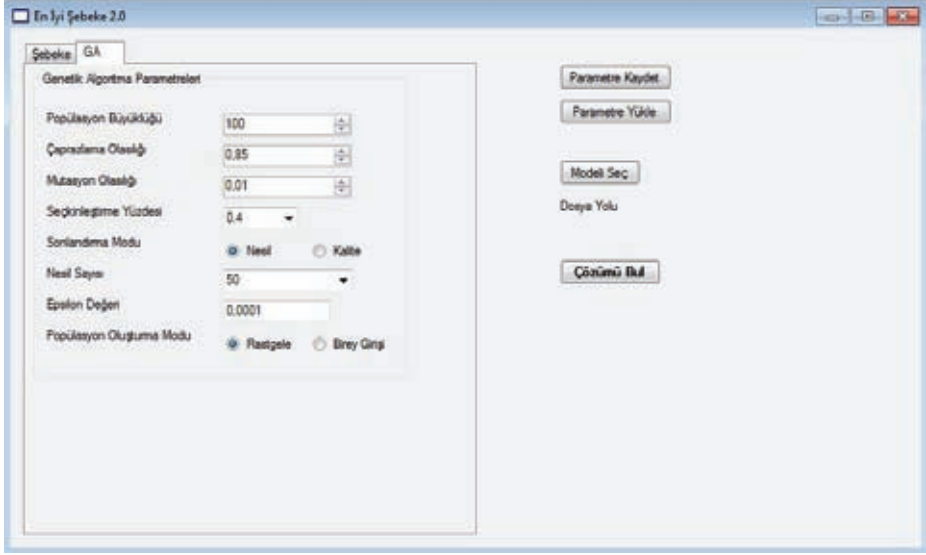
tanımlanmıştır. Şekil 6 ikinci kullanıcı arayüzünü vermektedir. Bu arayüzde popülasyon büyüklüğü, çaprazlama olasılığı, mutasyon olasılığı, seçkinleştirme yüzdesi, sonlandırma modu tariflenmiştir. Şekil 5 ve 6 Tablo 1'deki değerlerin bu arayüzlere girilmiş halini göstermektedir.

Şekil-7 Daha İyi Şebeke programının çalışması sırasında nesil sayısına göre risk değerindeki iyileşmenin grafiksel olarak gösterilmesi ile ilgili yazılım uygulama sonuç çıktısıdır. Bu grafiksel çıktıya ilaveten en iyileme sonuçları raporlanmaktadır.

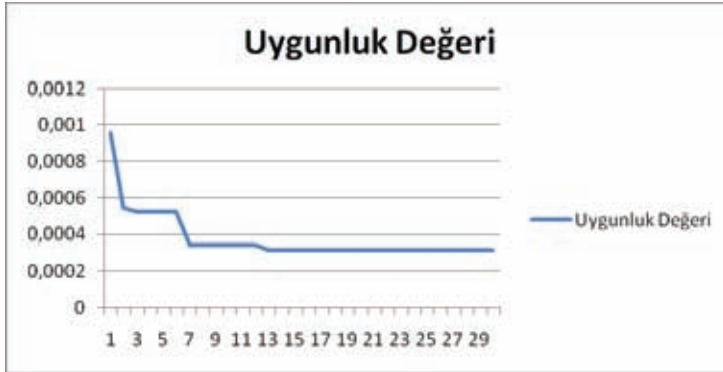
Tablo 1. Uygulama örneği ile ilgili özellikler (su içinde klor sönüm katsayısı $k_b = -0.11305$ gün⁻¹ ve boru cidarında klor sönüm katsayısı $k_w = -0.01$ olarak alınmıştır).

Amaç fonksiyonu	Kullanılan algoritma	İlave dozlama rejimi	Kaynakta dozlama	Ek istasyon sayısı	Ek klorlama aralığı
Sınırlar dışında klor tüketme riski	İyileştirilmiş Genetik Algoritma	Devamlı	Mevcut	2	0,3-0,4
Kabul edilebilir klor aralığı	Populasyon büyüklüğü	Nesil sayısı	Çaprazlama olasılığı	Mutasyon olasılığı	Seçkinleştirme yüzdesi
0,3-0,4	100	50	0,85	0,01	0,4

Şekil-5. Birinci kullanıcı arayüzü



Şekil-6. İkinci Kullanıcı arayüzü



Şekil-7 (x= nesil sayısı ; y=risk değeri)

4. GENEL SONUÇLAR

Şebekelerde etkin klorlama sağlama amacı ile tesis edilecek ek klor istasyonu sayısı, yeri, dozlama konsantrasyonları ve dozlama rejimlerini belirleyen bir yazılım geliştirilmiş ve yazılımla ilgili kullanma kılavuzu [24] hazırlanmış bulunmaktadır. Kullanıcı arayüzleri vasıtası ile verilerin girilip uygulanacak dozlama istasyonu ile ilgili taleplerin yapılabildiği yazılım, konu ile ilgili uzmanların kolayca öğrenebileceği özellikler taşımaktadır.

Yazılım kullanılarak herhangi bir şebekede belli uygunluk fonksiyonları esas alınarak daha iyi işletme koşullarını belirlemek mümkündür. Ancak çözüm sayısı birden fazla olabilir. Kullanıcılar değişik uygunluk fonksiyonlarını kullanırken değişik genetik algoritma parametre (Çaprazlama Olasılığı, Mutasyon Olasılığı ve Seçkinleştirme Yüzdesi değerleri) -sürekli veya ayrık dozlama-dozaj istasyonu sayısı-dozlama aralığı kombinezonlarını deneyerek ve hesaplanan diğer uygunluk fonksiyonu değerleri ile klor tüketim miktarları değerlerini de gözönüne alarak karar vermek durumundadırlar. Geliştirilen yazılımın genetik algoritma ile ilgili eğitim almış tecrübeli su mühendisleri tarafından kullanması esastır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma TÜBİTAK tarafından Project No: 107G088) kapsamında Antalya Büyükşehir Belediyesi, Su ve Atıksu İdaresi (ASAT) ve Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü desteği ile gerçekleştirilmiştir. Yazarlar projeye katkılarından dolayı başta İsmail Demirel, İbrahim Palancı and Tuğba Özden olmak üzere ASAT personeline; projede görevli Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü personeline teşekkür eder.

KAYNAKÇA

- [1] “Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”, Resmi Gazete: 17 Şubat 2005 Perşembe- Sayı: 25730 ; Değişiklik: Resmi Gazete: 24.07.2005 Tarih ve 25885 Sayı.
- [2] Dünya Sağlık Teşkilatı (World Health Organization), 2008, “Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition Incorporating The first and second addenda, Recommendations”, Geneva.
- [3] N. Issam, F. Lebdi, Genetic algorithm for optimal choice of chlorine booster stations in drinking water networks - Algorithme Genetique (AG) Pour Le Choix Optimal Des Stations D'appoint De Chlorine Sur Les Reseaux D'eau Potable, Revue des Sciences de l'eau, no:1 (2006) 47-55.
- [4] G.R.Munavalli ve M.S.M.Kumar, 2003, J. Water Resour. Plan. Manage.-ASCE , **129**, 493
- [5] V.D.Kooij , 2003. Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), Editörler: J. Bartram, J. Cotrivo, M. Exner, C. Fricker, A. Glasmacher , IWA Publishing, London, UK. ISBN : 1 84339 025 6.
- [6] S.Constans,1999, “Concentration en Chlore en Réseaux d'eau Potable. Simulation et Optimisation”, Doktora Çalışması, Univ. Bordeaux I, France.
- [7] C.Rouhiainen ve M.O.Tade , 2003, 20th Convention of the Australian Water Association, 6-10 avril, Perth, Australia.
- [8] M.Propato , 2003. “Operation of Booster Disinfection Systems: From Offline Design to Online Control”, Doktora Çalışması, Univ. Cincinnati, ABD.
- [9] Y.Levi ve J.Mallevialle, 1995, Proc. of the China Water Supply Association, Safety of Water Supply in Transmission and Distribution Systems, Shanghai, China.
- [10] J.G.Uber , R.S.Summers, D.C.Boccelli, M.T.Koechling, M.E.Tryby ve L.A. Rossman, 1996, Proc. of the AWWA Annual Conference, June 23-27, Toronto, Ontario, Canada., Cilt: D: 197.
- [11] D.L.Boccelli, M.E. Tryby, J.G. Uber, L.A. Rossman, M.L. Zierolf, ve M.M. Polycarpou, 1998, J. of Wat. Res. Plan. and Mana., **124(2)**, 99

- [12] A.Nace, P.Harmant ve P.Villon, 2001, Proc of the World Water & Environmental Resource Congress, May 20-24, Orlando, Florida, (Editörler Phelps ve G.Sehlke).
- [13] C.J.Rouhiainen, M.O.Tade, ve G.West, 2003.a. Multi Objective Algorithm for Optimal Scheduling of Chlorine Dosing in Water Distribution Systems”, Department of Chemical Engineering, Curtin University of Technology, <http://www.lania.mx/~ccoello/EMOO/rouhiainen03a.pdf.gz> Perth, Australia.
- [14] C.J.Rouhiainen, M.O.Tade ve G.West, 2003b, Proc.of the 20th Convention of the Australian Water Association, 6-10 April, 2003, Perth, Australia, 1.
- [15] O.N.Özdemir, ve M.E.Uçaner, 2005. Success of Booster Chlorination for Water Supply Networks with Genetic Algorithms, Journal of Hydraulic Research, 43:3, 267.
- [16] M.K.Pektürk, 2010, “A Domain Aware Genetic Algorithm for Optimum Booster Chlorination In Water Distribution Systems”, Yüksek Lisans Tezi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Atılım Üniversitesi, Ankara, Haziran.
- [17] S.Soyupak, H.Kılıç ve M.K. Pektürk, 2011, “Daha iyi şebeke kullanıcı klavuzu Genetik algoritma tabanlı şebeke dezenfeksiyon yazılımı sürüm (2.2)”, TÜBİTAK 1007 G 088 Nolu Proje final rapor eki (EK-6), “İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde Optimum Klorlama Uygulamalarının Matematiksel Modeller Kullanılarak Gerçekleştirilmesi ve Dezenfeksiyon Sistemlerinin Yönetimi”.
- [18] D.Beasley, D.R.Bull ve R.R.Martin, 1993, University Computing, 15(2), 58
- [19] M.Dorigo ve T.Stützle, 2004, “Ant Colony Optimization”, MIT Press, Cambridge,MA.
- [20] D.Karaboğa, ve B.Akay, 2009, App. Math. and Comp., **214**, 108
- [21] L.N. De Castro ve J.I.Timmins, 2002, “Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach”, Springer-Verlag, London
- [22] J.Hertz, A.Krogh, R.G.Palmer, 1993, “Introduction to the Theory of Neural Computation, Lecture Notes Volume I”, Santa Fe Institute, Studies in the Sciences of Complexity, Addison-Wesley Publishing Company,CA.
- [23] L.A.Rosmann, 2000, “EPANET-2”, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, USA EPA, Cincinnati, OH 45268.
- [24] Pektürk, M.K., Kılıç H. ve Soyupak, S., (2010). “*Daha İyi Şebeke 2.2 Yazılımı Kullanıcı Kılavuzu*”, Atılım Üniversitesi, Ankara.
- [25] ASAT (Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü - Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 2011, “TÜBİTAK 1007 G 088 Nolu Proje final rapor, İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde Optimum Klorlama Uygulamalarının Matematiksel Modeller Kullanılarak Gerçekleştirilmesi ve Dezenfeksiyon Sistemlerinin Yönetimi Projesi”, Proje Yöneticisi: Prof.Dr. Habib Muhammetoğlu.

SU DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE MODELLEME TEKNİKLERİ KULLANILARAK SERBEST BAKİYE KLOR KONSANTRASYONLARININ YÖNETİMİ: ANTALYA-KONYAALTI BÖLGESİ ÖRNEĞİ

**İ.Ethem KARADİREK*, Selami KARA* , Tuğçe ALTINDAL*, Habib
MUHAMMETOĞLU*, Ayşe MUHAMMETOĞLU*, Selçuk SOYUPAK**, Mehmet
KİTİŞ***, Tuğba ÖZDEN****, İbrahim PALANCI****, Erkan DEMİRBAŞ****,
Kamil CENGİZ******

* Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye.

** Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye.

*** Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye.

**** Antalya Büyükşehir Belediyesi, Antalya Su ve Atıksu Genel Müdürlüğü (ASAT), Antalya, Türkiye.

ÖZET

İçme sularının dezenfeksiyonunda kullanılan en yaygın yöntem klor ile dezenfeksiyondur. Dezenfeksiyon amacı ile gerçekleştirilen klorlama işlemi sonrasında klor, içme suyu dağıtım şebekesine verilen suyun kalitesine, boru yaşı ve cinsine bağlı olarak bozunmaya uğrar. Su dağıtım şebekelerinde gerçekleşmesi muhtemel kirletici kontaminasyonuna karşın bir önlem olarak, su dağıtım şebekelerinde serbest bakiye klor bulunması istenir. Su dağıtım şebekelerinde serbest bakiye klor konsantrasyonlarının çok düşük olması veya serbest bakiye klor bulunmaması durumunda kullanıcılar açısından sağlık riskleri meydana gelmektedir. Su dağıtım şebekelerinde yüksek miktarda klor konsantrasyonları bulunması durumunda, suyun organik madde içeriğine bağlı olarak Trihalometanlar adı verilen kanserojen etkiye sahip dezenfeksiyon yan ürünleri meydana gelmektedir ve bu durum sağlık açısından tehdit oluşturmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Antalya-Konyaaltı içme suyu dağıtım şebekesinde EPANET modeli kullanılarak serbest bakiye klor konsantrasyonlarının yönetimi gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonu ve doğrulaması tamamlanan su kalitesi modeli, Konyaaltı bölgesi içme suyu dağıtım şebekesinin tamamında serbest bakiye klor konsantrasyonlarını Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından tavsiye edilen minimum 0,2 mg/l değerinde olmasını sağlamak maksadı ile kullanılmıştır. EPANET modeli, Konyaaltı bölgesinde serbest bakiye klor

konsantrasyonlarının tahmininde oldukça başarılı olmuş ve Boğaçay klor dozlama istasyonunda optimum klor konsantrasyonunun belirlenmesini sağlamıştır. Su dağıtım şebekeleri dinamik sistemler olup, klor konsantrasyonları zamansal ve mekansal değişimler gösterir. Bu nedenle klor konsantrasyonlarının yönetimi için modelleme çalışmaları gerekmektedir. Bu çalışma, TÜBİTAK-KAMAG grubu tarafından 2008-2011 yılları arasında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su dağıtım şebekeleri, klor yönetimi, EPANET modeli.

1. GİRİŞ

Klor ile dezenfeksiyon, uygulama kolaylığı, maliyeti, bakiye bırakması sebebi ile içme sularında en çok tercih edilen ve uygulanan dezenfeksiyon yöntemidir. İçme sularında patojen mikroorganizmaların giderilmesi için kullanılan klorun su dağıtım şebekesi boyunca muhtemel kirlenici kontaminasyonuna karşı belirli konsantrasyonlar arasında kalması istenir. Klor, ham su içerisindeki organik ve inorganik madde miktarı ile boru tipi ve cinsine bağlı olarak zamanla azalır.

İçme suyu dağıtım şebekelerinde klor konsantrasyonlarının çok düşük olması veya klor bulunmaması durumunda, şebekeye karışabilecek muhtemel kirleniciler halk sağlığı açısından tehdit oluşturur. Klor konsantrasyonlarının yüksek olması durumunda ise ham suyun kimyasal özelliklerine bağlı olarak trihalometanlar gibi kanserojen etkiye sahip dezenfeksiyon yan ürünleri oluşur. 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı resmi gazetede yayımlanan “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” te şebekenin uç noktalarında serbest bakiye klor konsantrasyonunun en fazla 0,5 mg/L olması gerektiği belirtilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise, içme suyu dağıtım şebekelerinde klor konsantrasyonunun en az 0,2 mg/L olması gerektiğini önermektedir. Halk sağlığının korunması ve olası risklerin en aza indirilmesi amacı ile su dağıtım şebekeleri aracılığı ile kullanıcıya ulaşan su içerisinde bakiye klor kalması istenir.

Klor su içerisinde iki farklı şekilde bozunmaya uğrar. Bunlardan birincisi ham suyun kimyasal özelliklerine bağlı olarak ana akımda gerçekleşen bozunmadır ki; amonyum, demir, mangan, toplam organik karbon gibi parametrelere ve sıcaklığa bağlı olarak değişim gösterir. Diğer bozunma ise, boru cinsi ve tipine bağlı olarak klorun boru cidarı ile girdiği reaksiyon sonucu ortaya çıkan bozunmadır.

İçme suyu dağıtım şebekeleri dinamik yapıdadırlar. Bu nedenle klor konsantrasyonları şebekede zamansal ve mekansal değişimler gösterir. Klor konsantrasyonlarının şebekede belirli limitler arasında kalmasını sağlamak için bu noktada modelleme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Modelleme aracılığı ile klor konsantrasyonlarının belirli limitler içerisinde kalmasını sağlamak mümkün olmaktadır. Modelleme aracılığı ile kaynakta dozlanması gereken klor konsantrasyonlarının mevsimsel değişimlerini de göz önünde bulundurmak mümkün olmaktadır. Bu konuda, EPA (Çevre Koruma Ajansı) tarafından geliştirilen, ücretsiz kullanıma açık olan EPANET hidrolik ve su kalitesi modeli içme suyu dağıtım şebekelerinde su kalitesi modelleme çalışmaları için tüm dünyada yaygın kullanım alanına sahip bir modeldir.

Antalya ili içme suyu dağıtım şebekesinde serbest bakiye klor konsantrasyonlarının yönetimi amacı ile 2008 yılında Akdeniz Üniversitesi’nin yürütücülüğünde ASAT ve

TÜBİTAK'ın desteklediği bir araştırma projesi başlatılmıştır ve proje 2011 yılı içerisinde sonlandırılmıştır. Çalışma kapsamında Antalya-Konyaaltı bölgesi pilot çalışma bölgesi olarak seçilmiştir.

ASAT bünyesinde mevcut olan ve oldukça verimli bir SCADA sistemi ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) bulunmaktadır. SCADA ve CBS verileri kullanılarak, Antalya-Konyaaltı bölgesi içme suyu dağıtım şebekesinde serbest bakiye klor konsantrasyonlarının yönetimi için gerçekleştirilen çalışmalar ve elde edilen sonuçlar bu çalışmada sunulmaktadır.

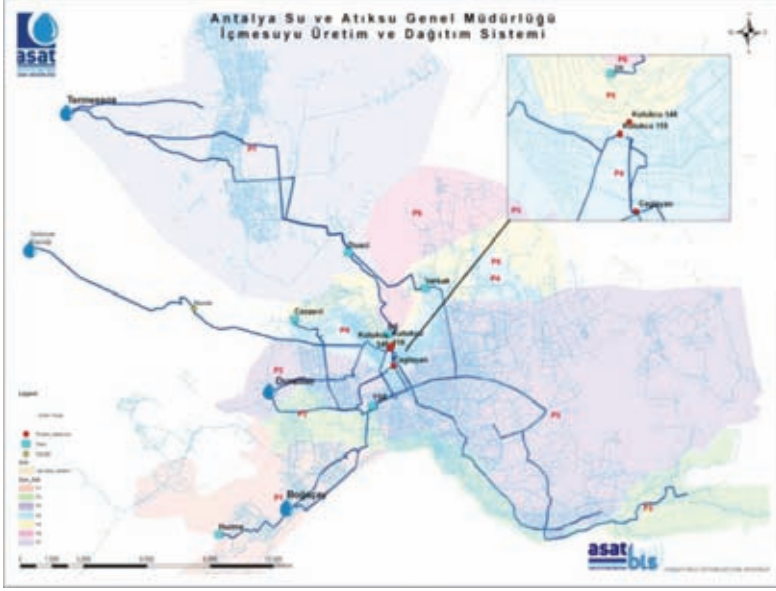
1. MATERYAL VE METOT

1.1. Pilot Çalışma Bölgesi

Antalya ilinin temel içme, kullanma ve sanayi suyu ihtiyacı yeraltı suyu kaynaklarından karşılanmaktadır. Antalya içme suyu dağıtım şebekesi 9 farklı basınç zone ile hizmet vermektedir. Her bir basınç zone farklı kottaki bölgelere hizmet vermektedir. Basınç zonları, basınç zonlarının beslendiği kaynaklar ve bu zonların hizmet ettiği kotlara ait detaylar Çizelge 1'de, içme suyu dağıtım şebekesinin basınç bölgeleri ve bu bölgelere su veren kaynaklar ise Şekil 1'de verilmektedir.

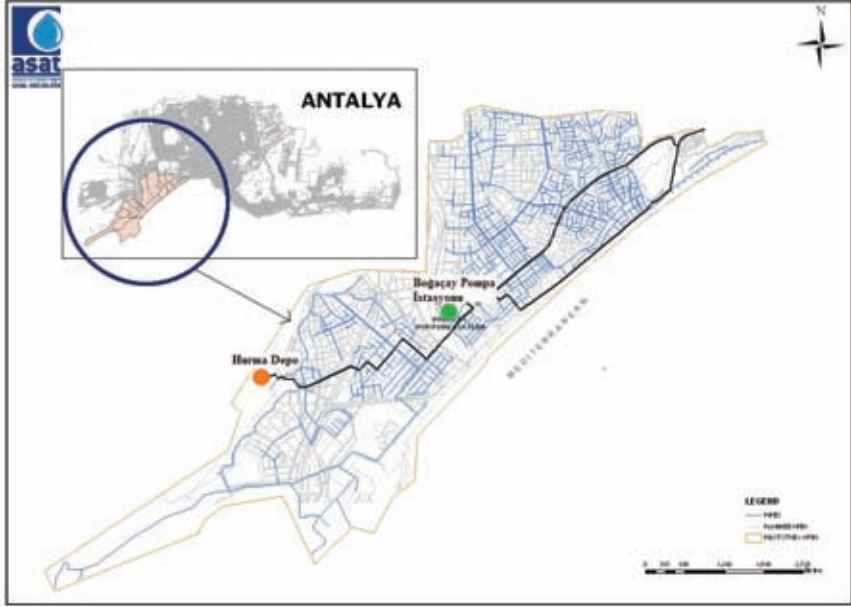
Çizelge 1. Antalya içme suyu dağıtım şebekesi basınç bölgeleri ve su veren kaynaklar

Basınç Bölgesi	Basınç Bölgesinin Su Verdiği Kotlar	Kaynaklar
P 1	0- 20 m	Boğaçay
P 2A	20- 40 m	Duraliler 1
P 2B	0- 40 m	Duraliler 1
P 3A	40- 80 m	Gürkavak
P 3B	40- 80 m	Duraliler 2
P4	80- 120 m	Duraliler 2
P5	120- 170 m	Termessos
P 6	170 - 230 m	Termessos
P7	>230m	Termessos



Şekil 1. Antalya ili su üretim ve dağıtım sistemi

Pilot çalışma bölgesi olarak seçilen Konyaaltı bölgesi P-1 basınç bölgesi olarak adlandırılan bölgedir. Bölgenin su ihtiyacı, Boğaçay tesisleri olarak adlandırılan ve toplam kapasitesi 48.000 m³/gün olan 3 adet keson ve 5 adet derin kuyudan sağlanmaktadır. Pilot çalışma bölgesinde 15.000 m³ kapasiteli Hurma Depo ismi verilen bir hazne ve yaklaşık 200 km. uzunluğunda su dağıtım hattı bulunmaktadır. Pilot çalışma bölgesinde klor dozlaması yalnızca Boğaçay üretim tesislerinde yapılmaktadır. Boğaçay üretim tesisleri, Hurma Depo ve boru konfigürasyonları Şekil 2.'de verilmektedir. Akdeniz Üniversitesi'nin yürütücülüğünde gerçekleştirilen TÜBİTAK Projesi kapsamında pilot çalışma bölgesi 18 alt bölgeye ayrılmıştır. Alt bölgelere ayırma yöntemi su kayıplarının kontrolü açısından oldukça önemli olduğu kadar, su kalitesi modeli için de bazı avantajları beraberinde getirmektedir.



Şekil 2. Pilot çalışma bölgesinin su dağıtım şebekesi

1.2. Model Kalibrasyonu ve Doğrulaması

İçme suyu dağıtım şebekesinde su kalitesi modelleme çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi için boru çapları, koordinatları, uzunlukları, cinsleri ve yaşları gibi şebekenin fiziki bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma kapsamında, CBS verileri kullanılarak EPANET modeli için girdi dosyaları oluşturulmuştur. EPANET modelinde modelleme çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi için düğüm noktalarına temel su ihtiyaçları verilmelidir. Bu aşamada SCADA sisteminden elde edilen veriler kullanılmıştır. Alt bölgeye verilen su miktarının alt bölgedeki toplam boru uzunluğuna bölünmesi sonucunda birim zamanda birim boru uzunluğuna verilen debi miktarı elde edilmiştir. Her bir düğüm noktası için temel su ihtiyacı, o düğüm noktasına bağlı boru uzunluğunun yarısından gelen debilerin toplamına eşittir. Bu yaklaşım, boru boyunca su dağıtımının üniform olduğu kabulüne göre yapılmıştır. Otel, hastane, yüksek katlı binalar vb. ile nüfus yoğunluğunun çok yüksek veya çok düşük olduğu bölgelerde bu yaklaşım doğru değildir. Bu durumda düğüm noktalarının temel su ihtiyaçları, CBS ve abone su tüketim bilgilerine ait veri tabanlarından alınan verilerle abone sayısı, abone bağlantıları ve aylık su tüketimine göre hesaplanmıştır. EPANET modelinde oluşturulan model dosyası Şekil 3.'te verilmektedir.



Şekil 3. Pilot çalışma bölgesine ait EPANET modeli dosyası

Kalibrasyon çalışmaları öncelikli olarak alt bölge ölçeğinde gerçekleştirilmiştir. Hidrolik model için gerekli kalibrasyon parametresi boru cidar bozunma katsayısıdır. Sahada yapılan ölçümler ile model tahminleri karşılaştırılarak en düşük hatayı veren pürüzlülük katsayısı tespit edilmiştir.

Klor modellemesi çalışması aşamasında klor ana akım bozunma katsayısının ve klor boru cidar bozunma katsayısının tespiti gereklidir. Ana akım bozunma katsayısı laboratuvar çalışmaları ile kolaylıkla tespit edilebilir. Bu çalışma kapsamında farklı sıcaklıklar için klor ana akım bozunma katsayısı tespit edilmiştir. Klor boru cidar bozunma katsayısı ise kalibrasyon çalışması esnasında sahada yapılan klor ölçümleri ile model tahminleri karşılaştırılarak en düşük hatayı veren boru cidar bozunma katsayısı tespit edilmiştir.

Kalibrasyonu tamamlanan model, farklı zaman periyodunda tekrar çalıştırılmıştır. Kalibrasyon aşamasında tespit edilen parametreler kullanılarak model tahminlerinin doğrulanması amacı ile saha ölçümleri kıyaslanmış ve kalibrasyon parametreleri doğrulanmıştır.

1.3. Yönetim Çalışmaları ve Senaryo Analizleri

Yönetim çalışmasının amacı, Konyaaltı su dağıtım şebekesinin tamamında serbest bakiye klor konsantrasyonlarının WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından tavsiye edilen 0,2 mg/l değerinin altına düşmemesi için, günlük ve mevsimsel su tüketim değişimlerini göz önünde bulundurarak, Boğaçay kaynağında dozlanması en uygun klor konsantrasyonunun bulunmasıdır.

Yönetim çalışmalarında; serbest bakiye klor konsantrasyonları için kritik debi (bölgeye verilen en yüksek ve en düşük debi) değerleri, farklı sıcaklıklar (en düşük sıcaklık ve en yüksek sıcaklık) için elde edilen klor ana akım bozunma katsayıları, klor ana akım bozunma katsayıları ile kritik debi değerlerinin kombinasyonları kullanılarak senaryolar geliştirilmiştir. Geliştirilen bu senaryolar göz önünde bulundurularak Boğaçay tesislerinde dozlanması gereken klor konsantrasyonu tespit edilmiştir.

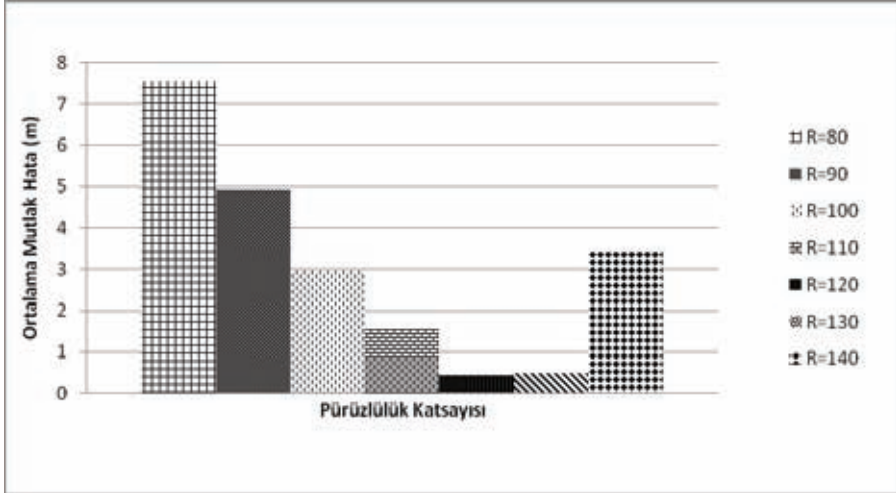
2. BULGULAR

EPANET modelinde su kalitesi modeli yapılabilmesi için laboratuvar ortamında farklı sıcaklıklar için klor ana akım bozunma katsayısı tespiti gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara ait ortalama değerler Çizelge 2.'de verilmektedir. Elde edilen klor ana akım bozunma katsayısı literatür değerleri ile kıyaslandığında oldukça düşüktür. Bu düşük değerler Akdeniz Üniversitesi'nin yürütücülüğünü yaptığı TÜBİTAK Projesi kapsamında 30 ay süresince her iki ayda bir olarak gerçekleştirilen su kalitesi ölçüm çalışmaları ile de desteklenmektedir. Elde edilen değerler neticesinde Boğaçay su kaynağı oldukça yüksek kalitedir.

Çizelge 2. Farklı sıcaklıklar için elde edilen ortalama klor ana akım bozunma katsayıları

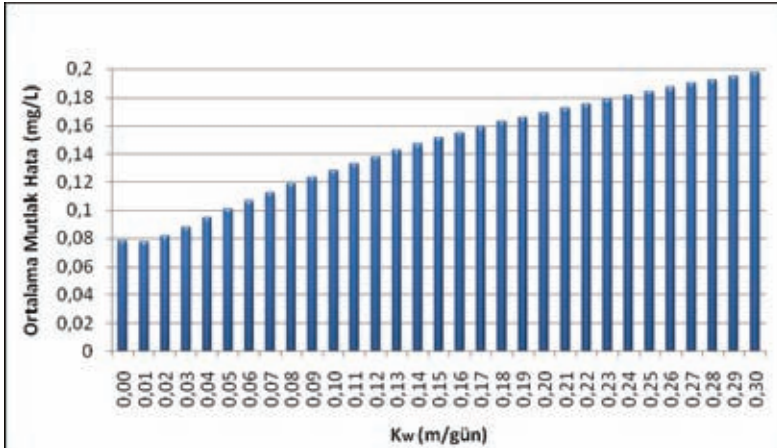
Sıcaklık (°C)	Ortalama K _b (gün ⁻¹)
15 °C	-0,06315
20 °C	-0,11305
30 °C	-0,19405

Hidrolik model kalibrasyon çalışmalarında farklı pürüzlülük katsayıları kullanılarak saha ölçümleri ve model tahminleri arasında en düşük hatayı veren pürüzlülük katsayısı tespit edilmiştir. Pürüzlülük katsayısının tespiti çalışmasında, sahada basınç ölçümleri gerçekleştirilmiş ve saha ölçümleri ile model tahminleri kıyaslanmıştır. Hidrolik model kalibrasyonu çalışmalarında farklı pürüzlülük katsayıları için elde edilen hata değerleri Şekil 4.'te verilmektedir.



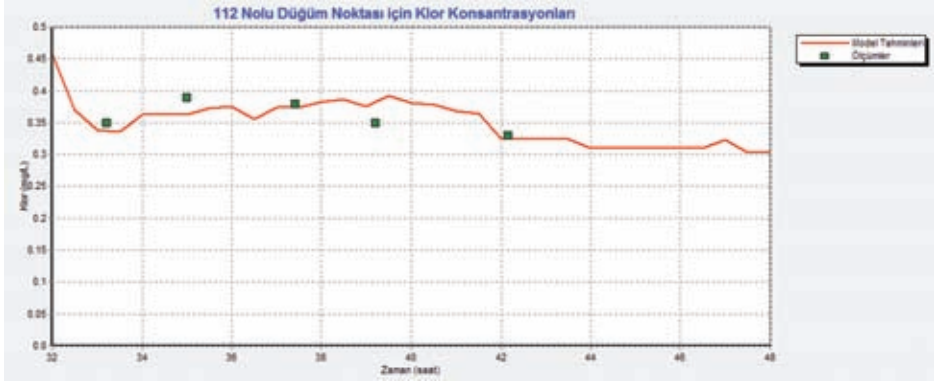
Şekil 4. Pilot çalışma bölgesinde hidrolik model kalibrasyonu için farklı pürüzlülük katsayıları için elde edilen ortalama mutlak hata değerleri

Hidrolik modelleme çalışması sonucunda klor boru cidar bozunma katsayısının tespiti için su kalitesi modeli kalibrasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sahada farklı noktalarda serbest bakiye klor konsantrasyonları ölçümü yapılarak, saha ölçümleri ile model tahminleri kıyaslanmıştır. Saha ölçümleri ile model tahminleri arasında en düşük ortalama mutlak hatayı veren boru cidar bozunma katsayısı tespiti gerçekleştirilmiştir. Su kalitesi modeli kalibrasyon çalışmaları sonucunda elde edilen klor boru cidar bozunma katsayısı ortalama mutlak hata değerleri Şekil 5.'te verilmektedir.



Şekil 5. Pilot çalışma bölgesinde su kalitesi modeli kalibrasyonu için farklı klor boru cidar bozunma katsayıları için elde edilen ortalama mutlak hata değerleri

Kalibrasyonu gerçekleştirilen hidrolik ve su kalitesi modeli için farklı zaman periyotlarında doğrulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Doğrulama çalışmalarında saha ölçümleri ile model tahminleri kıyaslanmıştır. Doğrulama çalışması neticesinde örnek bir düğüm noktasında su kalitesi modeli için elde edilen model tahminleri ile saha ölçümlerinin kıyaslandığı grafik Şekil 6.'da verilmektedir.



Şekil 6. 112 numaralı düğüm noktası için saha ölçümlerinin ve model tahminlerinin kıyaslanması

Kalibrasyon ve doğrulaması gerçekleştirilen model aracılığı ile farklı yönetim senaryoları geliştirilmiştir. Klorun zamansal ve mekansal değişimleri göz önünde bulundurularak su dağıtım şebekesinde en düşük klor konsantrasyonunun 0,2 mg/L olması için Boğaçay üretim tesislerinde dozlanması gereken optimum klor konsantrasyonları tespit edilmiştir. Senaryo analizleri çalışmalarında klorun mekansal değişimlerinin gösterildiği örnek bir mekansal değişim grafiği Şekil 7.'de verilmektedir.



Şekil 7. Yönetim senaryoları çalışmalarında pilot çalışma bölgesinde serbest bakiye klor konsantrasyonlarının gösterildiği örnek bir mekansal değişim grafiği

Çalışma sonucunda yaz sezonunda Boğaçay üretim tesisinde dozlanması gereken en düşük klor konsantrasyonu, gündüz ve gece saatlerinde 0,45 mg/l olarak tespit edilmiş olup, kış sezonunda ise Boğaçay üretim tesisinde dozlanması gereken en düşük klor konsantrasyonu, gündüz ve gece saatleri için 0,35 mg/l olarak tespit edilmiştir. Bu değer, oluşabilecek riskleri en aza indirmek amacı ile 0,40 mg/l olarak alınabilir. Yaz ve kış ayları dışındaki zamanlar için ise Boğaçay üretim tesisinde dozlanması gereken klor konsantrasyonu 0,40 mg/l ile 0,45 mg/l aralığında alınabilir. Uygulamada kolaylık sağlaması amacıyla Boğaçay üretim tesisinde tüm yıl boyunca uygulanabilecek klor dozlama konsantrasyonu 0,45 mg/l ile 0,50 mg/l olarak alınabilir.

3. SONUÇLAR

İçme suyu dağıtım şebekelerinde serbest bakiye klor konsantrasyonlarının yönetimi için deterministik modelleme çalışmaları oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

Deterministik modelleme yaklaşımında, şebekenin fiziksel bileşenlerinin iyi bilinmesi gerekmektedir ki; bu konuda CBS oldukça faydalı olmaktadır. Su dağıtım şebekeleri dinamik sistemler olduklarından CBS biriminin şebeke verilerini sıklıkla güncellemesi ve güncel tutması oldukça önemlidir. Gerçekleştirilen bu çalışmada şebekenin mevcut fiziki durumu güncel tutulmuştur.

Deterministik modelleme çalışmalarında SCADA sistemi oldukça faydalı olmuştur. Ayrıca pilot çalışma bölgesinin alt bölgelere ayrılmış olması, modelleme çalışmalarının hassasiyetinin artmasını sağlamış ve daha iyi bir yönetim çalışması gerçekleştirilebilmiştir.

Çalışmanın başlangıcında elde edilen K_b değeri oldukça düşüktür. Su kalitesi parametrelerinin izlenmesi çalışmaları kapsamında elde edilen veriler K_b değerini doğrular niteliktedir.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde uygulamada kolaylık sağlama maksadıyla Boğaçay üretim tesisinde tüm yıl boyunca uygulanabilecek klor dozlama konsantrasyonu 0,45 mg/l ile 0,50 mg/l olarak alınabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 107G088 Nolu proje, ASAT ve Akdeniz Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

17/02/2005 tarihli 25730 sayılı Resmi Gazete, “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”.

TÜBİTAK Proje Final Raporu; Mart 2011. İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde Optimum Klorlama Uygulamalarının Matematiksel Modeller Kullanılarak Gerçekleştirilmesi ve Dezenfeksiyon Sistemlerinin Yönetimi, Proje No:107G088, Antalya.

İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE GENETİK ALGORİTMA YÖNTEMİ KULLANILARAK KALİBRASYON YAPILMASI

Osman N. ÖZDEMİR*, **Erkan UÇANER**** ve **Cem KISIKLI*****

*Gazi Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl. Hidrolik ABD, Ankara – ozdemir@gazi.edu.tr

**Altındağ Belediyesi, Bilgi İşlem Merkezi, Ankara – eucaner@gmail.com

***Gazi Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl. Hidrolik ABD, Ankara, cemkisikli@gmail.com

ÖZET

Bilgisayarda hidrolik modeli kurulmuş bir içme suyu şebekesi analizi, arazide o şebeke için elde edilen gerçek ölçüm değerleri ile uyumlu olmak durumundadır. Bu uyumluluk kalibrasyon olarak bilinir. İçme suyu şebekesinin kalibrasyonu yüksek standartlarda ve işletmesi daha az maliyetli bir ortam sağlar. Bu çalışmada; optimizasyonda yeni bir yaklaşım olan genetik algoritmalar (GA), şebekede yapılan ölçümler ile bilgisayarda derlenen hidrolik modeli uyumlu hale getirmek için düşünülmüştür. Şebekeye kısa süre ile verilebilecek uygun izleyiciler örneğin flor, kalibrasyon sürecini önemli ölçüde kolaylaştırmada yardımcı olabilir. Bu amaca ulaşabilmek için genetik algoritma tekniği ile bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Çalışmada, Amerika’da halen işletilen gerçek (mevcut) bir şebekede gözlenen flor konsantrasyonları, tüketim noktası taleplerinin daha iyi hesaplanmasında kullanılmıştır. Modelin geçerliliğini kontrol etmek için, fiktif bir şebeke ve Ankara içme suyu şebekelerinden S11 bölümü ayrıca analiz edilmiştir.

Anahtar kelimeler: genetik algoritma, içme suyu şebekeleri, flor, izleyici, hidrolik kalibrasyon.

1. GİRİŞ

İçme suyu şebekelerinin hidrolik kalibrasyonu demek, oluşturulan bilgisayar hidrolik modelde pürüzlülük, zamana bağlı tüketim dağılımı gibi birçok parametrenin gerçek şebekede uyumlu elde edilebilmesidir. Arazide her borudan ölçüm yaparak hızları ve debileri belirlemek mümkün olmakla birlikte akılcı bir çözüm değildir. Bu nedenle boru hatlarında su iletim süresini baz alan çalışmalar yürütülerek kalibrasyon yapılmaya çalışılmaktadır.

Bir şebekenin hidrolik kalibrasyonu, insan sağlığına zarar vermeyecek [1-3] ve aynı zamanda kolaylıkla takip edilecek bir madde ile yapılabilir. Flor bir şebeke için bu

özellikleri taşımakta olup Amerika’da şebekelerde özellikle kullanılan bir halojendir. Dış sağlığı açısından Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlediği oranlarda (1 mg/lt) suda flor bulunmasının bir zararı bulunmamakta, hatta önerilmektedir. Florun takip edilmesi çalışmaları literatürde daha önce incelenmiş bir konudur. Özellikle borulardaki hızların belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Kennedy [1], borulardaki hızları belirlemek amacıyla su iletim süresini baz alan ve flor ölçümlerini takip eden çalışmalar yapmıştır. Benzer bir çalışmada [9] kalibrasyon için flor kullanılmış ancak GA yöntemi denenmemiştir.

Bu çalışma yeni bir optimizasyon yöntemi olan GA’yı kullanarak düğüm noktalarındaki tüketim debilerini doğru tespit etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaca ulaşırken kayıp ve kaçakların, daha doğrusu ölçülemeyen suyun azaltılması ilave bir katkı olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışmadaki düşünce ve program Amerika’da gerçek bir şebeke üzerinde denenmiş, sonrasında daha karmaşık fiktif bir şebeke üzerinde uygulanmıştır. Farklı karakteristik özelliklere sahip Ankara içme suyu S11 şebekesi üzerinde de yapılan çalışmalar sonucu yöntemin çalışma şartları, koşulları ve başarı oranları özetlenmiştir.

2. GENETİK ALGORİTMALAR (GA)

GA, genel olarak doğal seçim ve doğal genetik mekanizması üzerine dayanmaktadır. 1960larda geliştirilmiş ve 1970lerde Michigan Üniversitesi’nden John Holland tarafından doğal sistemlerin adaptasyonunu modellenmiştir. GA, komplike parametre çözümlerinin geliştirilmesinde verimli bir yöntem olmakta ve problemin optimizasyonu için daha iyi sonuçlar sunmaktadır. Her ne kadar GA’nın optimum çözümü bulacağının garantisi olmasa da genellikle bir veya birden fazla çok iyi çözüme çok düşük hesaplama adımıyla yaklaşmaktadır.

GA yönteminde çözümün ilk adımı problemin potansiyel çözümünü ifade eden rassal değişken kümelerinin türetilmesidir. İlk popülasyondan itibaren en uygun değişkenler, içerdikleri “genetik bilgileri” daha sonraki popülasyonlara taşımak amacıyla seçilirler. Bu işlemin adı seçim işlemidir [4]. Seçim işlemini eşleştirme işlemi takip eder. Eşleştirme işleminde iki ana değişken kümesinden içerdikleri “genetik bilgilerin” bir kısmını taşıyan ara kümeler oluşturulur. Üçüncü işlem ise mutasyon işlemidir. Bu işlemde ise yararlı genetik özelliklerin kaybı önlenir.

3. GENETİK ALGORİTMA UYGULAMASI

Bir şebekenin hidrolik çözümünün yapılabilmesi amacıyla Microsoft VB.NET ortamında bir bilgisayar programı oluşturulmuştur. Uygulanan GA değişkeni (kromozom) yapısı Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Toplam 5 düğümde kalibrasyon için GA birey yapısı

Kod 2	Kod 1	Kod 9	Kod 7	Kod 6
Düğüm 16	Düğüm 17	Düğüm 18	Düğüm 19	Düğüm 32

Bu kromozomda kalibre edilecek düğümler ve bu düğümlere karşılık gelen değerler (kodlar) gösterilmiştir. Tüketim, Çizelge 2’te gösterilen kodlar ile tanımlanmıştır. Bu kod

değerleri her bir düğüm noktasının tüketiminde oluşan yüzdelik değişimleri göstermektedir. Yüzdelar arası aralık, adım sayısı ile bulunmaktadır. %50 en yüksek (maksimum) aralık ve 11 adım sayısının kullanıldığı örnek çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Aralık sayısı 11 olan bir GA modeli için kod değerleri

% değişim	Değişim Yok										
	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
	Kod 1	Kod 2	Kod 3	Kod 4	Kod 5	Kod 6	Kod 7	Kod 8	Kod 9	Kod 10	Kod 11

Örneğin, Çizelge 1’de gösterilen kod 2 (%-40) 3 litre, ilk tahmini 5 litre olan düğüm 16’yı ifade etmektedir.

3.1 Uygunluk Fonksiyonu

Bu aşamada karşılaştırılmak üzere olan iki farklı tipte veri bulunur. Birincisi gerçek (mevcut) şebekede var olan flor konsantrasyonu ölçümleri, ikincisi ise GA tarafından gelişigüzel atanmış tüketim debilerine göre analizi yapılmış, hesaplanmış flor konsantrasyonlarıdır. Flor konsantrasyonu değerleri, Birleşik Devletler (USEPA) Çevre Koruma Örgütü [5] tarafından geliştirilmiş olan EPANET isimli bir program yardımıyla belirlenmiştir. Gerçek (mevcut) şebekede ölçülmüş flor konsantrasyonları esas ulaşılması gereken değerlerdir. Bu gerçek değerlerin yanında GA bazlı çözümlerde değişken kümesinin karşılık geldiği tüketimlerin (kromozomların yapısından kaynaklanan) oluşturduğu flor konsantrasyonları elde edilir. Bu kısım, bir sonraki bölümde daha detaylı olarak anlatılacaktır. GA kodunun uygunluk değerini belirleyebilmek için problemin yapısına uygun bir uygunluk fonksiyonu belirlemek gerekir. GA tabanlı hesaplanmış flor konsantrasyonları, gerçek şebekeden elde edilen flor konsantrasyonları ile karşılaştırılırlar:

$$Uygunluk = \frac{CezaKatsayısı}{\sum_{i=1}^N [GF(i) - SF(i)]^2} \quad (1)$$

Yukarıdaki denklemde N ölçüm alınan düğüm noktası sayısını, GF(i) gerçek şebekeden ölçülen flor konsantrasyonunu (mg/Lt), SF(i) ise GA tabanlı atanmış düğüm noktası tüketimleri ile (kromozom yapısı ile) simülasyonla hesaplanan flor konsantrasyonunu (mg/Lt) ifade etmektedir. “Ceza Katsayısı” ise atanmış düğüm noktaları tüketimleri nedeni ile toplam tüketimdeki hataya bağlı olarak uygunluk değeri ile çarpılan bir yüzdendir. Problemimiz, şebekeden çekilen toplam su hacmini belirlemek değildir. Toplam su hacmi, pompaların şebekeye verdiği su ile depolama tanklarındaki seviyelerin dengesinden elde edilebilir. Şebekede toplam tüketilen su hacmin düğüm noktalarına dağılımı genellikle kritik bir konudur ve kalibrasyonun esas ögesidir. Şebeke düğüm noktaları arasında bu toplamı paylaşdırmak, kalibre edilecek bir içme suyu şebekesi zorlu bir sorudur.

Her iterasyonda GA, ya yeni bir değişken (kromozom) yaratır ya da değişkenin mevcut yapısını değiştirir. Sonuç olarak, kalibrasyon altındaki düğüm noktalarına yeni tüketim değerleri atanır. Düğüm noktalarındaki tüketimler geçici olabilir ve toplamları şebekedeki gerçek toplam tüketimle eşleşmeyebilir. Bundan ötürü düğüm noktalarından bazılarının düzeltilmelere tabi tutulması gerekir. Bazı tüketim değerlerinin düzeltilmesi veya bulunan uygunluğa bir ceza verilmesi gerekir. Aşağıda Çizelge 3’de görüldüğü gibi bir ceza katsayısı böyle bir durum için tanımlanmıştır. Örneğin, şekle göre, eğer kalibrasyonla

belirlenen tüketim değerleri toplamının gerçek tüketimlerin toplamına oranı %80'den az ise GA tabanlı değerlerin uygunluk değeri %50 oranında azaltılmaktadır.

$$TüketimOranı = \frac{\sum_{j=1}^N Q_s(j)}{Q_T} \quad (2)$$

Yukarıdaki denklemde Q_s GA tarafından benzeşimle hesaplanan tüketim değerlerini, Q_T ise gerçek tüketimlerin toplamını ifade etmektedir. Eğer tüketim oranı 1'den büyük olursa, elde edilen değer ikiden çıkartılarak birin altına indirilir.

Çizelge 3. Toplam tüketimdeki farka göre uygunluk ceza katsayıları

Tüketim Oranı	1-0.99	0.99-0.95	0.95-0.90	0.90-0.00
Ceza Katsayısı	1	0.8	0.7	0.5

4. YÖNTEMİN GERÇEK (MEVCUT) ŞEBEKEYE UYGULANIŞI

GA'nın Şekil 1'te görülen şebeke üzerinde uygulanışı bu bölümde açıklanmıştır. Önceki bölümlerde açıklanan metodoloji, Amerika'da mevcut bir şebeke üzerinde (Cherry Hill – Güney Merkez Connecticut Bölgesel Su Kurumu'na bağlı Brushy Düzlüğü, SCCRWA) uygulanmıştır. Bu şebeke, literatürde birçok çalışma içerisinde geçmişte kullanılmış [3, 6-8] olup şebeke düğüm noktası 1'de görünen pompa istasyonu, düğüm 26'da depolama tankı ve toplamda 36 düğüm noktası ile toplam yaklaşık 11 km uzunluğunda 43 ayrı boru hattından oluşmuştur.

İçme suyu şebekelerine flor beslemesi yapılması Amerika'da yaygın uygulanmakta olan bir yöntemdir. Şekil 1'de verilen şebekeye flor beslemesi 1 nolu düğüm noktasından (pompadan) yapılmıştır. Uygulama için izlenen adımlar aşağıda sıralanmıştır:

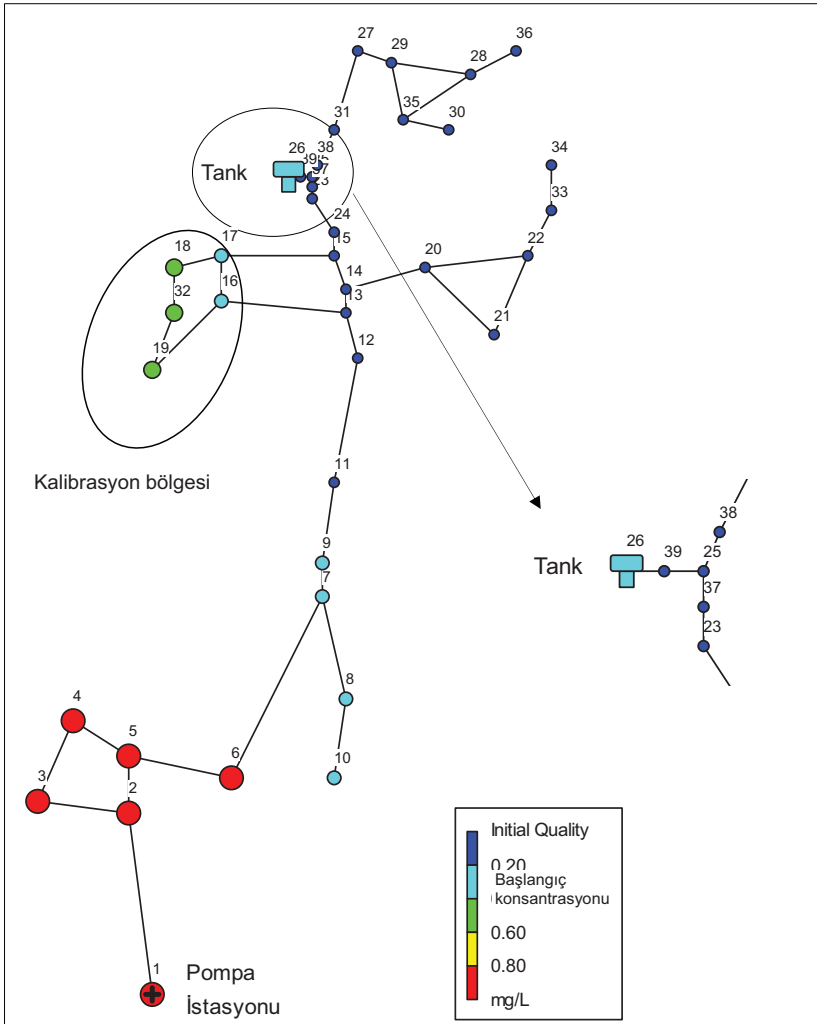
- Şebekenin tüm düğüm noktalarında elde edilen flor konsantrasyonları EPANET programı yardımıyla 55 saat süre ile hesaplanıp kaydedilmiştir.
- Şekil 1'de gösterilen 16, 17, 18, 19 ve 32 nolu düğüm noktalarından oluşan bölgenin ayrıntılı kalibrasyonu üzerinde çalışılmıştır. Bu 5 düğüm noktasının tek, ikili ve üçlü kombinasyonlarına ait flor konsantrasyonları (1) nolu eşitlikte bulunan uygunluk fonksiyonunda kullanılmıştır.
- Belirlenen 5 düğüm noktasının tüketim miktarları, bir başlangıç çözümü oluşturmak amacıyla değiştirilmiştir. Sonrasında ise GA kodu çalıştırılarak 5 düğüm noktasının ilk baştaki tüketimlerine geri dönmeye çalışılmıştır.

Bu noktada çözülmesi gereken bir konu, kalibrasyonu yapılacak bölgenin çözümlenebilmesi için minimum kaç düğüm noktasında ve hangi düğüm noktalarında flor konsantrasyonlarının ölçülmesi gerektiğidir. Bu soru için kesin bir cevap olmamakla birlikte bazı yardımcı bilgiler verilebilir.

GA yönteminin avantajlarından biri en iyi veya en yakın sonucu hızlı bir biçimde elde edebilmesidir. Mevcut çalışmada çözümlenmeye çalışılan problem, ölçülen flor konsantrasyonlarını sağlayacak doğru tüketim değerlerinin bulunmasıdır. Düğüm

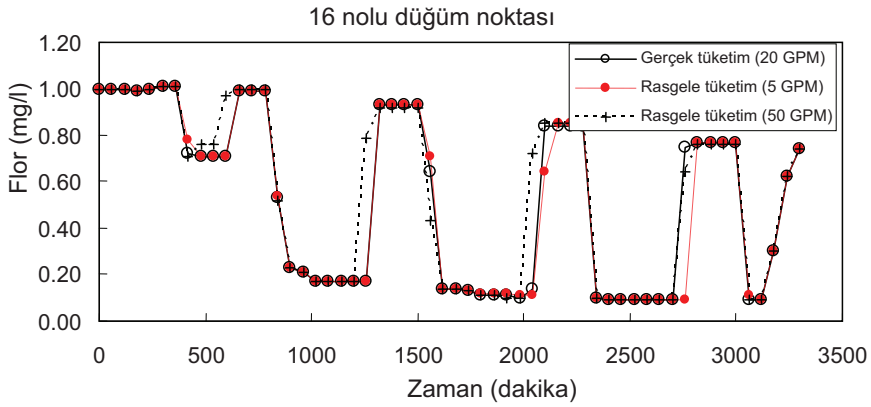
noktalarındaki flor konsantrasyonlarının tüketimlerin değişimine olan hassasiyeti, şebekenin hidroloji ve topografyasına bağlı olarak fazla veya düşük olabilmektedir.

Örneğin, şekil 1’de görünen şebekedeki 5 düğüm noktası için tek bir ölçüm noktası kullanılırsa 5 farklı alternatif bulunmaktadır. Şekil 5’de düğüm noktası 16’nın düğüm noktasındaki tüketim değişikliklerine olan hassasiyeti gösterilmiştir. GA çözümü sırasında seçilen uzaydan ötürü düğüm noktaları, minimum 5 GPM (Dakikada galon) ve 50 GPM değerlerini tüketim değeri olarak alabilirler. Bu değerlere karşılık gelen flor konsantrasyonu ölçümleri yine şekil 2’de yer almaktadır. Benzer bir çalışma 32 nolu düğüm noktası için yapılmış ve sonuçlar Şekil 3’de verilmiştir.

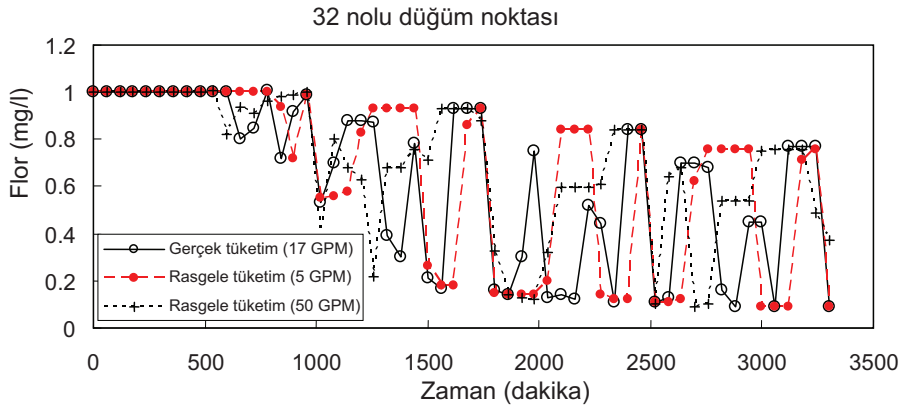


Şekil 1. Cherry Hill – Güney Merkez Connecticut Bölgesel Su Kurumu’na bağlı Brushy Düzlüğü şematik gösterimi

Şekil 2 ve Şekil 3 birbirleriyle karşılaştırıldığında benzer tüketim değişikliklerine göre iki farklı hassasiyet davranışı olduğu görülmektedir. Her iki düğüm noktasında da büyük tüketim değişiklikleri oluşturulmasına rağmen, yalnızca 32 nolu düğüm noktası farklı flor konsantrasyon dağılımı göstermiştir. Bundan ötürü 16 nolu düğüm noktasında olduğu gibi şebekedeki kimi noktaların tüketim değişimlerine karşı yeterince hassaslık göstermediği görülmektedir. Diğer düğüm noktalarına kıyasla daha yüksek hassasiyet davranışı gösteren düğüm noktalarının çözümden kullanılması daha akılcı bir yaklaşım olacaktır. Tablo 1’de 5 düğüm noktası için yapılan “Hassasiyet Analizi” sonuçları bir, iki ve üç düğüm noktası seçilmesi durumları için gösterilmiştir.



Şekil 2. 16 nolu düğüm noktasının tüketim değişimlerinde flor konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 3. 32 nolu düğüm noktasının tüketim değişimlerinde flor konsantrasyonlarının değişimi

GA çözümü ile elde edilmek istenen tüketim değerleri Çizelge 4'ün ilk satırında verilmiştir. Çizelge 4'de görüldüğü gibi iki ve üç farklı düğüm noktasının seçilmesi durumunda hemen tüm çözümler yeterince iyi sonuçlar vermektedir. Bu çözümlerdeki hatalar Çizelge 4'ün son kolonunda verildiği gibi yeterince düşük olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4. Tüm seçenekler için (Tek, iki ve üçlü düğüm noktalarının kullanımı) elde edilen tüketim değerleri ve hatalar

Ölçüm Alınan Nokta Sayısı	Kullanılan Düğüm Noktaları	Düğüm Noktası 16	Düğüm Noktası 17	Düğüm Noktası 18	Düğüm Noktası 19	Düğüm Noktası 32	Mutlak Farkların Toplamı	Ortalama Hata
		Gerçek Tüketim : 20 GPM	Gerçek Tüketim : 20 GPM	Gerçek Tüketim : 20 GPM	Gerçek Tüketim : 5 GPM	Gerçek Tüketim : 17 GPM		
1	16	20.22	14.58	3.2	2.6	41.4	49.24	16.91
	17	20.22	20.27	25.96	2.6	12.78	13.07	
	18	17.73	20.27	20.27	14.16	8.69	20.28	
	19	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	32	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
2	16-17	20.22	20.27	25.96	2.6	12.78	13.07	2.633
	16-18	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	16-19	20.22	20.27	17.42	7.22	16.87	5.42	
	16-32	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	17-18	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	17-19	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	17-32	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	18-19	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	18-32	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
3	16-17-18	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	2.58
	16-17-19	20.22	20.27	25.96	7.22	8.69	16.98	
	16-17-32	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	16-18-19	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	16-18-32	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	16-19-32	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	17-18-19	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	17-18-32	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
	17-19-32	20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	
En iyi olasılık		20.22	20.27	20.27	4.91	16.87	0.98	

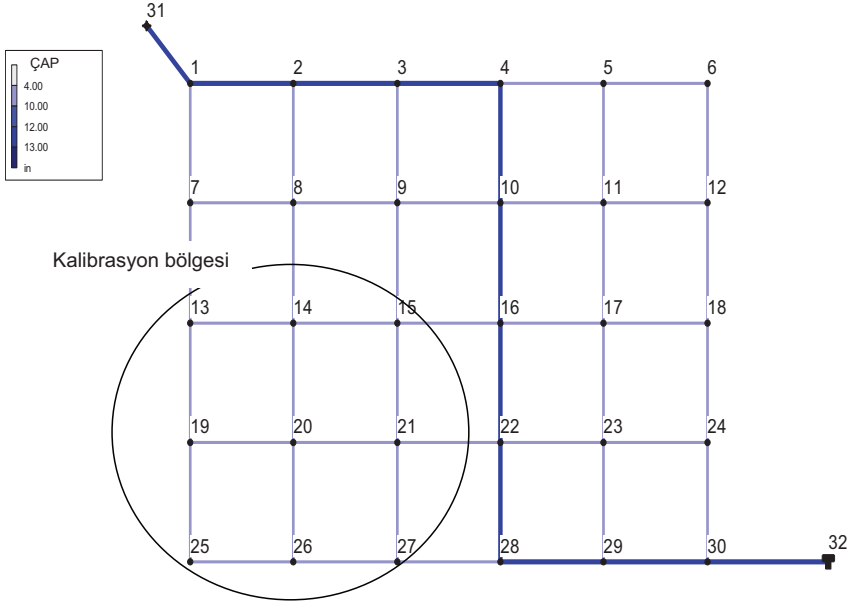
5. FİKTİF ŞEBEKEDE UYGULAMA

Şekil 1’de verilen şebekeye ek olarak, daha karmaşık örgü (mesh) biçiminde fiktif bir şebekede uygulama yapılmıştır. Yukarıda anlatılan şebekeye kıyasla Şekil 4’de görülen şebeke kalibrasyon açısından çok daha karmaşıktır. Şekil 4’de görülen 9 nokta kalibrasyon için incelenen düğüm noktalarıdır. Bu düğüm noktalarının tamamının ilk tüketim miktarı 10 GPM’dir. GA yardımıyla kalibrasyon yapmak amacıyla şebeke üzerinde tek, iki, üç, dört ve beş farklı düğüm noktasıyla çözümler gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5’de her durum için çalıştırılabilir alternatif sayısı verilmiştir.

Çizelge 5. 1, 2, 3, 4 ve 5 düğüm noktası kullanılması durumunda olabilecek çözüm sayısı

Toplam 9 Düğüm Noktası için Kalibrasyon İşlemi					
Ölçüm Alınan Düğüm Noktası Sayısı	1 Düğüm Noktası	2 Düğüm Noktası	3 Düğüm Noktası	4 Düğüm Noktası	5 Düğüm Noktası
Denebilecek Çözüm Sayısı	9	36	96	126	126

Çizelge 6’da her durum bir için örnek bir çözümün sonuçları verilmiştir. Çizelge 6 incelendiğinde 9 düğüm noktasından tek bir düğüm noktasının seçilerek şebekenin kalibrasyonunun yapılması durumunda ciddi hatalar elde edildiği görülmektedir. Buradan da görüldüğü üzere bu fiktif şebeke, önceki bölümde anlatılan gerçek şebekeden çok daha karmaşık ve çözümü çok daha zordur. GA tarafından bulunan uygunluk değeri yüksek bile olsa gerçek çözüm bulunmamış olabilir. Çizelge 6’da görüldüğü gibi tek bir düğüm noktası yerine iki düğüm noktasının kullanılması durumunda fiktif şebeke için bulunan hatalar çok daha makul seviyelerdedir. Hemen tüm düğüm noktalarının tüketimleri (10 GPM) iki noktada ölçüm yapılarak bulunabilmiştir. Bulunan hatalar ile üç, dört ve beş noktanın kullanılması durumlarında elde edilmiştir. Yine Çizelge 6’da görüldüğü üzere birden fazla düğüm noktası kullanılması durumunda bulunan hata miktarlarında çok ciddi miktarda azalma söz konusudur. Çözüm sırasında hatanın ciddi düşüş gerçekleştirdiği bu bölgeye kaç düğüm noktası ile ulaşılabildiği belirlendiğinde çözüme ulaşmak çok daha kolaylaşmaktadır. Bu örnek için güvenli tarafta kalmak için üç farklı düğüm noktasıyla ölçüm yapılması tavsiye edilebilir. Üç ve daha fazla sayıda düğüm noktası seçilen her çözümde doğru sonuca en yakın çözüm edilebilmiştir.



Şekil 4. Fiktif şebekenin görünümü

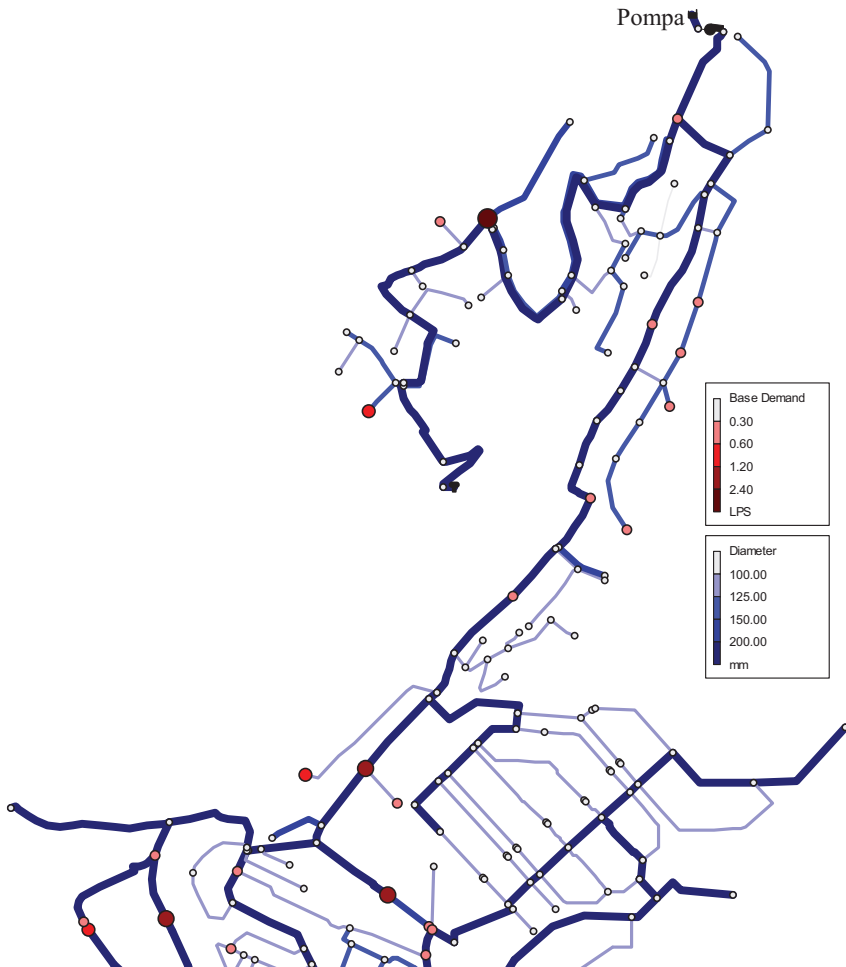
Çizelge 6. Fiktif şebekede üzerinde yapılan GA çözümleri

Ölçüm Alınan Nokta Sayısı	Kullanılan Düğüm Noktaları	Düğüm Noktası 13	Düğüm Noktası 14	Düğüm Noktası 15	Düğüm Noktası 19	Düğüm Noktası 20	Düğüm Noktası 21	Düğüm Noktası 25	Düğüm Noktası 26	Düğüm Noktası 27	Mutlak Farkların Toplamı	Ortalama Hata
		Gerçek Tüketim : 10 GPM	Gerçek Tüketim : 10 GPM	Gerçek Tüketim : 10 GPM	Gerçek Tüketim : 10 GPM	Gerçek Tüketim : 10 GPM	Gerçek Tüketim : 10 GPM	Gerçek Tüketim : 10 GPM	Gerçek Tüketim : 10 GPM	Gerçek Tüketim : 10 GPM		
1	25	10.02	7.53	12.51	10.02	8.99	8.99	9.98	10.98	7	11.04	7.1
2	13-15	10.02	10.02	10.02	10.02	8.99	9.98	9.98	10.98	9.98	2.14	0.96
3	13-20-27	10.02	10.02	10.02	10.02	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	0.18	0.18
4	13-20-21-25	10.02	10.02	10.02	10.02	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	0.18	0.18
5	13-14-15-20-25	10.02	10.02	10.02	10.02	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	0.18	0.18
En iyi olasılık		10.02	10.02	10.02	10.02	9.98	9.98	9.98	9.98	9.98	0.18	-

6. ANKARA S11 SU ŞEBEKESİ

Yukarıda bahsi geçen şebekeler üzerinde yapılan çalışmalara ek olarak aşağıda Şekil 5’de gösterilen ve Ankara’nın güney kesiminde bulunan S11 bölgesinde çalışmalar yapılmıştır.

S11 şebekesi, yukarıdaki fiktif şebekeden farklı olarak bir örgü halinde bulunmayan, bunun yerine sanki tek bir boru hattından suyun akmasına benzer yapıya sahip bir şebekedir. Şebeke üzerinde Şekil 5'de görülen şebeken en güneyinde bulunan bölümde şebekenin geri kalanına oranla çok ciddi miktarda tüketim olmasından ötürü, şebeke üzerinde akış hep tek yönlü olmakta, bundan ötürü de şebekeye verilen flor hep tek yönlü olarak hareket etmektedir. Başka bir ifade ile şebekeye verilen flor konsantrasyonunun şebeke içi hareketinde herhangi bir karışım olmamakta bunun yerine güneye doğru düzenli bir akış olmaktadır. Bundan ötürü yapılan çözümlmelerde S11 şebekesi bahsi geçen GA yöntemi ile kalibre edilememiştir. Bu yöntemin başarılı sonuçlar verebilmesi için incelenen şebekenin yukarıdaki fiktif şebekenin yapısına benzer örgü yapılı ve dolayısıyla karışım olması gerekmektedir.



Şekil 5. Ankara'nın güneyinde yer alan S11 şebekesi şematik görünümü.

7. SONUÇ

Yukarıdaki farklı özelliklere sahip şebekeler incelendiğinde flor konsantrasyonlarının dağılımını takip eden GA yöntemi, örgü tipli şebekelerde başarılı sonuçlar vermektedir. Yöntemin başarısı için diğer önemli noktalar ise ölçüm alınacak düğüm noktası sayısı ve bu noktaların şebeke üzerindeki kritik coğrafi konumlarıdır. Fazla düğüm noktasından ölçüm almak her zaman daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamakta ancak ekonomik bir çözüm olmamaktadır. Bu nedenle incelenecek düğüm noktası sayısının ve yerlerinin belirlenmesi hidrolik modeli çalışacak kişinin deneyimine bağlıdır.

KAYNAKÇA

- [1] Kennedy, M.S., Sarikelle, S. and Suravallop, K. (1991), "Calibrating hydraulic analyses of distribution systems using fluoride tracer studies", Journal of A.W.W.A., Cilt 83 (7), 54-59.
- [2] Clark, R.M., Grayman, W.M., Goodrich, J.A., Deininger, R.A. and Hess, A.F. (1991), "Field-testing distribution water quality models", Journal of A.W.W.A., Cilt 83 (7), 67-75.
- [3] Rossman, L.A., Clark, R.M. and Grayman, W.M. (1994), "Modeling chlorine residuals in drinking-water distribution systems", Journal of Env. Eng., Cilt 120, No. 4, 803-820.
- [4] Goldberg, D.E. (1989), Genetic Algorithms in Search, "Optimization and Machine Learning", Addison-Wesley, Reading, Mass., U.S.A.
- [5] Rossman, L.A. (1993), "EPANET User's Manual", Risk Reduction Engineering Lab., U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
- [6] Biswas, P.C., Lu, and Clark, R.M. (1993), "Chlorine concentration decay in pipes", Water Research 27, 1715-1724.
- [7] Özdemir, O.N. and Ger, A.M. (1998), "Realistic numerical simulation of chlorine decay in pipes", Water Research 32, No. 11, 3307-3312.
- [8] Özdemir, O. N. and Ucak, A. (2002), "Simulation of chlorine decay in drinking-water distribution systems", Journal of Env. Eng., Cilt 128, No. 1, 31-39.
- [9] Gözütok, S. and Özdemir, O.N. (2004), "Genetik algoritma yöntemi ile su şebekelerinde hidrolik kalibrasyonun geliştirilmesi", Gazi Üniversite Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 19, No. 2, 125-130.
- [10] Holland, J. H. (1975), "Adaptation in Natural and Artificial Systems", The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, U.S.A.
- [11] Uçaner, M. E. and Özdemir, O.N. (2007), " Validation of Genetic Algorithms For The Hydraulic Calibration of a Water Supply Network ", Fresenius Environmental Bulletin, Sayı 3

İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE KLORLAMANIN GENETİK ALGORİTMA YÖNTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

Osman N. ÖZDEMİR*, Erkan UÇANER** ve Cem KISIKLI***

*Gazi Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl. Hidrolik ABD, Ankara – ozdemir@gazi.edu.tr

**Altındağ Belediyesi, Bilgi İşlem Merkezi, Ankara – eucaner@gmail.com

***Gazi Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl. Hidrolik ABD, Ankara, cemkisikli@gmail.com

ÖZET

İçme suyu şebekelerinde klorlama genellikle şebekenin kaynak noktasında yapılmaktadır. Şebekenin büyüklüğü ve şebeke borularındaki hızlara bağlı olarak şebekenin uç bölgelerinde klorun tükendiği gözlemlenmektedir. Bu nedenle ek klorlama istasyonlarına ihtiyaç duyulabilmektedir. Şebeke üzerindeki tüketimlerin sürekli değişken olması nedeni ile yerleştirilecek istasyonun yeri kadar, şebekeye ilave verilecek klor miktarı da büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada genetik algoritma (GA) kullanılarak ek klorlama istasyonlarının yeri, ilave klor enjeksiyon miktarı ve şebekeye zamana bağlı olarak verilmiş şekli birlikte incelenebilmiştir. Sonuçlar ile, ilave klor verilerek şebeke içerisinde kabul edilebilir klor konsantrasyonlarına ulaşılabildiği gösterilmiştir. Araştırmanın amacı, şebeke içerisinde tüm düğüm noktalarında bakiye kloru istenilen limitlerde tutmaktır. Şebekenin hidrolik ve su kalite çözümlerini yapmak amacıyla EPANET paket programı kullanılmıştır. Yazılan ilave bir program ile EPANET'in Toolkit özelliği interaktif olarak birlikte kullanılmıştır. Oluşturulan algoritma, önce gerçek bir şebeke üzerinde denenmiş, sonrasında ise çok daha karmaşık fiktif bir şebeke üzerinde gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu, klorlama, EPANET, genetik algoritma

1. GİRİŞ

Dünya standartlarında içme ve kullanma suyu insan için vazgeçilmez bir gerekliliktir. Şebekede kaynaktaki suyun tüketici musluğuna aynı kalitede, bozulmadan ulaşması amacı ile genellikle arıtma tesislerinde veya büyük pompa istasyonlarında klor ilave edilir. Suda bulunan çoğu organizmalara karşı yüksek oksidasyon sağladığından ve ekonomik olması nedeni ile klor tercih edilmektedir. Ancak klor aynı zamanda yüksek oranlarda halometanların oluşumlarına da sebep olabilmektedir.

Büyük içme suyu şebekelerinde klor şebekenin uç bölgelerine kayıplar nedeni ile ulaşamamaktadır. Bu durum, uzun boru hatları, boruların eski oluşu ve suyun kalitesinden kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle, şebekenin kloru azalmış bölgelerinde ilave klor verilebilmektedir. Yapılan ilave klorlama işlemi literatürde ikincil klorlama (booster chlorination) [10] olarak adlandırılmaktadır. Bu ikincil klorlama işlemi yapılırken şebekede bulunacak klor miktarının standartlarca izin verilen seviyede kalması gereklidir.

İçme suyu şebekelerinde genetik algoritma yöntemi kullanılarak değişik konularda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Vitkovsky [17] genetik algoritmayı (GA) şebekede borularda meydana gelebilecek sızma ve kaçakların belirlenmesinde kullanmıştır. Simpson [15] ise genetik algoritma teknikleri ile boru optimizasyonları yapılması konusunda çalışmalar yapmıştır. Meier ve Barkdoll [6], içme suyu şebekelerinde genetik algoritma ile kalibrasyon yapılmasını incelemişlerdir. Halhal [4] genetik algoritma tekniklerini gerçek bir şebekede hangi borularının değiştirilerek şebekedeki performansın artırılabilceği üzerinde kullanmıştır. Reis [11] ise genetik algoritma ile şebekedeki kontrol vanalarının yerlerini belirleyerek şebekede kaçakların azaltılması üzerine çalışmalar yapmıştır. Savic ve Walters [14], boru çaplarının ekonomik analizlerinde genetik algoritmadan yararlanmıştır. Bu makalede yer alan çalışmada ise genetik algoritma tekniği ile hem ek klorlama işleminin yapılacağı istasyon yerleri tespit edilmekte hem de şebekeye verilecek klor miktarı belirlenmektedir. Bu çalışma kapsamında içme suyu şebekelerine verilecek en fazla klor konsantrasyonu dünya standardı maksimum 4.0 mg/lit olmasına rağmen 1.0 mg/lit olarak belirlenmiştir. Propato ve Uber [10] tarafından yapılan benzer bir çalışmada yerleri sabit ek klor istasyonlarıyla optimizasyon, bir lineer en az kareler problemi olarak formüle edilmiştir. Ayrıca Munavalli ve Kumar [7] tarafından yapılan çalışmada ise yine yerleri sabit klor istasyonlarından genetik algoritma kullanılarak verilmesi gereken ilave klor miktarı belirlenmiştir.

Bu çalışmada genetik algoritma kullanılarak hem en uygun klor istasyonu yeri şebekede sabitlenmeden belirlenmeye çalışılmış hem de belirlenen istasyon yerinden şebekeye verilecek klorun konsantrasyonu bulunmuştur. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı sabit istasyon yeri düşüncesinden ayrılarak, şebekedeki tüm düğüm noktalarının ek klorlama işlemi için potansiyel bir nokta olabileceği varsayımdır. Bu varsayım çalışmayı genişletmekte ve aynı zamanda zorlaştırmaktadır, ancak daha gerçekçi ve doğru sonuçlara ulaştırmaktadır.

2. PROBLEMİN GENEL TARİFİ

Çalışmanın amacı bir içme suyu şebekesinde ihtiyaç olan ek klorlama istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi ve şebekeye verilecek klor miktarlarının belirlenmesidir. Problemin çözümü için en uygun sonuç, şebekeye minimum ilave klor miktarını vererek şebekenin her yerinde istenilen sınır ölçülerde klor konsantrasyonları elde etmek olacaktır. Bu sonucu sağlayabilmek için mümkün olacak en az sayıda klor istasyonunun belirlenmesi seçilmesi hedefler arasındadır. Bu amaca ulaşmak amacı ile yapılan bazı kabuller aşağıda tariflendiği şekildedir :

- İçme suyu şebekesinin bir günlük tüketim değerlerinin bilindiği ve şebekenin kalibrasyonu tamamlanmış bir şebeke olduğu,
- Şebekede su içi ve boru yüzeylerinden dolayı oluşabilecek klor kayıp miktarlarının bilindiği,

- Dünya standartlarında izin verilebilir klor konsantrasyonu miktarının minimum 0.2 mg/Lt, maksimum ise 4.0 mg/Lt olduğu kabul edilmiştir. Ancak çözümler izlendiğinde 1-2 mg/Lt arasında bir klor konsantrasyonun hiçbir şebeke noktasında aşılmadığı görülecektir.

Şebeke çözümü sırasında günlük olarak şebekede tüketilen toplam su miktarı yerine, izin verilen konsantrasyonlara sahip su hacmi dikkate alınacaktır. İzin verilebilir ölçüler arasında klor konsantrasyonuna sahip su “yüksek kaliteli su” (YKS) olarak isimlendirilmiştir. Şebekedeki YYS miktarı, düğüm noktalarından çekilen ve limitler dahilinde klor konsantrasyonuna sahip su hacminin toplamı ile belirlenmektedir. Bir gün, 24 saatlik süreç içerisindeki “toplam yüksek kaliteli su” (TYKS) aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$V_i = 3.6Q_i \quad (1)$$

$$\text{Minimize TYKS} = \sum_{i=1}^N \sum_{t=0}^{23} V_i \quad (2)$$

Yukarıdaki denklemde i düğüm noktası numarasını, N toplam düğüm noktası sayısını, Q_i i nolu düğüm noktasından bir saat boyunca çekilen su miktarını (litre/s), V_i bir saat boyunca çekilen su hacmini (litre), TYKS ise şebekedeki toplam yüksek kaliteli su hacmini (litre) göstermektedir.

Her bir ek klorlama istasyonundan günlük olarak verilecek toplam klor miktarı ise aşağıdaki eşitliklerle belirlenir:

$$K_i = 0.06EK_i \quad (3)$$

$$\text{Minimize GK} = \sum_{i=1}^{\text{ekis}} \sum_{t=0}^{23} K_i \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemlerde EK_i bir saat boyunca şebekeye bir düğüm noktasından eklenecek ek klor konsantrasyonunu (mg/dk), K_i şebekedeki saatlik klor ilavesini (gr), GK ise bir günlük toplam klor eklemesini, limit ‘ekis’ ise ek klorlama istasyonu sayısını göstermektedir.

3. GENETİK ALGORİTMA (GA)

GA, genel olarak doğal seçim ve doğal genetik mekanizması üzerine dayanmaktadır. 1960’larda geliştirilmiş ve 1970’lerde Michigan Üniversitesi’nden John Holland tarafından doğal sistemlerin adaptasyonu modellenmiştir. GA, komplike parametre çözümlerinin geliştirilmesinde verimli bir yöntem olmakta ve problemin optimizasyonu için daha iyi sonuçlar sunmaktadır. Her ne kadar GA’nın optimum çözümü bulacağına garantisi olmasa da genellikle bir veya birden fazla çok iyi çözüme çok düşük hesaplama adımıyla yaklaşmaktadır.

GA yönteminde çözümün ilk adımı problemin potansiyel çözümünü ifade eden rassal değişken kümelerinin türetilmesidir. İlk popülasyondan itibaren en uygun değişkenler, içerdikleri “genetik bilgileri” daha sonraki popülasyonlara taşımak amacıyla seçilirler. Bu işlemin adı seçim işlemidir. Seçim işlemini eşleştirme işlemi takip eder. Eşleştirme işleminde iki ana değişken kümesinden içerdikleri “genetik bilgilerin” bir kısmını taşıyan

ara kümeler oluşturulur. Üçüncü işlem ise mutasyon işlemidir. Bu işlemde ise yararlı genetik özelliklerin kaybı önlenir. GA çözümünün daha uygun çözüm bulamadığı yerde ise program durdurularak çözüm elde edilmiş olur. Bir sonraki bölümde birey (kromozom) yapısı ve ek klorlamaya uyarlanması ayrıntılarıyla anlatılacaktır.

4. EK KLORLAMA OPTİMİZASYONU İÇİN GENETİK ALGORİTMANIN KULLANILMASI

Problem içerisindeki bilinmeyen değişkenler, ek klorlama yapılacak istasyon yerleri ve bu istasyonlardan şebekeye verilecek ilave klor miktarlarıdır. Problemin yapısında görüldüğü gibi iki farklı tipte değişkenin bulunmasından ötürü GA çözümündeki bireylerin de iki bölümden oluşması en uygun çözüm yöntemi olacaktır. Boccelli [2]'de yaptığı çalışmada şebekedeki klor konsantrasyonu alt ve üst limitlerini sırasıyla 0.2 mg/lit ve 4.0 mg/lit almıştır. Bunun yanında şebeke içerisinde ek klorlama yapılması ihtiyacı olmayacak düğüm noktaları da bulunabilecektir. Bu tür düğüm noktaları genelde depolama tankının önü olmaktadır. Sebebi ise depolama tankının bir tüketim noktası olmaması ve depolama tankında ek klorlama ihtiyacı bulunmamasıdır. Bu nedenle ek klorlama ihtiyacı bulunmaması ihtimali GA bireyleri (kromozomlar) içerisinde dikkate alınmıştır. Bu çalışma içerisinde şebekedeki genel klor konsantrasyonu sağlık faktörü göz önünde tutulduğunda en fazla 1.0 – 1.2 mg/lit olarak tutulmaya çalışılmıştır. Daha önce de bahsedildiği üzere bu oranın üzerinde klor bulunması durumunda halometan oluşum riski ortaya çıkmaktadır. İlerleyen bölümlerde ise genetik algoritma yönteminin, 36 düğüm noktasından oluşmakta olan gerçek bir şebeke üzerinde uygulanışı anlatılacaktır. Bu şebeke için 36 farklı ek klor istasyonu yerleşme olasılığı bulunduğu ilk aşamada söylenebilmektedir. Çizelge 1'de GA birey yapısı ve bu yapıya karşılık gelen değerler gösterilmiştir. GA kodu 1'den 36'a kadar 0.0 – 1.0 mg/lit arasında değişen klor konsantrasyonu miktarlarını göstermektedir.

Çizelge 1. GA kodları ve karşılık geldikleri düğüm noktası numaraları ve konsantrasyon değerleri

GA Kodu	0	1	2	3		33	34	35
Konsantrasyon	0.000	0.029	0.057	0.086		0.943	0.971	1.000
Düğüm Noktası No	1	2	3	4		34	35	36

Çizelge 2. İki ek klorlama istasyonu aranırken oluşturulan bireylerin yapısı

		Ek Klorlama İstasyonu No 1					Ek Klorlama İstasyonu No 2			
DN		Periyot				DN	Periyot			
		1	2	3	4		1	2	3	4
GA Kodu	5	0	7	12	18	17	18	0	9	3
Değerleri	N6	0	0.2	0.343	0.514	N18	0.514	0	0.257	0.086

Çizelge 2'de GA kodları ve bu kodların karşılık geldiği konsantrasyon değerleri ile düğüm noktası numaraları verilmiştir. Çizelge 2'de verilen bir bireyin yapısı, olası ek klorlama istasyonu yerlerinden biri belirli diğeri ise değişken olan iki farklı ek klorlama istasyonu yerleşim yerinin aranış biçimini gösterir bir örnektir. Düğüm Noktası (DN) devamındaki 4

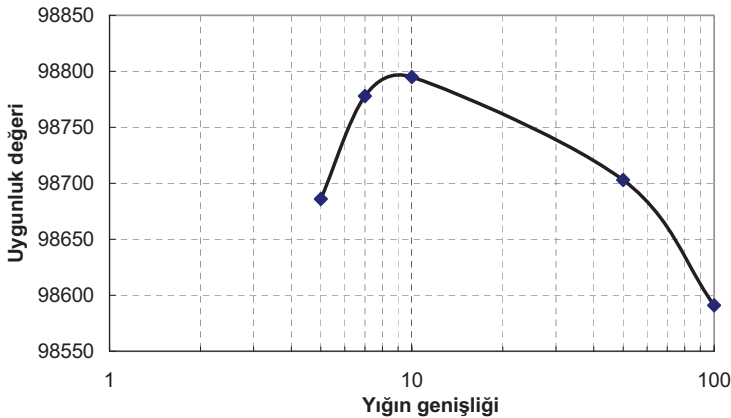
bitlik bölüm 6 saatlik periyotlar ile verilecek ilave klor miktarını belirlemek için ayrılmıştır. Bu şebeke örneğinde 6 saatlik klorlama dönemi, mevcut şebekede yer alan pompanın açılma ve kapanma süresinin belirli bir periyot şeklinde devam etmesinden dolayı seçilmiştir. Daha sık hidrolik olayların tekrar ettiği şebekelerde 6 saatlik süre kısaltılarak da klor beslemesi yapılabilir. Daha fazla ek klorlama istasyon yeri arama durumunda ise bireylerin uzunluklarının daha büyük olması gerekli olabilir.

Problemin çözümünün yapılabilmesi için bir uygunluk fonksiyonu belirlenmelidir. Bu çalışma içerisinde GA araştırması için iki ana amaç bulunmaktadır. Birinci amaç şebekede daha iyi klor konsantrasyonu dağılımları elde edebilmektir. İkinci amaç ise şebekeye eklenmekte olan klor miktarını en aza indirmektir. Bu iki amaç, aşağıdaki matematiksel fonksiyon içinde tariflenmiştir:

$$\text{Maksimize Uygunluk} = \left[\left(\frac{TYKS}{\sum V_i} * 100 \right) - \left(\frac{GK}{1000} \right) \right] * 1000 \quad (5)$$

Yukarıdaki uygunluk fonksiyonunda şebekede tükenen klor miktarı bir ceza katsayısı ile azaltılmıştır. Ceza katsayısı şebekedeki TYKS'nin oranına göre belirlenmiştir. İkinci terimin paydasındaki 1000 ise klor tüketiminin ağırlığını göstermektedir. Bu değer deneme yanılma yoluyla bulunmuş olup ihtiyaç durumunda değiştirilebilmektedir. Denklemde yer alan en son 1000 ise sonucun daha büyük sayılarla ifade edilebilmesi ve ondalık rakamlardan kurtulmak amacıyla eklenmiştir.

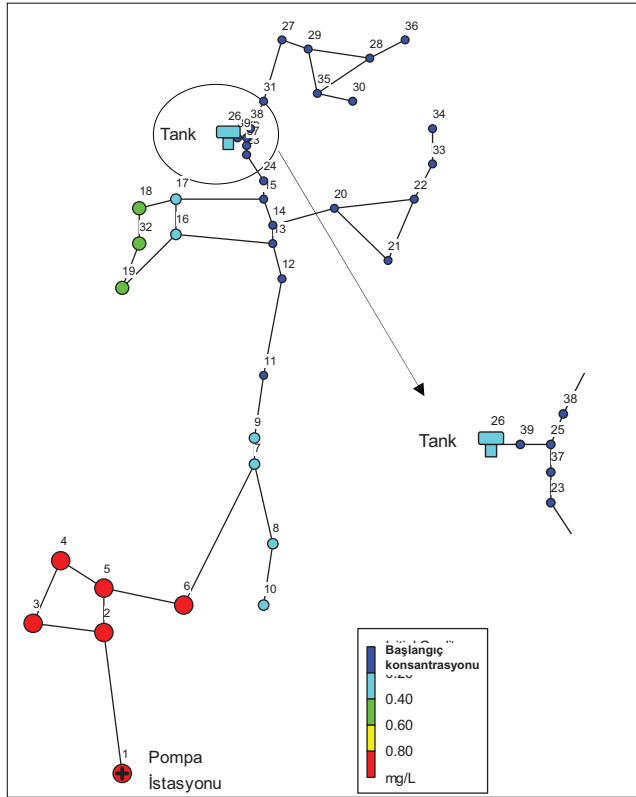
GA çözümü içerisinde popülasyon büyüklüğü, mutasyon oranı etkilerini anlayabilmek için farklı çözüm simülasyonları yapılmıştır. Genetik araştırmalarda bu iki büyüklüğün seçimi ile ilgili kesin bir kural bulunmamaktadır. Çalışma kapsamında farklı popülasyon büyüklükleri ile deneyler yapılmış ve popülasyon büyüklüğünün 10 olarak alınması durumunda en iyi sonuçlar elde edilmiştir. GA'nın en iyi sonuca yaklaşma kriteri, belirli bir süre içerisinde (bir gün) daha uygun bir çözüm bulunamaması olarak belirlenmiş ve ancak bu durumda program sonlandırılmıştır. Oluşturulan program ile 10 popülasyon büyüklüğüne sahip şebekenin çözümünde Pentium 4 bilgisayar ile bir iterasyon yaklaşık 10 saniye sürmüştür. Şekil 1'de popülasyon büyüklüğünün değişimi ile 75000 birey (kromozom) içeren üç farklı simülasyonun en yüksek uygunluk değerleri gösterilmiştir. Popülasyon büyüklüğünün değişiminin etkisi logaritmik ölçekte çizilerek gösterilmiştir.



Şekil 1. Farklı popülasyon büyüklüklerinin etkisi

5. GERÇEK ŞEBEKEDEN UYGULAMA

Önceki bölümlerde açıklanan metodoloji, Amerika’da mevcut bir şebeke üzerinde (Cherry Hill – Güney Merkez Connecticut Bölgesel Su Kurumu’na bağlı Brushy Düzluğu, SCCRWA) yöntem uygulanmıştır. Bu şebeke, literatürde bir çok su kalitesi çalışması içerisinde kullanılmıştır (Biswas [1]; Rossman [13]; Ozdemir ve Ger [9]; Ozdemir ve Ucak [8]). Şebeke, düğüm noktası 1’de yer alan pompa istasyonu, düğüm 26’da depolama tankı ve toplamda 36 düğüm noktası ile toplam yaklaşık 11 km uzunluğunda 43 ayrı boru hatından oluşmuştur. Alternatif ek klorlama istasyonu araştırmak amacıyla şebekede gerçekte yer almayan üç farklı düğüm noktası şebekeye ilave edilmiştir. Bu düğüm noktaları sırası ile 37, 38 ve 39 olarak isimlendirilmiştir. Şebekenin görünümü Şekil 2’de verilmiştir. Şebeke üzerinde hidrolik çözümler saatte bir, suyun kalite analizinin ise 5 dakikada bir ölçüldüğü kabul edilmiştir. Su içi klor kayıp (bulk decay) ve boru yüzey kayıp (wall decay) katsayıları sırasıyla 0.55 / gün ve 0.15 m/gün olarak alınmıştır [12]. Çözüm sırasındaki en önemli noktalardan biri başlangıç durumunda depolama tankının ilk klor konsantrasyonudur. Bunun için sabit bir değerde denge durumu (steady state) oluşturulmuş ve zamanla ek klorlama yapılmıştır. Depolama tankındaki klor konsantrasyonu 288 saat gibi uzun bir süre boyunca analiz edilmiştir. Tankta denge durumu ise 72 saatlik analiz boyunca kullanılmıştır.



Şebeke üzerindeki tüm hidrolik ve kalite çözümleri EPANET programı kullanılarak yapılmıştır. Pompanın açılma ve kapanma durumu ile gün sonundaki deponun seviyesinin 72 saatlik çalışma süresinin son 24 saatinde periyodik değiştiği gözlenmiştir.

Mevcut şebekede klor, pompadan 1.0 mg/lt konsantrasyonunda verilmiştir. Pompanın çalışmadığı durumlarda ise düğüm noktası 1'den (pompadan) klor verilmesi de durmaktadır. Bu nedenle şebekedeki birçok noktada suyun kalitesi kötüleşmektedir yani klor konsantrasyonları çok düşmektedir. Bu durumda günlük minimum izin verilebilir klor konsantrasyonu limitin altında olan su hacminin 730 m³ (günlük tüketimin yaklaşık %43'ü) olduğu görülmüştür.

Çizelge 3'de mevcut durum ve ek klorlama yapılması durumunda ortaya çıkan alternatif çözümler gösterilmiştir. Şebeke üzerinde her biri A ile gösterilen iki farklı ek klorlama istasyonu (A1 ve A2) araştırılmıştır. Yapılan çözümler, ek klorlama istasyonlarının birinin pompaya yakın olan düğüm noktası 2'de olması gerektiğini, diğerinin ise 25 nolu düğüm noktasından olması gerektiğini göstermiştir. Uygulamada düğüm noktası 2'nin pompaya yakın olmasından ötürü klorlamanın pompadan yapılması daha pratik olabilir. GA çözümü, düğüm noktası 1'de herhangi bir tüketim olmadığı için düğüm noktası 1 yerine düğüm noktası 2'ye klorlama istasyonu konmasını uygun görmektedir. Buna ek olarak, 2 nolu düğüm noktası diğer düğüm noktalarına daha yakındır. 25 nolu düğüm noktası ise şebekenin üst ve alt bölümünün kesişiminde yer almaktadır. Pompanın durduğu durumlarda şebekeye bu noktadan ek klorlama yapılması uygun görünmektedir.

Çizelge 3. GA simülasyon sonuçları

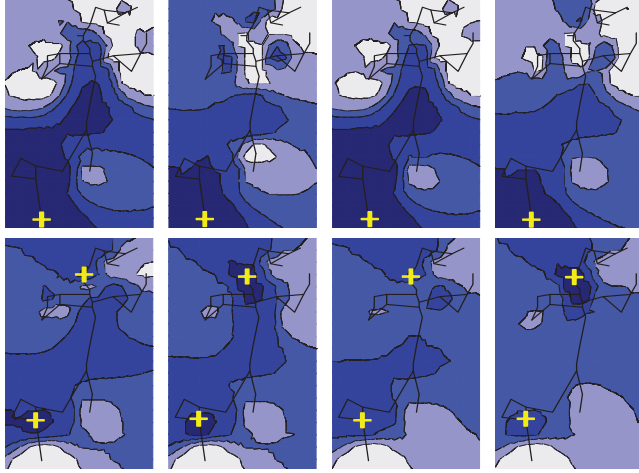
Çözüm	Konsantrasyon Limitleri (mg/lt)	GA kodu sayısı	Uygunluk Değeri	YKS (m ³)	GK (g)	Düğüm Noktası No	Periyod			
							0-6	7-12	13-18	19-24
A0			53.062	962.4	1690	1	1.00	*	1.00	*
A1	0.0-1.2	34	97.559	1689.4	2287	2	0.85	1.02	0.81	0.74
						25	0.78	0.81	0.81	1.17
A2	0.0-1.2	34	97.644	1689.3	2196	2	0.86	0.95	0.70	0.74
						25	0.85	0.88	0.82	0.92

A1 ve A2 olarak isimlendirilen bu noktalardan klorlama yapılması durumu, şebekenin mevcut durumuna kıyasla daha iyi uygunluk değerlerine sahiptir. Mevcut durumda şebeke içerisinde yalnızca %57 (962.4 m³/gün) oranında YKS ölçülürken (klor konsantrasyonu 0.2 mg/lt'den büyük), A2 olarak isimlendirilen çözümde bu oran %99.8 (1689.3 m³/gün)'e ulaşmaktadır.

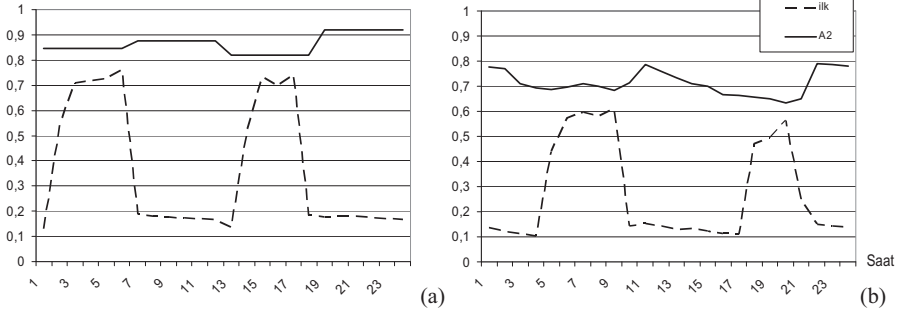
Şekil 3'de A0 ve A2 çözümü için karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 3'de A2 çözümünde gösterilen şebekenin koyu olan bölümleri, 25 nolu düğüm noktasından klor beslemesi yapılarak elde edilmiştir. Yine 25 nolu düğüm noktasından verilen klor, günlük dört periyotta şebekeye verilmiştir. İkinci ve son periyotlar sırasında 1 nolu düğüm noktasındaki pompa susmakta ve 26 nolu düğüm noktasındaki depolama tankı şebekenin su ihtiyacını karşılamaktadır. Birinci ve üçüncü periyot sürelerinde pompanın çalışıyor olmasından ötürü şebeke büyük oranda pompadan beslenmektedir. Depo içine su dolarken klor beslemesi yapılmasının bir anlamı olmayacaktır; çünkü depo bir tüketim noktası değildir. Depodaki suya eklenen klor zamana bağlı olarak akış olmamasından ötürü tükenecektir. Bu nedenle birinci ve üçüncü 6 saatlik periyotlarda şebekeye verilen klor hiç

ilave edilmemiş gibi düşünülebilir. Böylece A2 çözümünde günlük olarak 2196 gr klor tüketimi azalmış olacaktır.

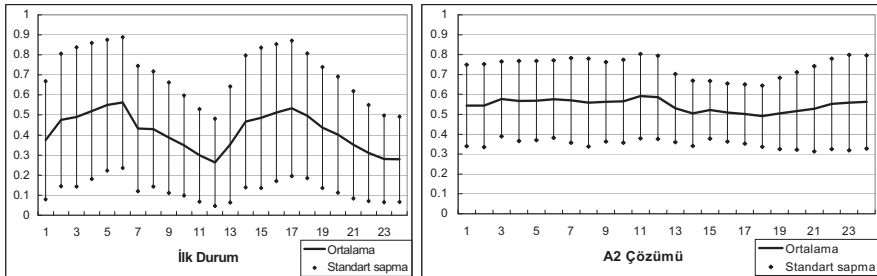
A2 çözümünde bir çok düğüm noktası limitler içerisinde kalmaktadır. Şekil 4’de düğüm noktası 25 ve 27’de oluşan zamana bağlı klor konsantrasyonları değişimleri gösterilmiştir.



Şekil 3. İlk durum (1 nolu çözüm) ve A2 çözümündeki klor dağılımları



Şekil 4. İlk durum ve A2 çözümünün noktalara ait klor dağılımları (a) 25, (b) 27 Noktası



Şekil 5. A0 ve A2 çözümleri için tüm düğüm noktalarının ortalama konsantrasyon ve standart sapma değerleri

Şekil 5’de bir gün için tüm düğüm noktalarındaki konsantrasyonların ortalama konsantrasyonlar ile standart sapmaları gösterilmiştir.

6. FİKTİF ŞEBEKED E UYGULAMA

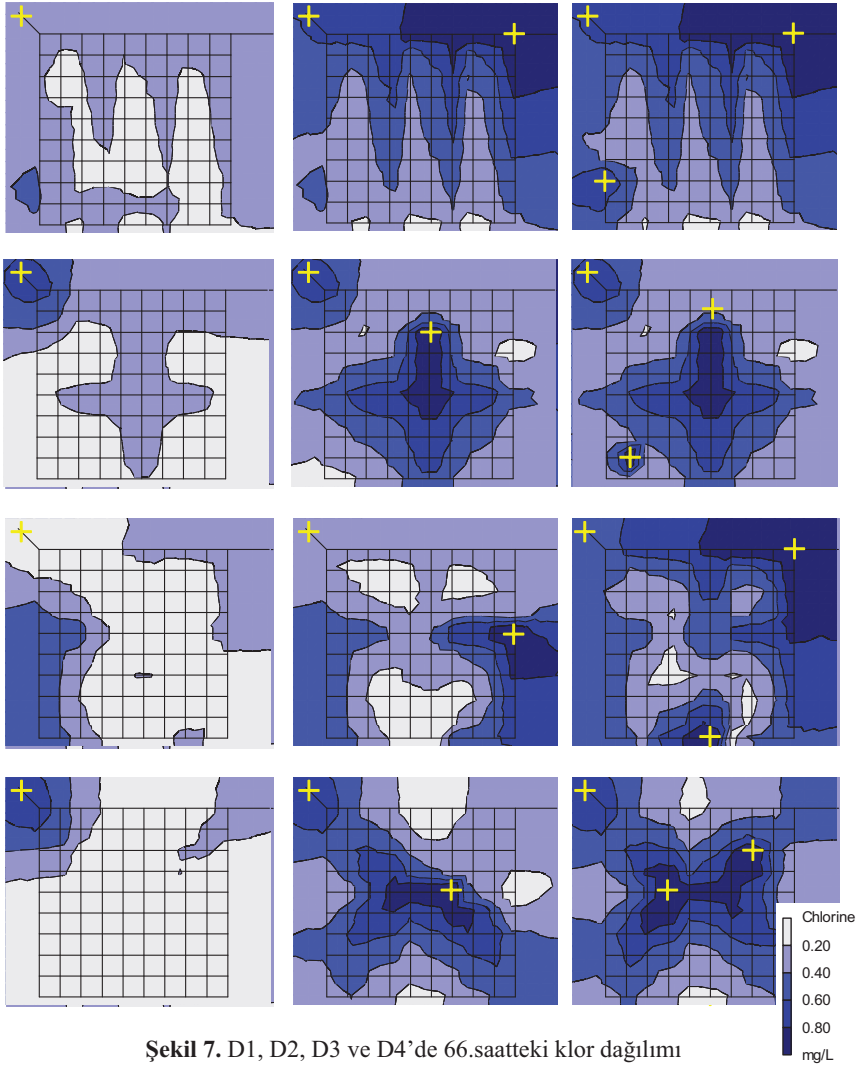
Bir önceki bölümde yer alan gerçek şebekenin daha basit bir görünüme sahip olduğu düşünülebilir. Bu şebeke için her ne kadar klor enjeksiyon paterninin belirlenmesi zor olsa da ek klorlama istasyonu yerleri deneyimle belirlenebilir. Bir önceki bölümde gösterilen şebekede deneyim ile tanka yakın bir noktanın, tankın şebekeyi beslediği durumlarda ilave klor verilebilecek bir nokta olacağı düşünülebilir. Bu nedenle bu bölümde fiktif şebeke içerisinde bir çok döngüsü olan bir şebeke incelenmiş (Şekil 6), deneyim ile klorlama istasyonu belirlenmesi zorlaştırılmıştır. Bu örnek şebeke 1 pompa istasyonu, 1 dengeleme tankı (rezervuarı), 100 düğüm noktası ve toplam uzunluğu 90 km’yi bulan toplam 182 boru hatından oluşmaktadır. Boru çapları 100 – 600 mm arasından değişmekte olup, şebekedeki günlük su tüketimi 17280 m³’tür.

Şebekenin iskeleti değiştirilmeden yalnızca boru çapları değiştirilerek Şekil 6’da gösterilen 4 farklı alternatif çalışma (D1, D2, D3 ve D4) yürütülmüştür.

Çizelge 4. D1, D2, D3 ve D4 simülasyon sonuçları

		Klor Eklenme Durumu		
		Sadece Rezervuar	Rezervuar + 1 Ek Klorlama İstasyonu	Rezervuar + 2 Ek Klorlama İstasyonu
D1	TYKS (m3)	12.290	15.207	15.896
	TYKS/ΣQ (%)	71.1	88	92
	GK (g)	17.293	21.395	22.229
	Uygunluk	69.493	85.964	89.866
D2	TYKS (m3)	12.250	15.780	16.207
	TYKS/ΣQ (%)	70.9	91.3	93.8
	GK (g)	17.291	21.284	22.200
	Uygunluk	69.262	88.877	91.668
D3	TYKS (m3)	12.320	13.843	15.411
	TYKS/ΣQ (%)	71.3	80.1	89.2
	GK (g)	17.289	20.594	23.971
	Uygunluk	69.667	78.15	86.887
D4	TYKS (m3)	11.221	15.809	16.251
	TYKS/ΣQ (%)	64.9	91.5	94
	GK (g)	17.309	22.842	25.359
	Uygunluk	63.305	88.609	91.608

D1’de verilen şebeke için tek bir ek klorlama istasyonu ile istenilen klor konsantrasyonları elde edilebilmektedir. Birden fazla klorlama istasyonu eklenmesi, Çizelge 4’de görüldüğü gibi TYKS miktarında gözle görülür değişiklikler oluşturmamaktadır. Şebeke D2’de de yine aynı durum söz konusudur. Diğer taraftan şebeke D3 ve D4 için ise iki farklı ek klorlama istasyonu gerekmektedir. Çizelge 4 ve Şekil 7 bir ve iki ek klorlama istasyonu olması durumlarının her bir şebekedeki yararlarını göstermektedir.



Şekil 7. D1, D2, D3 ve D4’de 66.saatteki klor dağılımı

7. SONUÇ

İçme suyu şebekelerinde ek klorlama istasyonu yerleşimlerini ve bu istasyonlardan verilecek ilave klor miktarlarını belirlemek amacıyla GA tabanlı bilgisayar programı oluşturulmuştur. Bu program içerisinde şebekedeki tüm hidrolik ve su kalite çözümleri EPANET paket programı yardımıyla yapılmıştır. Mevcut bir şebeke ve fiktif şebeke üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda şebekedeki minimum klor konsantrasyonu ihtiyacını karşılayacak optimum sayıda ek klorlama istasyonu yerleşimi yapılabilmektedir. Şebekenin iskelet yapısı ve boruların çapları dolayısıyla borulardaki hızlar ile toplam dezenfektan (klor) miktarı, ihtiyaç olan ek klorlama istasyonu sayısını etkileyen parametrelerdir.

KAYNAKÇA

- [1] Biswas, Lu, P.C. and Clark, R.M. (1993). "Chlorine Concentration Decay in Pipes". *Water Res.* 27(12), 1715–1724.
- [2] Boccelli, D.L., Tryby, M.E., Uber, J.G., Rossman, L.A., Zierolf, M.L. and Polycarpou, M.M. (1998). "Optimal Scheduling of Booster Disinfection in Water Distribution Systems". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 124(2), 99–111.
- [3] Goldberg, D.E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley, Reading, MA.
- [4] Halhal, D., Walters, G.A., Ouazar, D. and Savic, D.A. (1997). "Water Network Rehabilitation with Structured Messy Genetic Algorithm". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 123(3), 137–146.
- [5] Holland, J.H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Ann Arbor Science Press, Ann Arbor, MI.
- [6] Meier, R.W. and Barkdoll, B.D. (2000). "Sampling Design for Network Model Calibration using Genetic Algorithms". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 126(4), 245–250.
- [7] Munavalli, G.R. and Mohan Kumar, M.S. (2003). "Optimal Scheduling of Multiple Chlorine Sources in Water Distribution Systems". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 129(6), 493–504.
- [8] Ozdemir, O.N. and Ucak, A. (2002). "Simulation of Chlorine Decay in Drinking-Water Distribution Systems". *J. Environ. Eng.*, ASCE 128(1), 31–39.
- [9] Ozdemir, O.N. and Ger, A.M. (1998). "Realistic Numerical Simulation of Chlorine Decay in Pipes". *Water Res.* 32(11), 3307–3312.
- [10] Propato, M. and Uber, J.G. (2004). "Linear Least-Squares Formulation for Operation of Booster Disinfection Systems". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 130(1), 53–62.
- [11] Reis, L.F.R., Porto, R.M. and Chaudhry, F.H. (1997). "Optimal Location of Control Valves in Pipe Networks by Genetic Algorithm". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 123(6), 317–326.
- [12] Rossman, L.A. (1993). *EPANET User's Manual*. Risk Reduction Engrg. Lab., U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
- [13] Rossman, L.A., Clarck, R.M. and Grayman, W.M. (1994). "Modeling Chlorine Residuals in Drinking-Water Distribution Systems". *J. Environ. Eng.*, ASCE 120(4), 803–820.
- [14] Savic, D.A. and Walters, G.A. (1997). "Genetic Algorithms for Least-Cost Design of Water Distribution Networks". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 123(2), 67–77.
- [15] Simpson, A.R., Dandy, G.C. and Murphy, L.J. (1994). "Genetic Algorithms Compared to Other Techniques for Pipe Optimization". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 120(4), 423–443.
- [16] Tryby, M.E., Boccelli, D.L., Uber, J.G. and Rossman, L.A. (2002). "Facility Location Model for Booster Disinfection of Water Supply Networks". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 128(5), 322–333.
- [17] Vitkovsky, J.P., Simpson, A.R. and Lambert, M.F. (2000). "Leak Detection and Calibration using Transients and Genetic Algorithms". *J. Water Resour. Plann. Manage.*, ASCE 126(4), 258–262.

İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE BORU TÜRÜNÜN MALİYETE ETKİSİ ve İLDEM- KAYSERİ ÖRNEĞİ

Mehmet ARDIÇLIOĞLU, Tacettin ÇAĞLISOY ve Harun SUNGUR

Erciyes Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Kayseri - mardic@erciyes.edu.tr,
tcaglisoy@yahoo.com, sungurharun@gmail.com

ÖZET

İçme suyu şebekeleri kentsel mekânın planlaması ve kullanımında önemli bir alt yapı elemanıdır. Günümüzde içme suyu şebekelerinin yapımı ve işletme maliyetleri çok büyük değerlere ulaşmaktadır. Böylesine büyük yatırım gerektiren içme suyu şebekelerinin projelendirme kriterlerinin seçimine yeterince önem verilmelidir. İçme suyu şebekelerinde boru türünün maliyete etkisinin belirlenmesi amacıyla Kayseri İldem toplu konut bölgesi ele alınmıştır. Proje bölgesi 84 hektar olup, şehir merkezinin 14.3 km doğusunda Sivas yolu üzerindedir. Bölgedeki konutlar 10'ar katlı ve her biri 40 daireden oluşmaktadır. Bölge nüfusu 39.400 kişi olarak hesaplanmıştır. Şebeke hesabı ölü noktalar yöntemi ile SDEAD bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Şebeke üç farklı tipte boru için; PVC, Çelik ve Font, çözülerek boru cinsinin hesaba ve maliyete etkisi incelenmiştir. Farklı boru cinsleri için boru çapları ve maliyetleri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu şebekesi, boru türü, maliyet

1. GİRİŞ

Kentsel altyapı elemanları, yerleşim bölgelerinde sağlıklı ve modern yaşamın sağlanması ve sürdürülebilmesi için gereken araç, gereç ve donatılardır. Kentsel altyapı donanımları kentleşmenin başlangıcından günümüze kadar gelişerek artmış ve planlı kent kavramının en önemli unsuru olmuştur. Altyapı kentlerin konfor koşulları için gerekli ve önemli donanımlar olup planlama aşamasında zaman içerisinde değişen ihtiyaçları karşılayacak şekilde ele alınmalıdır. Tüm bunların sağlanması henüz tasarım aşamasında alınacak doğru kararlar ile büyük ölçüde kolaylaşacaktır. Altyapı sistemleri doğru planlanan kentlerin üst yapı gelişimi de sağlıklı olmaktadır.

Kentsel alt yapı donanımları denildiğinde akla gelen yapılar; ulaşım sisteminin parçası olan yaya ve araç yolları, haberleşme sistemleri telefon, internet kabloları, doğalgaz dağıtım sistemleri, elektrik dağıtım şebekesi, kanalizasyon sistemleri, kullanılmış suların toplanması, yağmur sularının drene edilmesini ve evsel atık suların arıtılmasını sağlayan

sistemler ve içme suyu dağıtım ve depolama tesisleridir. Kamusal alanlar, yeşil alanlar, hizmet yapıları dediğimiz ibadet yapıları, okullar, kültür, sağlık ve eğlence alanları da kentsel altyapının bir parçasıdır. Tüm bu donanımlar modern kentlerin vazgeçilmez unsuru olarak planlama aşamasında ele alınmalıdır.

Canlı hayatının vazgeçilmez unsurlarından olan su, uygun koşullarda yerleşim bölgelerine getirilerek ihtiyaçlara sunulmalı, kullanımdan sonrada tekrar deşarj noktasına iletilmelidir. Bu amaçla planlanan içme suyu şebekelerinde kullanılacak borular maruz kalacakları basınç, iletecekleri su ve döşeneceği zeminin durumuna göre seçilir. Genel olarak borularda aranılan özellikler dayanıklılık, kırılmadan bükülebilme ve darbeye karşı dayanımdır. Şebeke tasarımıda kullanılan boru türleri; döküm borular, çelik borular, plastik borular (PVC) ve beton borulardır. Tüm bu boru çeşitlerinden ihtiyaca en uygun, ekonomik olanın belirlenmesi tasarım aşamasında dikkate alınması gerekli önemli bir unsurdur [1].

Bu çalışmada içme suyu şebekelerinde farklı boru türünün şebeke maliyetine etkisi incelenmiştir. Örnek proje olarak Kayseri İldem toplu konut bölgesi ele alınmıştır. Proje bölgesi 84 hektar olup toplamda 39.400 kişinin yaşadığı öngörülmüştür. Şebeke hesabı SDEAD bilgisayar programı kullanılarak ölü noktalar yöntemi ile yapılmıştır. Şebeke üç farklı tipte boru için PVC, Çelik ve Font, çözülerek boru cinsinin hesaba ve maliyete etkisi incelenmiştir. Farklı boru cinsleri için boru çapları ve işçilik maliyetleri hesaplanmıştır.

2. İÇME SUYU ŞEBEKESİNİN PROJELENDİRİLMESİ

Kaynağından uygun koşullarda alınarak isale hattı ile haznelere getirilen suları sarfiyat yerlerine dağıtan boru sistemine içme suyu şebekesi adı verilir. İçme suyu şebekesi her binada yeteri kadar basınçlı suyu bulunduracak şekilde planlanır. Şebeke boruları devamlı su ile dolu ve basınç altında bulunmalıdır. Aksi takdirde kirlenme ihtimali artar. Şebeke boruları ev ihtiyaçları ile birlikte sanayi, yangın, bahçe sulaması ve diğer genel ihtiyaçları da temin edecek kapasitede olmalıdır [2].

İmar planı olan beldelerde şebeke projesi yerleşme bulunan bölgelerde hâlihazır duruma, imar planı içinde olup yerleşme bulunmayan bölgelerde ise imar planına göre tertiplenir. Yol istikamet planı, nazım planı olan veya imar planları yeniden ele alınması gereken beldelerde yukarıdaki hususlara uymakla birlikte gelecekteki gelişme alanları için uç debiler bırakılır. Zorunlu durumlarda mevcut haritaları olan beldelerde şebeke projesi mevcut duruma göre yapılır ve gelecekteki gelişme alanları için uç debi bırakılır.

İçme suyu şebekeleri projelendirme aşamasında şehrin topoğrafik durumu, maksimum minimum basınçlar, maksimum ve minimum debiler göz önünde tutulur. Şebeke tasarımı yapılırken yerleşim bölgelerinin 30 yıl sonraki ihtiyacının karşılanması esas alınır. Bölgenin imar planındaki durumuna göre, dal sistem, ağ şebeke ve birleşik şebeke sistemi olarak planlama yapılabilir. Dal sistem eğimli arazilerde uygulanan planlama türüdür. Ancak zorunlu durumlarda dal sistem uygulanır. Dal sistemde borularda su yalnızca bir yönde akar. Bu sistemde herhangi bir borunun zarar görmesi, kendisinden sonra gelen sokaklarında susuz kalmasına neden olur [3].

Su dağıtım şebekelerindeki akım ve basınçların analizi oldukça karmaşık bir hidrolik problemdir. Şebeke tasarımları aşağıda listelenen 4 farklı yöntemle yapılabilmektedir.

- 1) Parametrik tasarım,
- 2) En az eşdeğer boru yöntemi ile tasarım,
- 3) En iyileme yöntemleri (Optimizasyon) ile tasarım,
- 4) Ölü nokta yöntemi ile tasarım.

Bu yöntemlerden parametrik tasarım günümüzde en çok kullanılan yöntemdir. Ülkemizde ise “İller Bankası İçme Suyu Talimatnamesi” nde belirtilen ölü nokta yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde suyun şebekeden sadece belirli düğüm noktalarından değil, bütün borular boyunca çekildiği kabul edilir. Bu kabul ile çift uçtan beslenen bir borunun belirli bir noktasında (ölü nokta) debinin sıfır olduğu varsayılır. Bu varsayım ile kapalı gözlerden oluşan bir şebeke ölü noktalardan kesilerek hidrolik çözümü çok daha basit olan bir dal şebeke haline getirilir. Ölü nokta yönteminin küçük şebekelerde uygulanması kolaydır. Bu yöntemde depo ile şebeke su dağıtım borularının arasına döşenen ve geçtiği bölgeye su dağıtımı yapmayan boruya ana boru, şebekenin nüfus yoğunluğu fazla olan sokaklarından geçirilen, kapalı bir göz teşkil eden, bu göze bağlı diğer boruları besleyen ve gereken yangın debisini taşıyacak kapasitedeki borulara esas boru ve esas borudan su alan ve gerekli yangın debisini de geçirebilecek kapasitedeki borulara da tali boru adı verilir. Şebeke teşkili için önce şebekede dengelemenin yapılacağı esas borulardan oluşan gözler teşkil edilir. Gözler üzerinde ölü noktalar belirlenir. Ölü noktalar M harfi ile planda gösterilir. Daha sonra da su dağıtımı yapılacak her sokaktan geçecek şekilde tali borular yerleştirilir.

Borular belli olduktan sonra boru birleşim yerleri belirlenerek su akış yönleri saptanır. Bütün bu işlemler genel pafta ölçeğinde kentin tamamında yapılır. Aynı plan üzerinde şebeke hesabıyla ilgili büyüklükler yazılarak şebeke hesap planı elde edilir. “Şebekeler kapalı göz sistemine göre ve en kısa yoldan suyu dağıtacak şekilde topoğrafik şartlar da dikkate alınarak şebeke gözleri 20 – 30 hektarlık gözler halinde tertiplenir. Kapalı göz oluşturulmayan uç sokaklar dal sistemi ile beslenebilir. Ana ve esas borular tüketim bölgelerinin ağırlık merkezlerinden ve tercihan suyun yer çekimi yönünde akımını mümkün kılacak şekilde yerleştirilir. Şebekelerde minimum işletme basınçları müstakbel nüfusu 50.000'e kadar olan yerlerde 20m daha büyük nüfuslarda 30m olacaktır. Maksimum statik basınç her yerde 80m yi aşmamalıdır. Şebekenin topoğrafik durumu göz önüne alınarak, katlarda statik basınçlar en çok 75 – 80m. alınır. Şebekenin boşalmasından doğacak darbelere karşı 10 atürlük boru tek tip olarak uygulanır. Çapı 400mm.den büyük borulardan abone bağlantısı yapılmaz ve ikinci bir dağıtım borusu döşenir [4].

3. KAYSERİ İLDEM BÖLGESİ ve ŞEBEKE HESABI

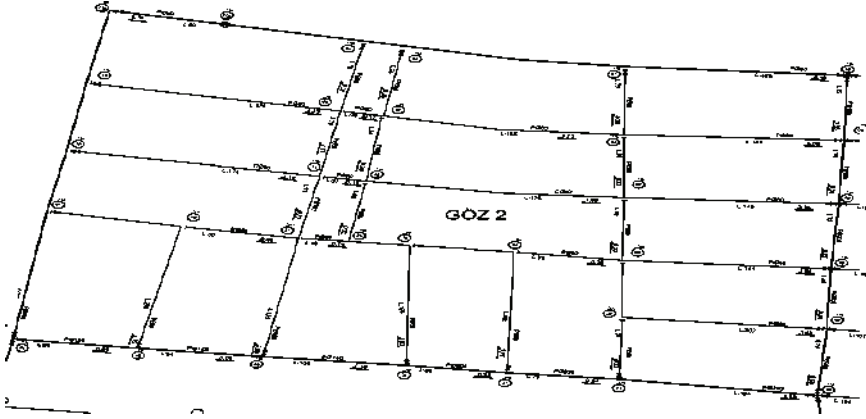
Proje bölgesi Kayseri Melikgazi ilçesi, Saylar Mevkii içerisinde İldem toplu konut alanıdır. Proje 2007 yılında tamamlanmış olup, 5200 ün üzerinde üyesi ve 84 hektarlık bir alanda yerleşmiştir Şekil 1. Şehir merkezine uzaklığı 14,3 km, Sivas Bulvarı ve Osman Kavuncu Bulvarı istikametinde D300 karayolu (çevre yolu) üzerindedir. Ulaşım Büyükşehir Belediyesi'nin sağlamış olduğu halk otobüsleri ile yapılmaktadır. Kayseri ili arazisinde I. Zamandan günümüz oluşumlarına dek çeşitli yaşta katmanlar ile geniş volkanik alanlar ve yerkabuğu hareketiyle çökmüş ya da yükselmiş çeşitli yöreler vardır. Kayseri il topraklarında, ovalarda olduğu gibi dağ ve tepelik alanlarda da bozkır bitki örtüsü egemendir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. Yüksek yerlerde ise yayla iklimi hüküm sürer.

Proje bölgesindeki konutlar 10'ar katlı ve her biri 40 daireden oluşmaktadır. Bölge nüfusu 39.400 kişi olarak hesaplanmıştır. Bölgede genellikle 2 katlı iş merkezlerinde bakkal, market, fırın gibi dükkânlar bulunmaktadır. Proje bölgesinde 1 adet ilköğretim okulu, 1 adet ortaöğretim okulu, 1 adet kreş, 2 adet cami, 8 adet park ve binalar arasında tamamı 20 hektarı bulan her biri ortalama 800 m² lik yeşil alanlar bulunmaktadır. Sokaklar asfalt kaplama, kaldırımlar taş kaplamadır. Şehirsel yapı olduğundan tarım ve hayvancılık uğraşları yoktur. Bölgenin kanalizasyon tesisi mevcuttur. İçme suyu ve kanalizasyon şebekesi Kayseri Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ) tarafından yapılmıştır [5].



Şekil 1. İldem-Kayseri bölgesinin uydu görüntüsü.

Şekil 2 'de bölgenin imar planı görülmektedir. Mevcut duruma göre bölgede 10'ar katlı bloklar ve her bir blokta 40 daire (her katta 4 adet daire) bulunmaktadır. İldem toplu konut bölgesine ait nüfus verisine ulaşamadığından nüfus hesabı her dairede ortalama 5 kişi yaşıyor kabulü ile yapılmıştır. Buna göre bölgenin nüfusu 39.400 kişi olarak hesaplanmıştır. Bölgede bulunan cami, okul, sosyal tesisler vb. alanlara ait ayrıca su ihtiyacı dikkate alınmamıştır.



Şekil 3. PVC Boru için 2.göz hesap planı.

3.1. Kazı ve Dolgu Maliyeti

Kazı metraжі TS 2170, “Su ve Gaz Borularının Yeraltına Yerleştirilmesi” e göre, yapılmıştır. Üç farklı boru türü için çaplar ve uzunluklar aynı olduğu için hendek kazısı ve dolgu maliyeti aynı olmaktadır [7]. Bölge zemin durumu dikkate alındığında (Yumuşak kaya) Bayındırlık Bakanlığı 14.008 poz nolu işlere ait kazı, yataklama, stabilize dolgu ve hendek dolgusu toplam tutarı 2010 birim fiyatları ile 1.011.130,78 TL olarak belirlenmiştir

3.2. Boruların Döşenme Maliyeti

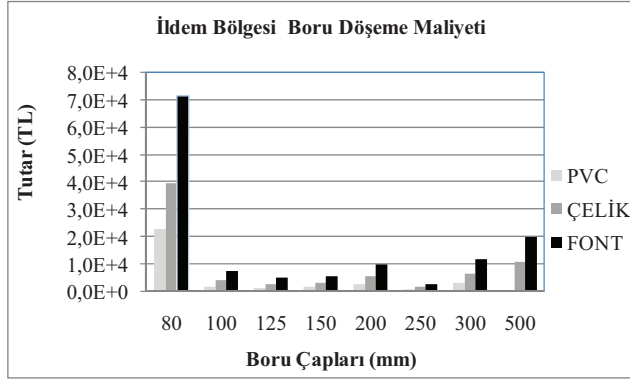
Boru döşenmesi fiyat analizi yaparken esas alına kriterler aşağıda belirtilmiştir;

- Birim fiyatlar 2010 fiyatlarıdır.
- 36.09000 Her çeşit PVC Boruların Döşenmesi
- 36.06000 Her çeşit Çelik Boruların Döşenmesi
- 36.05000 Her çeşit Kır döküm (Font) Boruların Döşenmesi
- Tüm borular için boru, taşıma ve baş bağlama bedelleri hariçtir.

Çizelge 1 de örnek olarak PVC boru için döşeme fiyat analizi verilmiştir. Şebekede kullanılan çaplar birinci sütunda ve bu çapta kullanılan toplam boru boyları 2. sütunda verilmiştir. 3. sütunda poz no ve 4 ve 5. sütunlarda ise sırasıyla birim fiyat ve tutarlar gösterilmiştir. En alt satırda ise PVC boruların döşenmesi için toplam tutar 46.704,23 TL olarak belirlenmiştir. Çelik ve font borular için ise bu değerler sırasıyla 75.489,15 TL ve 135.886,43 TL olarak hesaplanmıştır. İldem bölgesinde 3 farklı boru çeşidi için hesaplanan farklı çaplı borulara ait döşeme maliyet grafiğı Şekil 4 de gösterilmiştir. Şebekede en çok kullanılan boru 80 mm çapındaki boru olduğundan yerleştirme maliyeti en çok bu çap için olmuştur. Birim analizden de anlaşılacağı üzere farklı boru türleri için maliyeti en yüksek olanlar sırasıyla, Font, Çelik ve PVC şeklinde olmuştur.

Çizelge 1. PVC boru için döşeme fiyat analizi.

Çap (mm)	Boru Boyu (m)	Poz No	Birim Fiyat (TL/m)	Tutar (TL)
80	14588	36.09004	1,59	23.194,92
100	1261	36.09005	1,67	2.105,87
125	727	36.09007	2,16	1.570,32
150	646	36.09008	2,69	1.737,74
200	883	36.09010	3,30	2.913,90
250	209	36.09012	3,87	808,83
300	705	36.09013	4,63	3.264,15
500	650	çelik boru	17,09	11.108,50
			Toplam=	46.704,23 TL



Şekil 4. Üç farklı boru çeşidi için döşeme maliyet grafiği

3.3. Boru Başlarının Bağlama Maliyeti

Boru baş bağlama fiyat analizi yaparken esas alına kriterler aşağıda belirtilmiştir;

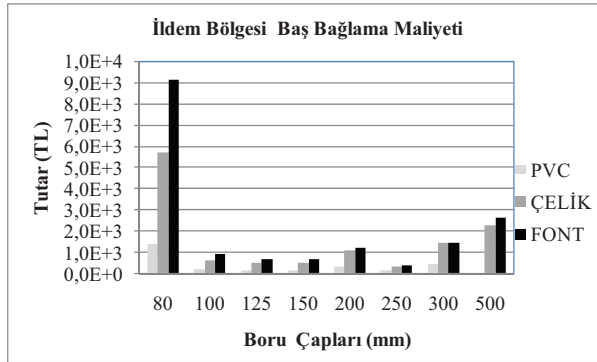
- Birim Fiyatlar 2010 yılı fiyatlarıdır.
- 36.02600 Plastik (PVC) Boru Başlarının Bağlanması
- 36.20A/00 Çelik Boru Başlarının Kaynakla Bağlanması
- 36.01400 Vidalı Muflu Kırdöküm Boru Başlarının Bağlanması
- PVC borular için 6 metrede bir baş bağlandığı kabul edilmiştir.
- Çelik borular için 12 metrede bir baş bağlandığı kabul edilmiştir.
- Font borular için 6 metrede bir baş bağlandığı kabul edilmiştir.
- 500 mm çaplı PVC boru yerine daha önce anlatıldığı üzere Çelik boru kullanılmıştır.

Çizelge 2 de örnek olarak PVC boru için baş bağlama fiyat analizi verilmiştir. Şebekede kullanılan çaplar birinci sütunda ve bu çap için gerekli baş bağlama sayıları 2. sütunda verilmiştir. 3. sütunda poz no ve 4 ve 5. sütunlarda ise sırasıyla birim fiyat ve tutarlar gösterilmiştir. En alt satırda ise PVC boruların döşenmesi için baş bağlama toplam tutar

4.904,90 TL olarak hesaplanmıştır. Çelik ve Font borular için ise bu değerler sırasıyla 12.217,79 TL ve 16.865,67 TL olarak hesaplanmıştır. PVC borunun 6 metre, Çelik borunun 12 metre, Font borunun ise 6 metre uzunluğunda üretildiği dikkate alınarak hesaplar yapılmıştır. İldem bölgesinde 3 farklı boru çeşidi için hesaplanan farklı çaplı borulara ait baş bağlama maliyet grafiği Şekil 5 de gösterilmiştir. İçme suyu şebekelerinde çelik boruların kaynakla bağlantıları yapılmakta ve maliyet yüksek olmaktadır. Çelik boruların 1 metresi için baş bağlama bedeli diğer borulara göre (PVC ve Font) daha maliyetli olmaktadır. İldem bölgesi için baş bağlama bedelinin toplam maliyet grafiğine baktığımızda Font boru maliyeti Çelik boru maliyetinden büyük olmaktadır. Bunun sebebi boru boyuna bağlı font borudaki baş bağlama adedi çelik borudaki baş bağlama adedinden fazla olmasıdır.

Çizelge 2. PVC boru için baş bağlama maliyeti

Çap (mm)	Adet	Poz No	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
80	2432	36.02604	0,55	1.337,78
100	211	36.02605	0,80	168,93
125	122	36.02607	1,12	136,83
150	109	36.02608	1,28	139,09
200	148	36.02610	2,16	320,04
250	36	36.02612	3,07	110,01
300	119	36.02613	3,59	425,42
500	55	36.20A/18	41,09	2.266,80
			Toplam=	4.904,90



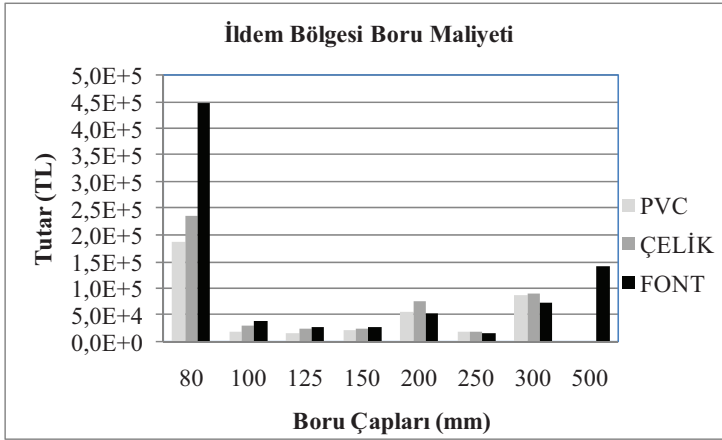
Şekil 5. Üç farklı boru çeşidi için baş bağlama maliyet grafiği

3.4. Oval Buşakleli Vanaların Yerleştirilmesi

Bütün boru türlerinde oval buşakleli vanalara kullanılmıştır. Oval Buşakleli Vanaların yerleştirilmesinde Poz no: 36.13400/İB: Vanaların Yerleştirilmesi ve 2010 yılı birim fiyatları esas alınmıştır. Hangi boru türü kullanılırsa kullanılsın aynı sayıda ve aynı tür vana kullanıldığından vana maliyeti farklı tür borular için değişmemiştir. Şebeke için toplam maliyet 36.761,10 TL olarak hesap edilmiştir.

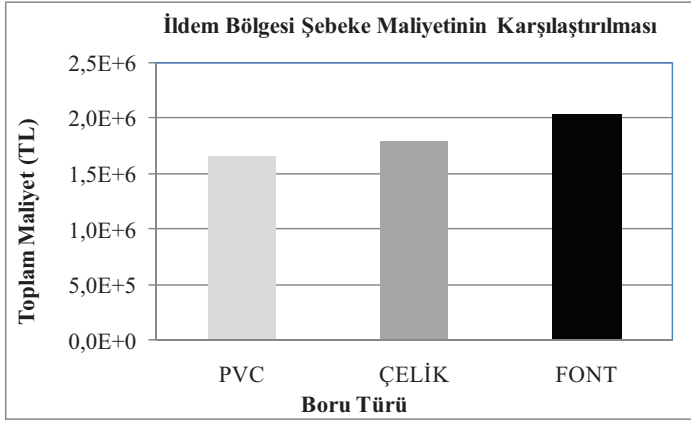
3.5. Boru Maliyeti

Farklı türde borular için fiyatlar piyasa araştırması ile tespit edilmiştir. Çaplara göre belirlenen farklı borulara ait fiyatlar, boru boyları ile çarpılarak maliyetler belirlenmiştir. Her bir çapa ait birim boy maliyetleri (m/TL) incelendiğinde 150mm çapa kadar Font boruların pahalı olduğu, çap (D) ≥ 200 mm olan borularda ise Çelik boruların diğer iki türe göre maliyetinin yüksek olduğu belirlenmiştir. İldem bölgesinde 3 farklı boru çeşidi için hesaplanan farklı çaplı borulara ait maliyet grafiği Şekil 6 da gösterilmiştir. İldem bölgesi için belirlenen en uzun toplam boru 80mm çaplı boru olup, Şekil 6 dan görüleceği üzere font borunun maliyeti 150mm çapa kadar diğerlerinden yüksek olmaktadır. Çapı 200mm den büyük olan borularda ise bu maliyetler birbirine nispeten yakın olmaktadır. PVC ve Çelik borularda 500mm çaplı boru için fiyat alınamamıştır.



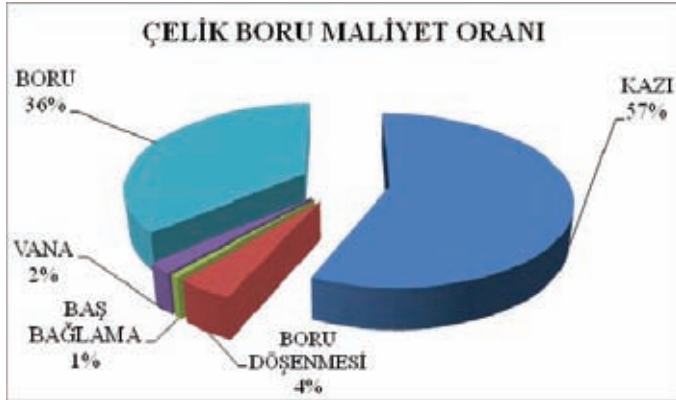
Şekil 6. Üç farklı boru çeşidi için maliyet grafiği

Söz konusu yerleşim bölgesi için içme suyu şebekesi toplam maliyet grafiği Şekil 7 de verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere en düşük maliyetli boru PVC en pahalı boru türü de Font boru olmaktadır. Bu maliyetler sırasıyla PVC borular için 1.658.472,23 TL, Çelik borular için 1.786.385,73 TL ve Font borular için 2.034.410,75 TL olarak hesaplanmıştır. Bu maliyetler içerisine kazı ve dolgu bedelleri ile döşeme maliyetleri de dahil edilmiştir. Buna göre Font borular ile döşenen şebeke çelik borular ile döşenen şebekeye göre %12,2 ve PVC borular ile teşkil edilen şebekeye göre de %18,5 daha pahalı olmaktadır. Yine Çelik borular ile teşkil edilen şebeke de PVC ile teşkil edilen şebekeden %7,2 daha pahalı olmaktadır.



Şekil 7. Üç farklı boru çeşidi için toplam maliyet grafiği

Şekil 8 de Çelik borular için şebeke inşaatındaki farklı işlerin toplam maliyetteki yüzdeleri verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere en yüksek maliyet kazı işlerine aittir (%57). İkinci yüksek bedel boru maliyetidir (%36). Benzer durum diğer borular için de (PVC ve Font borular) gözlenmiştir. Aynı çap ve boru boyları için kazı maliyetleri aynı kalacağından maliyete etki eden ikinci en önemli unsur boru türünün seçimidir. Diğer kalemlere ait yüzdeler bu iki maliyetin yanında oldukça küçük değerler olmaktadır. Tabii ki her zaman ucuz olan boru her zemin ve uygulama koşulunda en uygun olmayabilir. Bölge zemin durumu, yeraltı suyu seviyesi, bölgenin depremselliği, işçilik, nakliye vb. hususların göz önüne alınarak boru cinsine karar verilmesi gereklidir.



Şekil 8. Çelik borular için farklı işlerin toplam maliyetteki yüzdeleri

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Kayseri İldem toplu konut bölgesine ait içme suyu şebekesi ölü noktalar yöntemi ile SDEAD paket programı kullanılarak çözülmüştür. Şebeke üç farklı tipte boru; PVC, Çelik ve Font için ele alınarak boru cinsinin hesaba ve maliyete etkisi incelenmiştir. Program analizi sonucunda farklı tür borular için aynı boru çapları bulunmuştur. Font boruların pürüzlülüğü daha fazla olduğu için yük kaybı daha fazla, dolayısıyla basınç değerleri diğer borulara göre biraz küçük olduğu gözlenmiştir. 2010 piyasa fiyatlarına göre farklı boru türleri için maliyeti en yüksek borular sırasıyla, Font, Çelik ve PVC şeklinde olmuştur. Şebeke baş bağlama maliyeti bakımından font boruların Çelik ve PVC borulara göre pahalı olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni boru boyuna bağlı font borudaki baş bağlama adedinin fazla olmasıdır. Tüm şebekede Font borunun maliyeti 150mm çapa kadar diğerlerinden yüksek olmaktadır. Çap 200mm den büyük olan borularda ise bu maliyetler birbirine nispeten yakın olmaktadır. Buna göre Font borular ile döşenen şebeke, Çelik borular ile döşenen şebekeye göre %12,2 ve PVC borular ile teşkil edilen şebekeye göre de %18,5 daha pahalı olmaktadır. Yine Çelik borular ile teşkil edilen şebeke de PVC ile teşkil edilen şebekeden %7,2 daha pahalı olmaktadır. Şebeke boru türünün toplam maliyete etkisi PVC, Çelik ve Font borular için sırasıyla %34, %36 ve %41 olmaktadır. Kazı ve dolgu maliyetinden sonra en yüksek bedel olan boru maliyeti şebeke bedelinin önemli bir kısmını teşkil etmektedir. Bu nedenle boru seçiminde gereken önem verilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] M. Ardıçlıoğlu, 2007, “Kentsel Alt Yapı Donanımlarının Planlaması, İnşaatında Yaşanan Sorunlar ve Kayseri Örneği”, 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Hatay.
- [2] M. Karpuzcu, 1985, “Su Temini ve Çevre Sağlığı”, Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- [3] İller Bankası, 1985, Şehir ve Kasabalara Getirilecek İçme Suyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatname, İller Bankası Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [4] A. Samsunlu, 1997, “Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [5] T. Çağlısoy, 2010, “İçme Suyu Şebekelerinde Boru Türünün Maliyete Etkisi ve İldem-Kayseri Örneği”, Y. Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- [6] S. Sevik, D. Altınbilek, 1977, “Su Dağıtım Şebekeleri Projelendirme ve Bilgisayarla Çözüm Esasları”, ODTÜ, İnşaat Müh. Böl., Ankara.
- [7] TS 2170 – Su ve Gaz Borularının Yerleştirilmesi Kuralları”.

ANTALYA-KONYAALTI BÖLGESİ İÇME SUYU DAĞITIM ŞEBEKESİNDE SCADA, ALT BÖLGE, BASINÇ YÖNETİMİ VE AKUSTİK YÖNTEMLER KULLANILARAK SU KAYIPLARININ AZALTILMASI

Habib MUHAMMETOĞLU*, İbrahim PALANCI, Tuğba ÖZDEN**, Erkan
DEMİRBAŞ**, Kamil CENGİZ**, İ.Ethem KARADİREK*, Ayşe
MUHAMMETOĞLU*, Selçuk SOYUPAK***, Mehmet KİTİŞ******

* Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Antalya.

** Antalya Büyükşehir Belediyesi, Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü
(ASAT), Antalya.

*** Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.

**** Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre
Mühendisliği Bölümü, Isparta.

ÖZET

İçme suyu dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıpları, şebekeye verilen toplam su miktarı ile yasal tüketim arasındaki farka eşittir. Su kayıpları temelde, fiziksel su kayıpları ve görünen (ticari) su kayıpları olmak üzere iki temel bileşene ayrılır. Ülkemizde, su dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının ortalama %50 olduğu hesaplanmaktadır. Su dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının önlenmesi, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışma kapsamında, Antalya-Konyaaltı içme suyu dağıtım şebekesi 18 alt bölgeye ayrılmıştır. Her bir alt bölgeye verilen su miktarı ve su basıncı on-line olarak ölçülmekte ve kontrol merkezinde kayıt altına alınmaktadır. Pilot çalışma bölgesinde seçilen bir alt bölgede ilk olarak abone su sayaçları daha hassas su sayaçları ile değiştirilmiş ve gelir getirmeyen su kayıplarında %20 oranında azalma gerçekleşmiştir. Sonraki aşamada ise yine seçilen bir alt bölgede, su basıncı ortalama 5,5 bar'dan ortalama 3 bar'a indirilerek fiziki su kayıpları miktarında önemli miktarda azalma sağlanmıştır. Bunun yanında akustik yöntemler kullanılarak su kayıpları miktarında önemli azalmalar sağlanmıştır. ASAT SCADA sistemi, debi ve su basıncı gibi veri setlerinin sağlanması ve su kayıplarının azaltılması çalışmalarında debi değişimlerinin izlenmesinde oldukça faydalı olmuştur. Bu çalışma, TÜBİTAK-KAMAG grubu tarafından 2008-2011 yılları arasında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su dağıtım şebekeleri, su kayıpları, alt bölge, basınç yönetimi, SCADA, akustik yöntemler.

1. GİRİŞ

Su dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıpları tüm dünyada özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde karşılaşılan önemli ve ortak bir sorundur. Su dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıpları i) fiziki (gerçek) su kayıpları ve ii) ticari (görünen) su kayıpları olmak üzere temelde ikiye ayrılır. Fiziki su kayıpları, boru bağlantılarında meydana gelen sızıntılardan, müşteri bağlantılarından, korozyon ve/veya herhangi bir nedenle dağıtım hattında meydana gelen çatlaklardan, haznelerde meydana gelen kaçak ve taşmalardan meydana gelmektedir. Ticari su kayıpları ise yasal olmayan kullanım ve müşteri sayaçlarının hassasiyetlerinden kaynaklanır. Uluslararası Su Kuruluşu (IWA) tarafından geliştirilen standart su dengesi Şekil 1.'de verilmektedir.

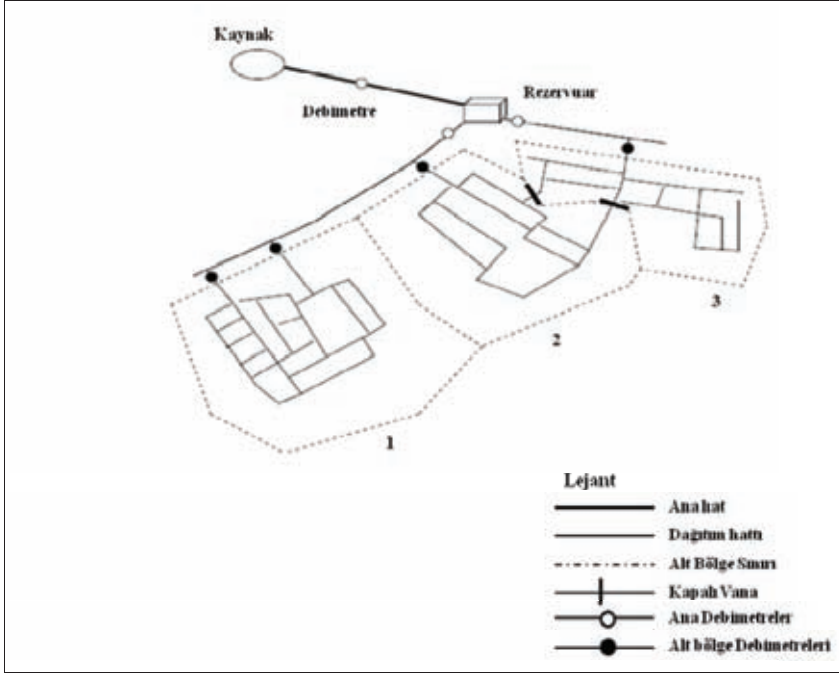
Sistem Giriş Hacmi	Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren Su
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getirmeyen Su
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	
	Su Kayıpları	Ticari Kayıplar	İzinsiz Kullanım	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	
		Fiziki Kayıplar	İletim ve/veya Dağıtım Hattındaki Kaçaklar	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	
			Servis Bağlantılarından Müşteri Sayacına Kadar Olan Kaçaklar	

Şekil 1. IWA tarafından geliştirilmiş standart su bütçesi (IWA Su Kayıpları Çalışma Grubu)

Su kayıplarının azaltılması, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, işletme ve enerji maliyetlerinin en aza indirilmesi ile çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve yeni yatırımlara olan ihtiyacın azaltılması anlamına gelmektedir.

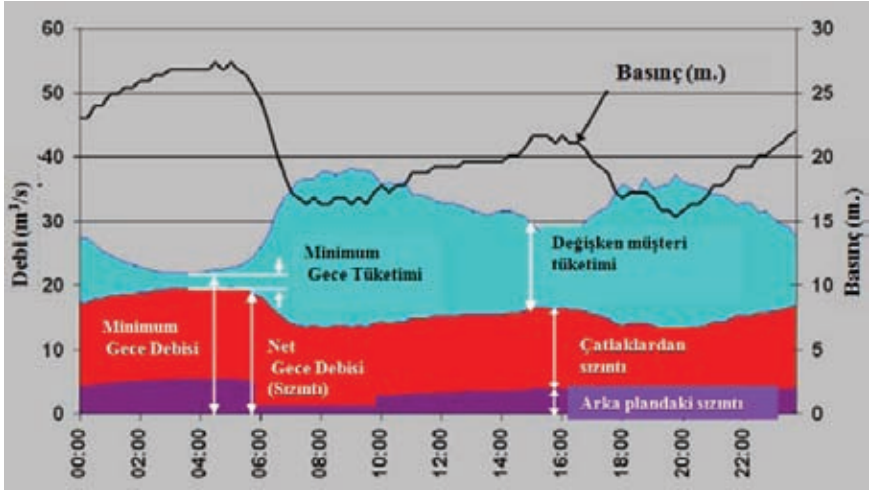
Su dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının azaltılmasında Alt Bölgelere Ayırma (DMA) yöntemi oldukça etkin sonuçlar veren bir yöntemdir. Alt bölgelere ayırma yöntemi, içme suyu dağıtım şebekesini birbirinden bağımsız izole su dağıtım şebekelerine ayırma yöntemidir. Alt bölgeler oluşturulurken, alt bölgelerin girişine debimetreler yerleştirilir ve alt bölgenin diğer bölgeler ile ilişkisinin kesilmesi maksadıyla vanalar kullanılır. Alt bölgeye verilen su miktarı, alt bölge girişine yerleştirilen debimetre ile tespit edilmekte, alt bölgede gerçekleşen yasal su tüketimi ise abone tahakkuk verilerinden tespit edilmektedir. Bu yolla alt bölge için toplam su kayıplarının tespiti yapılabilir. Alt bölgelere ayırma yönteminin bir başka avantajı ise basıncın yüksek olduğu alt bölgelerde Basınç Kırıcı Vanalar yardımı ile basınç yönetim teknikleri uygulanarak, fiziki su kayıplarının azaltılabilmesidir. Akdeniz Üniversitesi'nin yürütücülüğünü yaptığı ASAT ve TÜBİTAK

tarafından desteklenmiş olan bir TÜBİTAK Projesi 2008 yılında başlatılmış olup, 2011 yılı içerisinde tamamlanmıştır. Bu proje kapsamında Antalya-Konyaaltı Bölgesi pilot çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında pilot çalışma bölgesi 18 alt bölgeye ayrılmıştır. Her bir alt bölgenin girişinde debimetre ve basınç metreler aracılığı ile on-line debi ve su basıncı değerleri ölçülmektedir. Şekil 2.'de temsili bir alt bölge verilmektedir.



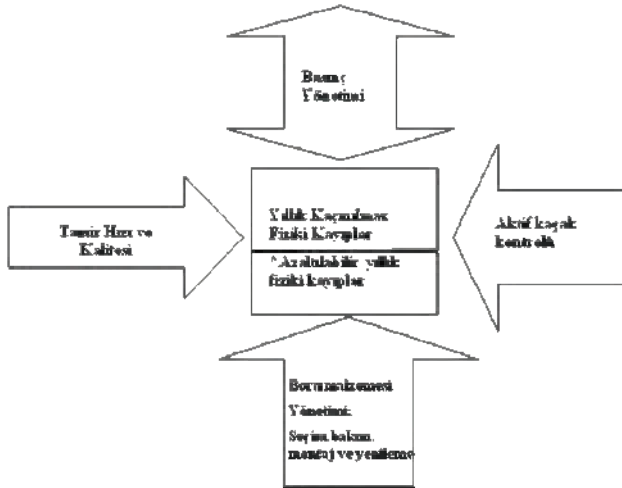
Şekil 2. Örnek bir Alt Bölge "DMA" [1]

İskan bölgelerinde genellikle saat 02:00-05:00 arasında su tüketimi minimum olur ve bu debiye Minimum Gece Debisi ismi verilir. Minimum gece debisinin büyük bir kısmını fiziki su kayıplarını oluşturur. Fiziki su kayıplarının azaltılması çalışmalarında minimum gece debisi analizleri oldukça önemlidir. Şekil 3.'te minimum gece debisi oluşumu verilmektedir.



Şekil 3. Minimum gece debisi oluşumu [1]

Fiziki su kayıplarının yönetimi için dört temel yöntem belirtilmektedir. Bu yöntemler Şekil 4.'te verilmektedir.



Şekil 4. Fiziki su kayıplarının yönetiminde belirtilen dört temel yöntem [2]

Fiziki su kayıplarının yönetiminde basınç yönetimi oldukça etkin bir yöntem olup, basınç yönetiminde kullanıcıların aldıkları hizmet kalitesi düşürülmeden fiziki su kayıplarını azaltmak esastır. Fiziki su kayıplarının gerçekleştiği çatlaklarda, boru bağlantılarında su basıncının fazla olması durumunda fiziki su kayıpları artar. Basınç yönetimi neticesinde fazla ve gereksiz basınç azaltılarak fiziki su kayıplarının azaltılması mümkündür.

Ticari su kayıpları özellikle abone su sayaçlarının hassasiyetleri ile doğrudan ilişkili olup, daha hassas abone su sayaçları kullanımı ile bu kayıplar minimize edilebilmektedir.

Fiziki su kayıpları ile mücadelede akustik yöntemler oldukça etkin sonuçlar vermekte ve fiziki su kayıplarının azaltılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Pilot Çalışma Bölgesi ve Alt Bölgelere Ayırma

Çalışmaların gerçekleştirilebilmesi maksadı ile pilot çalışma bölgesi olarak Antalya-Konyaaltı bölgesi seçilmiştir. Konyaaltı bölgesi Boğaçay üretim tesisleri ismi verilen tek bir kaynaktan beslenmekte olup, yaklaşık olarak 60.000 kişilik bir nüfusa hizmet vermektedir. Çalışma bölgesindeki dağıtım hattı yaklaşık olarak 200 km.'den oluşmakta olup, 15.000 m³ kapasiteli bir rezervuara sahiptir. Çalışma bölgesinde su kayıpları ile mücadele amacı ile pilot çalışma bölgesi 18 alt bölgeye ayrılmıştır. Pilot çalışma bölgesindeki alt bölgeler Şekil 5.'de verilmektedir.



Şekil 5. Pilot çalışma bölgesinde bulunan alt bölgeler

2.2. Pilot Çalışma Bölgesinde Ticari Su Kayıplarının Azaltılması Çalışmaları

Ticari su kayıpları genel olarak toplam su kayıplarının %30-40'ını oluşturmaktadır. Bu kayıpların önemli bir kısmı da abone su sayaçlarının ölçüm hassasiyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda pilot çalışma bölgesinde seçilen 3000 adet B tipi abone su sayacı C tipi abone su sayaçları ile değiştirilmiştir.

2.3. Pilot Çalışma Bölgesinde Basınç Yönetimi Uygulamaları

Su basıncı ile fiziki su kayıpları arasında bir ilişki mevcuttur. Bu kapsamda pilot çalışma bölgesinde seçilen bir alt bölgede basınç yönetimi maksadı ile alt bölge girişinde basınç kırıcı vana uygulaması gerçekleştirilmiştir. İlk olarak su basıncı ortalama 5,5 bar'dan yaklaşık 3,5 bar'a indirilmiş, sonrasında ise daha hassas bir basınç kırıcı vana kullanılarak yaklaşık 3 bar'a sabitlenmiştir. Sonrasında fiziki su kayıplarındaki değişimler izlenmiştir. Şekil 6.'da basınç kırıcı vana uygulaması görülmektedir.



Şekil 6. Basınç kırıcı vana montajı

2.4. Pilot Çalışma Bölgesinde Akustik Yöntemler Kullanılarak Fiziki Su Kayıplarının Azaltılması Çalışmaları

Akustik yöntemler ile fiziki su kayıplarının azaltılması çalışmaları oldukça etkin bir yöntem olup, pilot çalışma bölgesinde uygulanmış ve hali hazırda uygulanmaktadır. Şekil 7.'de yer mikrofonu çalışması yer almaktadır.



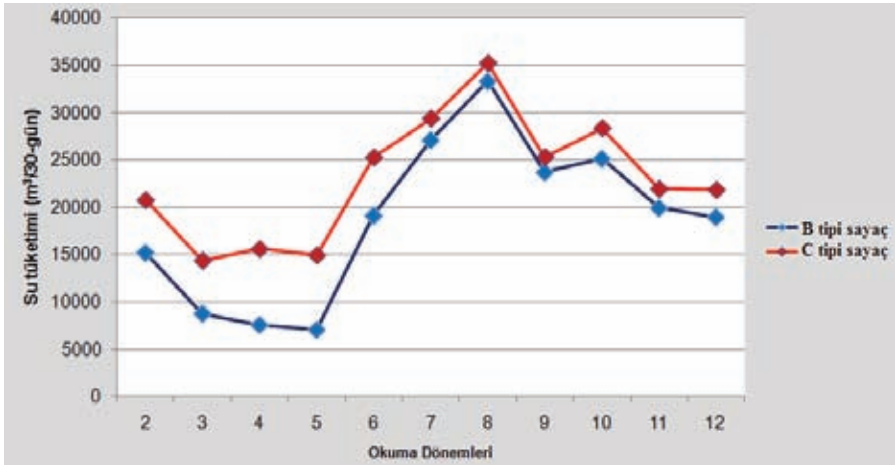
Şekil 7. Pilot çalışma bölgesinde gerçekleştirilen yer mikrofoni çalışması

3. BULGULAR

Pilot çalışma bölgesinde seçilen 3000 adet abone su sayacının B tipinden C tipine değiştirilmesi sureti ile ticari su kayıplarında önemli miktarda azalma sağlanmıştır. B tipi abone su sayaçları ile 2008 yılında ölçülen su miktarları ile aynı bölgede 2009 yılında C tipi abone su sayaçları ile ölçülen su miktarları kıyaslanmıştır. Bu veriler Çizelge 1.'de, bu veriler ile oluşturulan karşılaştırmalı grafik ise Şekil 8.'de verilmektedir.

Çizelge 1. B tipi ve C tipi abone sayaçları ile ölçülen 2008 ve 2009 yılı tüketimleri

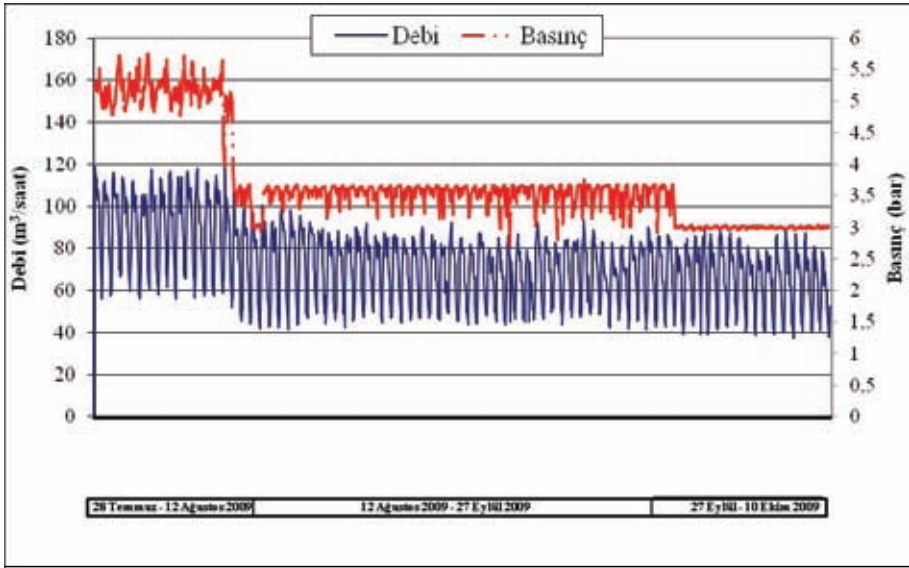
Okuma Dönemi	Abone Su Sayacı Kayıtları (m ³)	
	2008	2009
	B-tipi abone su sayaçları	C- tipi abone su sayaçları
Şubat	15193	20768
Mart	8741	14396
Nisan	7557	15624
Mayıs	7032	14956
Haziran	19115	25271
Temmuz	27110	29366
Ağustos	33325	35211
Eylül	23710	25320
Ekim	25128	28354
Kasım	19934	21943
Aralık	18962	21848
Toplam	205807	253057



Şekil 8. B tipi ve C tipi sayaçlar ile aynı okuma dönemleri için elde edilen su tüketim verileri

Çizelge 1. ve Şekil 8.'den de anlaşıldığı üzere abone su sayaçlarının değiştirilmesi ile gelir getiren su miktarında yaklaşık %20 artış sağlanırken su kayıplarında yaklaşık %10 azalma sağlanmıştır.

Pilot çalışma bölgesinde seçilen bir alt bölgede 12.08.2009 tarihinde diyafram tipli basınç kırıcı vana takılarak ortalama 5,5 bar olan su basıncı ortalama 3,5 bar'a düşürülmüştür. Bu sayede ortalama 60 m³/saat olan minimum gece debisi ortalama 45 m³/saat değerine indirilmiştir. 12 Ağustos 2009 tarihinde montajı yapılan diyafram tipli basınç kırıcı vananın performansı yeterli bulunmayarak, söz konusu alt bölgede 27 Eylül 2009 tarihinde piston tipli basınç kırıcı vana montajı gerçekleştirilmiş ve su basıncı alt bölge girişinde ortalama 3 bar'a sabitlenmiştir. Ortalama 60 m³/saat'ten ortalama 45 m³/saat değerine indirilen minimum gece debisi, piston tipli basınç kırıcı vana ile su basıncının ortalama 3 bar'a sabitlenmesi sonucunda ortalama minimum gece debisi 40 m³/saat değerine indirilmiştir. Basınç kırıcı vanaların minimum gece debisi üzerine etkisi Şekil 9.'da verilmektedir.



Şekil 9. Basınç kırıcı vana montajının minimum gece debisi üzerine etkisi

Pilot çalışma bölgesinde akustik yöntemler ile fiziki su kayıplarında önemli miktarlarda azalma gerçekleşmiştir. İlk olarak pilot çalışma bölgesinde seçilen bir alt bölgede ses detektörleri ve yer mikrofonları kullanılarak bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma gerçekleşmeden önce alt bölge girişindeki minimum gece debisi 30 m³/saat iken, yapılan çalışmalar sonucunda bulunan çatlakların tamiri sonrasında minimum gece debisi 21 m³/saat değerine düşürülmüştür.

SONUÇLAR

İçme suyu dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının (fiziksel ve ticari kayıplar) azaltılması su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının yanı sıra yatırım ve işletme maliyetlerinin azalmasına neden olur. Su dağıtım şebekelerindeki kayıplar, özellikle batı bölgelerimizin yoğun olarak göç aldığı düşünüldüğünde yatırım ve işletme maliyetlerinin düşmesi, yeni su kaynaklarına olan ihtiyacın azalması anlamına gelmektedir. Su kayıpları ile mücadelede öncelikli olarak su kayıplarının bileşenleri tespit edilmelidir. Su kayıplarının bileşenlerini detaylı ve doğru olarak analiz etmek için dağıtım şebekesinin alt bölgelere ayrılması, su kayıpları ile mücadelede etkin bir yöntemdir.

Fiziki su kayıplarının yönetiminde basınç yönetimi oldukça etkin bir yöntemdir. Basınç yönetim tekniklerinin uygulanabilmesi için şebekede hidrolik modelleme çalışmaları bir gereksinim olarak ortaya çıkmaktadır ve bu çalışmalar hidrolik modelleme çalışmaları ile entegre bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

Su kayıpları yönetiminde kullanımı oldukça verimli sonuçlar veren ve yaygın olarak kullanılan alt bölgelere ayırma yöntemi bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Alt bölgelerin oluşturulması sonucu alt bölgelerde ölü nokta sayısı ve dolayısıyla su yaşı artar. Bu durum su kalitesinin bozulması anlamına gelmektedir ve yüksek klor bozunma kinetiğine sahip sulara klor tükenir ve/veya azalır.

Bu durumun ortadan kaldırılması ve şebekenin sürdürülebilirliği açısından su dağıtım şebekeleri tasarım aşamasında alt bölgeler şeklinde tasarlanmalı ve hidrolik modelleme çalışmaları ile su kalitesi modelleme çalışmaları birlikte gerçekleştirilmelidir. Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar neticesinde İller Bankası ve su dağıtım şebekelerinin tasarımından sorumlu diğer kuruluşlar su kayıplarının yönetiminde etkin bir yöntem olan alt bölgelere ayırma yöntemini göz önünde bulundurularak şebeke tasarımlarını gerçekleştirmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 107G088 Nolu proje, ASAT ve Akdeniz Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Morrison J A E, Tooms, S., Hall, G. (2007), “Sustainable District Metering”, Water Loss Conference 2007, September 2007, Romania.
- [2] Lambert A. and McKenzie R (2002): *Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index*. Proceedings of IWA Conference ‘Leakage Management: A Practical Approach’ in Lemesos, Cyprus. ISBN 9963-8759-0-4

TÜBİTAK Proje Final Raporu; Mart 2011. İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde Optimum Klorlama Uygulamalarının Matematiksel Modeller Kullanılarak Gerçekleştirilmesi ve Dezenfeksiyon Sistemlerinin Yönetimi, Proje No:107G088, Antalya

SU KAYIP VE KAÇAKLARININ TESPİTİNE YÖNELİK CBS DESTEKLİ SU ŞEBEKESİ HİDROLİK MODEL OLUŞTURULMASI

M. Erkan UÇANER^{*}, Osman ÖZDEMİR^{**}

^{*}Altındağ Belediyesi, Bilgi İşlem Merkezi, Ankara – eucaner@gmail.com

^{**}Gazi Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl. Hidrolik ABD., Ankara – ozdemir@gazi.edu.tr

ÖZET

Günümüzde artan su ihtiyacını karşılamak, azalan temiz su kaynaklarını verimli kullanmak amacı ile içmesuyu şebekelerinde kayıp ve kaçakların azaltılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Çalışmada Ankara ili Çankaya ilçesi Dikmen bölgesi S11 basınç zonunun hidrolik modele temel teşkil edecek CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) katmanları ve ilişkili verileri elde edilmiştir. Hidrolik modelin önemli bir bileşeni olan düğüm noktası tüketimlerinin tespitinde abonelerin detaylı uzun dönem tüketimlerine kadar inceleme yapılmıştır.

Yapılan çalışmalar neticesinde borulara ait bilgiler, abone tüketimlerinin atanacağı düğüm noktası yerleri ve kotları, bina bazında tüketim değerleri, binaların bağlı oldukları düğüm noktaları ile tank ve pompa bilgileri derlenerek hidrolik model oluşturulmuştur. Şebeke iskeleti ve tüketim verileri EPANET adlı yazılım desteğinde hidrolik analizler yapılabilecek hale dönüştürülmüştür.

Her türlü kayıp tespit çalışması, arızaya müdahale, kayıpların azaltılması vb. çalışmalarda şebeke ile ilgili bilgi ve tüketim verileri önem arz etmektedir. Günümüzde gelişen CBS teknolojileri hidrolik modellerin daha hassas çıkarımı için geniş olanaklar sunmaktadır. Çalışmada su şebekelerinin CBS ortamına işlenmesi ve güncel tutulmasına yönelik önerilerden de bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemi, su kayıp - kaçak, hidrolik model

1. GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); sahaya ait verilerin toplanması, depolanması, görüntülenmesi, elde edilen bilgilerin ilgili veri türleri ile ilişkilendirilmesi, sorgulanması ve analiz edilmesine imkan sağlamaktadır. Bu sisteme bağlı olarak geliştirilen “Altyapı Bilgi Sistemleri”nin son yıllarda yerel yönetimler tarafından kullanımı yaygınlaşmıştır. [1]

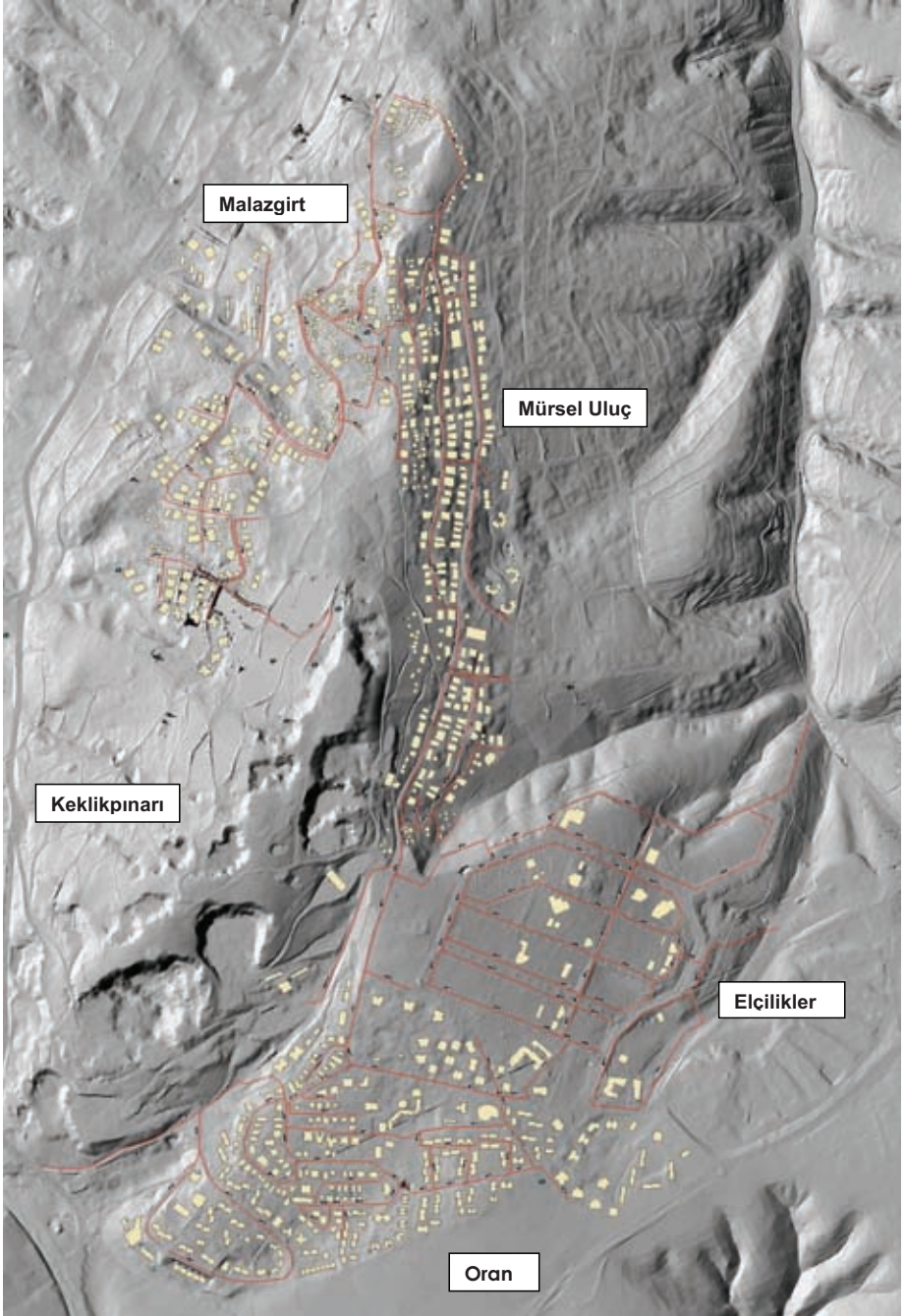
Hızla artan nüfusla birlikte gereksinim duyulan temiz içme suyu ihtiyacı ve gittikçe azalan su kaynakları içme suyu dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının fark edilmesine yol açmıştır. Dünya genelinde, su kayıpları konusunda şebekelerin daha verimli hale getirilmesi için kapsamlı ve entegre çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Farklı yöntemlerle gerçekleştirilen kayıp ve kaçak su önleme çalışmaları kapsamında bilinmesi gereken en önemli konularının başında içme suyu şebekesinin genel özellikleri gelmektedir. Şebeke sistemine ait boru koordinat bilgileri (x,y,z), çap, cins özellikleri, şebekeye ait armatürlerin yerlerinin doğru olarak tespit edilmesi ve sonrasında abone verileri ile ilişkilendirilerek hidrolik modelinin oluşturulması yapılacak tüm çalışmaların temelini oluşturmaktadır. [1] Günümüzde SCADA sistemleri ile şebekeye verilen su miktarı hassas şekilde takip edilebilmekte, mekanik veya kartlı sayaçlar ile su tüketimleri faturalanmaktadır. [2] Sayısal ortamdaki abone tüketimleri CBS destekli olarak hidrolik modeldeki düğüm noktası tüketimlerine atanabilmektedir. Bu sayede şebekedeki gerçek durumu analiz etmeye yönelik olarak hidrolik simülasyonlar gerçekleştirilebilmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI

S11 basınç bölgesi Ankara ili, Çankaya ilçesine bağlı Dikmen bölgesindedir. Şekil 1’de gösterildiği üzere bölgede 4 mahalle bulunmaktadır. (Malazgirt, Mürsel Uluç, Keklikpınarı ve Oran) Oran Mahallesinde çoğunlukla site türü yapılaşma bulunmaktadır. Ayrıca Oran Mahallesi sınırlarında Büyükelçiliklere tahsis edilen alanlar bulunmaktadır. Diğer mahallelerde ise gecekondular, apartmanlar ve kısmen çok katlı binalar-siteler bulunmaktadır.

Basınç bölgesinden su alan bir üst basınç bölgesi bulunmaktadır. Bölge 1168 m kotundaki P13 pompa istasyonu ile beslenmektedir. Pompa istasyonunda 90 kw, 55 kw, 55 kw olmak üzere 3 üniteden oluşmaktadır. 1286 m kotundaki T50 tankı depolama için kullanılmaktadır. Basınç bölgesindeki ortalama yükseklik ise 1200 metredir.

Bölgede; 3 adet okul, 2 adet park, 636 adet bina, 336 adet gecekondulu olmak üzere 977 adet yapı ve bu yapılarda 6.814 adet abonelik bulunmaktadır. Bu aboneleri 1.400’ü kartlı (%21), 5.414’ü ise mekanik sayaç (%79) kullanmaktadır. Ancak su tüketiminin %39’u kartlı sayaçlardan, %61’i mekanik sayaçlardan yapılmaktadır. Bu durumun temel sebebi yeni yapılan binalarda ve sitelerde tek bir sayaç kullanılması ve genellikle de bu sayaçların kartlı olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 1 . Çalışma alanı

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1 Grafiksels verilerin güncellenmesi

ASKİ Genel Müdürlüğü Şebeke Bilgi Merkezinden çalışma alanına ait CBS ortamında sayısal grafik veriler alınmıştır. Bu veriler;

- Ana pompaj hattı,
- Şebeke hattı,
- Armatürler, pompa, su deposu,
- Basınç bölgeleri sınırları,
- Binalar,
- Cadde-sokak yazılarıdır.

Veriler CBS ortamında sayısal olarak temin edilmişti ancak şebekedeki borular şematik olarak çizilmiş ve güncel durumu yansıtmamaktaydı. CBS yazılımında 2009 yılı Temmuz ayına ait uydu görüntüsü koordinatlandırılarak alınan verilerin altlığına oturtulmuştur. Bu noktada değişiklik olan alanlar açık olarak gözlemlenebilmiştir. Alınan basınç bölgeleri sınırları hatalı olduğu, binalar ve cadde-sokaklarda çok fazla değişiklik olduğu güncel durumu yansıtmadığı uydu görüntüsü sayesinde tespit edilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3 de örnek bir alan üzerinde güncel durumu yansıtan uydu görüntüsü ile yapılaşma ve şebekenin önceki ve mevcut durumu karşılaştırılmıştır.

Alınan verilerdeki yapılar, uydu görüntüsü ile karşılaştırılarak değişiklik olanlar silinerek, yeni yapılan binalar çizilmiştir. Çalışma başlangıcında basınç bölgesinin ve şebekenin alanı net olarak bilinmediği için daha geniş bir alanda güncelleme yapılmıştır. Bu kapsamda 1300 civarında yapı silinerek, 400 civarında yeni bina çizilmiştir.



Şekil 2. Uydu görüntüsü üzerinde binalar ve şebeke (alınan verilerle)



Şekil 3. Uydu görüntüsü üzerinde binalar ve şebeke (güncelleme sonrası aynı alan)

3.2 Aboneler ile binaların eşleştirilmesi

Sözel ortamda bulunan abone tüketimlerinin grafik ortamdaki binalarla eşleştirilebilmesi için cadde-sokak ve bina dış kapı numaralarına ihtiyaç duyulmuştur. Saha çalışması yapılarak yeni çizilen binaların dış kapı numaraları harita üzerine işlenerek CBS ortamına girilmiştir. Yine saha çalışması esnasında iptal edilen, tapalanan, deplase edilen borular harita üzerinde işlenerek CBS ortamına girilmiştir. Şebeke güncellemesi, ASKİ Çankaya Bölge Müdürlüğü saha ekibi çalışanları ile sahada çalışılarak sözlü verilen bilgiler doğrultusunda yapılmıştır. Bu sebeple şebekenin mevcut durumu tam olarak yansıtmıyorsa söylemek kesin olarak mümkün değildir.

Basınç bölgesinde kalan 4 mahallenin tamamına ait mekanik ve kartlı sayaç abone bilgileri Bilgi İşlem Dairesinden sayısal ortamda aylık olarak temin edilmiştir. Cadde-Sokak ve dış kapı numarası ile CBS ortamındaki binalar eşleştirilmeye çalışılmış, ancak numarataj problemlerinden dolayı sağlıklı eşleştirme yapılamamıştır. Mevcut bina katmanında kayıtlı olan dış kapı numaralarının değişmiş olması ve binaların yeni yapılmış olması sebebiyle yeni çizilmesi, sahada bina bazında numarataj tespitinin zaman almasından dolayı kapı numarası haricinde farklı bir eşleştirme yöntemi araştırılmıştır.

Aboneliklerin ada/parsel bilgisini kullanarak harita üzerindeki binasını tespit edip eşleştirmenin daha kolay olacağı tespit edilerek Bilgi İşlem Dairesinden ada/parsel bilgisini de içeren abonelik bilgileri tekrar alınmıştır. Kartlı sayaç abonelerinin %91 inde, mekanik sayaç abonelerinde ise %64 oranında ada/parsel bilgisinin kayıtlı olduğu görülmüştür. Şebeke bilgi merkezinden alınan ada/parsel katmanının sadece çizim olup parsel bilgisini içermemesi üzerine bölgeye ait imar planı sayısal ortamda temin edilmiştir. Temin edilen imar planındaki ada/parsel katmanı CBS ortamına dönüştürülmüştür.

Sözel abonelik bilgileri ile CBS ortamındaki grafik binaları eşleştirebilmek için binalara tekil bir kod üretilmiştir. Bu tekil kod parselde bir binanın bulunması durumunda 16648/3 gibi ada/parselin kendisi olarak, parselde birden çok bina olması durumunda ise 16648/2/9 gibi ada/parsel/kod olacak şekilde türetilmiştir. Kod olarak duruma göre dış kapı numarası veya sıralı numaralar kullanılmıştır. Abonelik bilgilerindeki ada/parsel, cadde-sokak, dış kapı numarası ile CBS ortamındaki ada/parsel, cadde-sokak, kısmen bina no ve uydu görüntüsü kullanılarak aboneliklere ada/parsel bilgisi ve tekil binakodu girilmiştir. Her sokak için eski-yeni sokak isimleri kullanılarak eski sokak ismi ile kayıtlı abonelikler de kontrol edilerek düzeltmeler yapılmıştır.

	A	B	C	D	E	F	I	J	K	L	M	N	O	P
1	8	AdiSoya	TiP	M	Sokak	Bin	Han	Ada	Pa	BinaKod	Eski	20	20	20
2399	585	42 ŞERİFE KAY	KTİ	KEKL	891 CADDE	2	1							20
2390	640	54 İLİMDAR GÜK	KTİ	KEKL	891 CADDE	7								16
2391	640	54 BULUT GÜL	KTİ	KEKL	891 CADDE	9								4
2392	476	25 SİĞMA PRO	İNİ	KEKL	891 CADDE	10		16648	12	16648/12	16648/12			33
2393	611	50 REMİZİ BÖL	KTİ	KEKL	891 CADDE	10	1			16648/12				26
2394	607	44 ŞEFİK DEMİ	KTİ	KEKL	891 CADDE	10				16648/12				21
2395	608	34 FUAT BOLA	KTİ	KEKL	891 CADDE	10	2			16648/12				10
2396	609	44 CUMALI KAF	KTİ	KEKL	891 CADDE	11	1							13
2397	606	14 İZZET BİRLİ	KTİ	KEKL	891 CADDE	11								3
2398	2752	# HÜSEYİN KAYALIOĞ	KEKL	891 CADDE		12	9	16648	13	16648/13	16648/13	15,42		0
2399	378	# İHSAN TIMURTEKİ	KEKL	891 CADDE		12	7	16648	13	16648/13	16648/13	5,794	15,4	
2400	606	# MİRCAN İLHAN	KEKL	891 CADDE		12	1	16648	13	16648/13	16648/13	25,09		0
2401	605	# HÜSEYİN KAYALIOĞ	KEKL	891 CADDE		12	4	16648	13	16648/13	16648/13	5,169		0
2402	1892	# HÜSEYİN KAYALIOĞ	KEKL	891 CADDE		12	5	16648	13	16648/13	16648/13	8,746		0
2403	2337	# HÜSEYİN KAYALIOĞ	KEKL	891 CADDE		12	8	16648	13	16648/13	16648/13	0	11,6	5
2404	683	# NİLÜFER SIVRI	KEKL	891 CADDE		12	6	16648	13	16648/13	16648/13	0	2,67	
2405	2531	# NUR APARTMANI	KEKL	891 CADDE		12	MÜST	16648	13	16648/13	16648/13	8,367		0
2406	610	44 ZAKİR BİRLİ	KTİ	KEKL	891 CADDE	13	1							11
2407	607	44 KERİM BİRLİ	KTİ	KEKL	891 CADDE	13								6
2408	652	56 CEMAL TOY	KTİ	KEKL	891 CADDE	15	2							19
2409	608	44 HASAN ATEŞ	KTİ	KEKL	891 CADDE	15	1							10
2410	558	18 SAKİR ÇELİK	KTİ	KEKL	891 CADDE	17								11



Şekil 4. Sözel abonelik verilerinin CBS ile eşleştirilmesi

Abonelik bilgilerine girilen binakodu ile CBS bina katmanı ilişkilendirilmiştir. Bu sayede aboneliklerin bina bazında coğrafi olarak nerede olduğu tanımlanabilir hale gelmiştir. Bina bazında yapılan eşleştirme sonucunda tematik harita hazırlanarak eşleşme olmayan binalar görüntülenmiştir. Abonelik kaydına erişilemeyen bu binalar için arazi çalışması yapılarak abone no ve kişi isimleri toplanmış, bu bilgilerle abonelik bilgilerine erişilmiştir. Abonelik bilgileriyle haritadaki binaların eşleşmemesinin sebepleri; çoğunlukla inşaat halindeki binalar, abonelik esnasında cadde-sokak, dış kapı numarası bilgisinin yanlış ve eksik girilmesi, ada/parsel bilgisinin hiç girilmemiş olması ve yanlış girilmesi olarak tespit edilmiştir. Ancak uydu görüntüsü üzerinden bina olarak çizilen ve abonelik kaydına erişilemeyen bir İlköğretim Okuluna ait aboneliğin olmadığı tespit edilmiştir. Şekil 4’de 2 adet bina için eşleştirilmiş abonelik bilgileri gösterilmiştir.

3.3 Şebekenin hidrolik modelinin çıkarılması

Bir şebekenin hidrolik modelinin oluşturulabilmesi için gerekli olan bilgiler şunlardır:

- Boru yerleri, uzunlukları, çapları ve pürüzlülük katsayıları
- Abone tüketimlerinin atanacağı düğüm noktaları ve kotu
- Bina bazında abone tüketim bilgileri
- Binaların hangi düğüm noktasına bağlı olduğu
- Tank ve pompa bilgileri (SCADA verileri)

Boru yerlerini ve düğüm noktalarını doğru çizebilmek için arazi çalışmalarının yanında ASKİ Genel Müdürlüğünde bulunan işletme paftaları temin edilerek taranmıştır. Taranan paftalar CBS ortamında koordinatlarına oturtularak verilerin altlığına oturtulmuştur. Boru çizimleri kontrol edilerek hatalı olan kısımlar düzeltilmiştir. Alt basınç bölgesi olan S10 ile olan ara bağlantı vanalarının yerleri ve durumu hakkında bölge personelinin bilgi alınmıştır. Binaların şebekeye bağlantısını sağlamak için mevcut düğüm noktalarına ek düğüm noktaları tanımlanmıştır. Birkaç bina bir düğüm noktasına bağlanacak şekilde bölgedeki tüm alan kapalı alt alanlara bölünmüştür (Şekil 5). Bu bölümlenme her bir alt alanın içerisinde bir düğüm noktası gelecek şekilde yapılmıştır. CBS sorgulama yetenekleri kullanılarak binalara düğüm noktası bilgisi otomatik olarak eklenmiştir. Alt alanlara bölme işlemi yapılırken uydu görüntüsü, binanın yerleşimi, borunun cadde veya sokaktaki konumu göz önüne alınarak yapılmıştır. Ayrıca arazi çalışması esnasında bölge personelinin bina bağlantılarının nerelerden yapıldığıyla ilgili verdiği bilgiler de dikkate alınmıştır.



Şekil 5. Binaların düğüm noktalarına otomatik bağlanabilmesi için alt alanların oluşturulması

Binalara düğüm noktası bilgisi eklendikten sonra bina üzerinden aboneliklere erişilerek her bir abonenin hangi düğüm noktasında su aldığı bilgisi elde edilebilir hale gelmiştir. Tüketimlerle ilgili olarak ortalama tüketimleri elde edebilmek için birkaç aylık su tüketim verilerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Mekanik sayaçlarda 2009 Eylül – 2010 Nisan ayına kadar olan 7 aylık tüketimin, kartlı sayaçlarda ise 2009 Ağustos – 2010 Nisan ayına kadar olan 9 aylık tüketim esas alınmıştır. Mekanik sayaçlarda tüketimler aylar itibarıyla benzerlik göstermekte olduğu ancak kartlı sayaçlarda çok farklı tüketim (su kredisi) değerlerinin olabildiği gözlemlenmiştir. Kartlı sayaçların gerçek su tüketimleri elde edilemediği için tüketim olarak kartlara yapılan kredi yüklemeleri kullanılmıştır. Çizelge 1’de mekanik sayaca sahip bir abone ile kartlı sayaca sahip bir aboneliğe ait aylık tüketimlerinden örnek gösterilmiştir.

Çizelge 1. Aylara göre örnek tüketim dağılımları

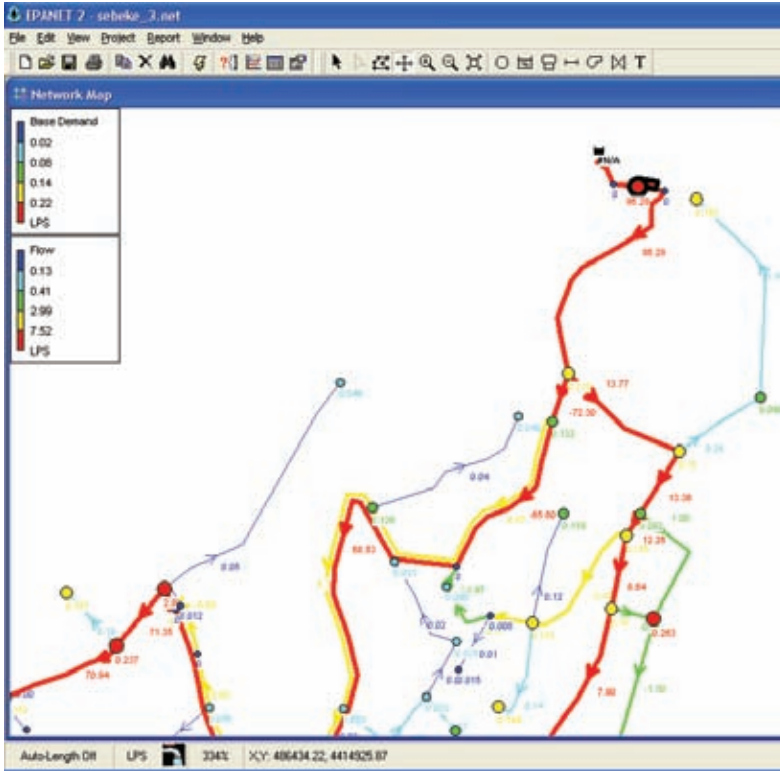
AboneNo	2009					2010				Tip	Ort. m ³
	08	09	10	11	12	01	02	03	04		
1441882	0,0	0,0	10,3	0,0	4,5	15,4	0,0	0,0	0,0	Kartlı	3,36
993300	0,0	10,0	15,0	10,0	0,0	13,0	11,0	11,0	11,0	Mek.	11,57

Abonelikler bina, binalarda düğüm noktası bazında gruplanarak tüketim değerlerinin ortalamaların toplamaları otomatik olarak alınmıştır. Böylece düğüm noktalarının toplam tüketimleri elde edilmiştir. Hidrolik olarak düğüm noktalarının su tüketimlerinin yanında yüksekliği de basıncı, borulardaki hızları, özetle hidrolik davranışı tamamen

etkilemektedir. Düğüm noktalarının yükseklikleri ise Ankara 1/1000 ölçekli halihazır haritalardaki eşyüksekti eğrilerinden üretilmiş sayısal yükseklik modelinden otomatik olarak alınmıştır.

Borular üzerinde eklemeler, değişiklikler olduğu için boru uzunlukları sayısal yükseklik modeli kullanılarak gerçeğe en yakın şekilde 3 boyutlu uzunluğu otomatik olarak yeniden hesaplatılmıştır. Boru çapları işletme paftalarından kontrol edilmiştir. Bazı borularda ise alınan verilerde veya işletme paftalarında çap bilgisine ulaşılamamıştır. Bölge personelinin alınan sözlü bilgilerle bilinmeyen boru çapları girilmiştir. CBS ortamında oluşturulan şebeke çeşitli CBS fonksiyonları ve Excel yardımıyla hidrolik analizlerin yapıldığı EPANET yazılımının [3] formatına dönüştürülmüştür. Şekil 6'da EPANET yazılımında hidrolik modelin çalıştırılarak çeşitli hidrolik değerlerin gösterildiği örnek bir ekran görüntüsü verilmiştir.

Dakikalık pompa debi değerlerini içeren SCADA verileri kullanılarak şebekeye giren toplam su miktarı aylık ortalama 122.500 m³ (üst basınç bölgesi çıkarılmıştır) olduğu hesaplanmıştır. Bina-abone eşleştirme sonucunda basınç bölgesinde aylık ortalama 79.780 m³ su tüketimi olduğu hesaplanmıştır. Şebekeye giren ve kayıt altına alınan su tüketimi birbirine oranlandığında %35 civarlarında suyun kayıp, kaçak ve tespit edilememiş olduğu bulunmuştur.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İçmesuyu şebekeleri üzerinde yapılacak kayıp-kaçak tespit çalışmaları için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Lokal bazda belirli güzergahlar üzerinde yapılan kaçak arama çalışmalarının yanında basınç bölgesi bazında kayıp-kaçak arama çalışmaları da yapılmaktadır. Temel olarak birçok çalışma için şebekenin hidrolik modelinin çıkarılarak kalibre edilmesi gerekmektedir. Bunun için ise şebeke hakkında gerçek durumu yansıtacak her türlü bilgi ve veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgiler;

- Boruların: cinsi, uzunluğu, çapı, koordinatları
- Armatürler ve vanaların açık-kapalı durumu
- Pompalar ve tanklara ait veriler (SCADA verileri) – (giren su)
- Abonelerin detaylı su tüketim bilgileri – (çıkan su)
- Varsa arıza bilgileri – (çıkan su)

Diğer basınç bölgeleri ile izole edilmiş bir basınç bölgesinde; teorik olarak pompalardan bölgeye iletilen suyun abone sayaçlarında kaydedilmiş olması, bir miktarının ise tankta depolanmış olması gerekir. Giren ve çıkan su miktarlarını karşılaştırabilmek için SCADA ölçümlerinin kalibre edilmiş ve uygun periyotlarda kaydedilmiş olması, basınç bölgesinden hangi abonelerin, ne kadar su kullandığının bilinmesi gereklidir.

Bahsedilen birçok veri coğrafi bilgi içermektedir, bu sebeple güncel bir CBS altlığı, çalışmaların doğruluğu için kaçınılmazdır. Borulara ve armatürlere ait bilgilerin bilinmesi, boru iptali, arıza çalışması, ek boru, bağlantı vb şebeke üzerinde yapılan her türlü değişikliğin işlenmesi ve çeşitli bilgilerinin tutulması gerekmektedir. Yeni aboneliklerin bağlantısı basitte olsa kroki üzerinde çizilmeli, CBS ile ilişkilendirebilmek için ada/parsel, numarataj gibi abonelik bilgileri tam ve doğru alınarak, CBS'deki bina katmanı ile ilişkilendirilmelidir. CBS tarafında cadde-sokak, bina ve parsel katmanlarının güncel tutulması ve tüm aboneliklerin binalarla eşleştirilmesi gereklidir. CBS altlığının düzgün olabilmesi için çeşitli kurumlardan veri alınması, belirli periyotlarla uydu görüntüsü temin edilmesi, gerekli görülen yerlerde arazi çalışması yapılması planlanmalıdır. Alternatif olarak sayaç okuma hizmeti esnasında aboneliklerin coğrafi konumu GPS türü cihazlarla veya haritalar üzerinde işaretleyerek tespit edilebilir.

Su kayıp ve kaçaklarını düşürmeyi hedefleyen su işletmelerinde öncelikle kurum bünyesinde şebeke üzerinde çalışma yapan, aboneler hakkında bilgi toplayan-güncelleyen, su sayacı okuması, su satışı yapan, pompalar ve tanklara ait SCADA verilerini kaydeden tüm birimlerin birbirleriyle entegre olması ve aynı ortak veritabanını ve CBS altlığını kullanması önerilmektedir.

Şebekeye iletilen su miktarı SCADA sistemleri ile gayet hassas bir şekilde ölçülebilmektedir. Şebekede kullanılan su miktarı ise abone sayaç okumaları ile ölçülmektedir. Mekanik sayaçlar için belirli periyotlarda sayaç okumaları gerçekleştirilmekte ancak kartlı sayaçlarda ise farklı bir durum söz konusudur. Mekanik sayaç abonelerinin su tüketim davranışı, aylık veya mevsimlik tüketim ortalamaları kolay elde edilebilmekte fakat kartlı sayaç aboneleri ancak su kredi satın aldıkları zaman bir bilgiye sahip olmaktadır. Satın alınan kredinin hangi periyotta, ne miktarda kullanıldığı hakkında detaylı bilgi alınamamaktadır. Mevcut veya yeni alınacak kartlı elektronik sayaçların abone tüketimlerini kart veya sayaç üzerine detaylı şekilde kaydetmesini

sağlayacak yeni çözümler su tüketimlerinin SCADA verileri gibi detaylı elde edilebilir olmasını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] T. Özden, E. Demirbaş ve İ. Demirel, 2009, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir.
- [2] M. Songur, A. Dabanlı, 2006, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- [3] L. Rossman, 2000, EPANET-User's Manual, United States Environmental Protection Agency (EPA), Cincinnati, Ohio.

ROMA VE OSMANLI DÖNEMLERİNDE DEBİ ÖLÇÜMÜ VE BORU STANDARDİZASYONU

Köksal Buğra ÇELİK

DSİ 13. Bölge Müdürlüğü, Antalya - koksalc@dsi.gov.tr

ÖZET

İnsanoğlunun su kaynaklarının teminine ve iletilmesine olan ihtiyacı eski dönemlerden itibaren yerleşim yerlerinin belirlenmesinde en önemli unsur olmuştur. Toplumsal hayatın başlaması su kaynaklarının planlanması ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Eski dönemlerden günümüze ulaşan su yapıları kalıntıları inşaat mühendisliği açısından şüphesiz büyük önem taşımaktadır. Ölçüm birimleri ve ölçme aletleri bu yapıların tasarımında vazgeçilmez unsurlardandır. Açık ya da kapalı olsun su sistemlerinin tamamında verilen debinin ölçülmesi, boru birleşimlerinden sızan, kaçak kullanım yoluyla alınan debilerin bilinmesi, sistemde aksaklık gösteren bu noktalara kısa zamanda müdahale edilerek kullanılan suyun maliyetinin düşürülmesi günümüzde olduğu gibi tarihte de büyük önem taşımaktaydı. Bu sebeple tarih boyunca su mühendisleri konu üzerine önemle eğilmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Roma, Osmanlı, Debi Ölçümü.

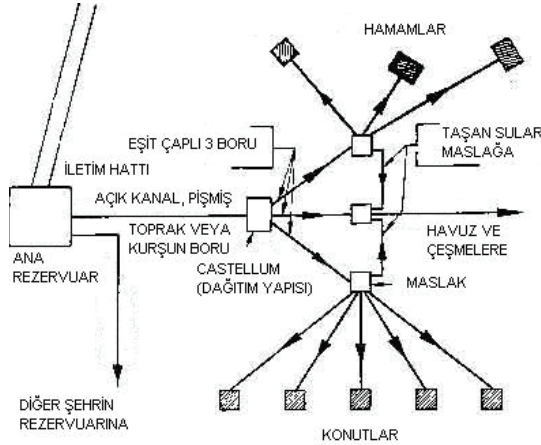
GİRİŞ

Akarsu seviyelerinin ölçümünde Mısırlılarca Nil Nehri'nde kullanılan nilometreler konuya ilişkin en eski örneklerdendir. Şehirlere su temini amacıyla kullanılan ilk kompleks sistemler Romalılar tarafından milattan önce birinci yüzyılda geliştirilmiştir. Bu iletim yapıları ve şebekeler mühendislik açısından kayda değer olmalarına karşın debi hesapları oldukça hatalıdır. Makalenin ilk kısmında debi ölçümü ve boru çaplarının standartlaştırılmaları üzerine çalışan Romalı su mühendisleri Vituvius, Frontinus ve İskenderiyeli Heron hakkında temel bilgiler verilmiştir. Roma döneminde su iletimi, debi ölçümü ve boru çapları makalenin ikinci kısmında bahsi geçen su mühendislerinin ortaya koyduğu kitaplar çerçevesinde incelenmiştir. Üçüncü bölümde ise Osmanlı döneminde su iletimi, debi ölçümü ve boru çaplarına ilişkin detaylar verilmiştir. Son olarak Osmanlı dönemi ve Roma dönemindeki debi ölçüm metodları karşılaştırılmış, yine tarihte ilk defa Romalılar tarafından kullanılan su terazilerinin Osmanlı döneminde nasıl geliştirildiği üstünde durulmuştur.

1. DEBİ ÖLÇÜMÜ VE BORU ÇAPLARININ STANDARTLAŞTIRILMALARI ÜZERİNE ÇALIŞAN ROMALI SU MÜHENDİSLERİ

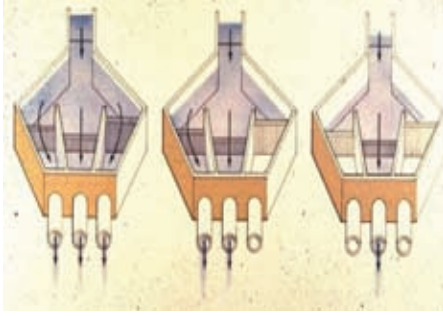
1.1. Vitruvius

Mimar ve yazar olan Vitruvius hidrolik yapıların planlanması ile ilgili prensipleri De Architectura adlı kitabında incelemiştir. Vitruvius hakkında elimizde çok fazla bilgi olmamakla birlikte M.Ö. 84 yılı civarında doğduğu tahmin edilmektedir. Sezar'ın ordusunda imparatorluğa bağlı eyaletlerde çalışması esnasında çeşitli yapılar üstüne bilgi edinme imkânı bulmuştur. Ordudan emekli olmasının ardından edindiği tecrübeleri yazmaya karar vermiştir. Kitaplarını ne zaman bitirdiği ve ne zaman öldüğüne dair kesin bir bilgiye sahip olmamakla birlikte M.S. 1. yüzyıl bitmeden öldüğü söylenebilir. 8. kitabı su temini üzerinedir. Su kalitesi, su kaynaklarının yerlerinin yoğun buharlaşmayı dikkate alarak belirlenmesi, suyunun inşası, kotların ölçülmesi¹, pişmiş toprak borular (künkler), kurşun borular vb. birçok konu hakkında detaylı bilgi vermektedir. Pişmiş toprak boruların birleşimlerinde conta malzemesi olarak kireç zeytinyağı karışımı bir harç uygulanması gerektiğinden bahseder. Kurşun boruların ise kurşun levhaların bir silindiri etrafında bükülmesi yoluyla imal edilmesi ve birleşim yerlerinden lehimlenmesi gerektiğini belirtir. Dokuz farklı standart borudan bahseden ilk kişinin Vitruvius olduğu söylenebilir. Kitapta kurşun borunun standart uzunluğu, minimum ağırlığı ve cidar kalınlığının 6 mm olması gibi detaylar verilir. Suyollarının şehirde castellum adı verilen bir dağıtım yapısında nihayetlendiği suyun buradan kamuya ait çeşmelere ve havuzlara dağıtıldığı belirtilir. Hamamlara ve şahısların hususi kullanımına tahsis edilen boruların da castellum'a bağlı olduğu ifade edilir. Kamu için gerekli su kaynağının sağlanması maksadıyla öncelikle halkın kullanımına açık havuz ve çeşmelerin sonra hamamların ihtiyaçları temin edilip daha sonra eğer ihtiyaç fazlası var ise şahısların özel kullanımına su tahsisi bir savak sistemi ile castellum'da tesis edilir.



Şekil 1. Roma döneminde su dağıtımı

¹ Roma döneminde yükseklik farklarını belirlemek için *chorobates* adı verilen bir cihaz kullanılıyordu. Bu cihaz, uzun bir kütüğe oturtulmuş bir çeşit su terazisiydi. Gönyenin iki ucunda iki gözlem yeri yani bir çeşit arpacık bulunurdu. Bunun üzerinden bakarak uzakta bir ölçü noktasına mira dikilir ve böylece o noktanın yüksekliği belirlenirdi. Dayanılan ilke bugünkü teodolitlerin ilkesiyle aynıydı. Cihaz, kilometrelerce uzunluğundaki su yollarının düzeçlenmesinde yararlanılan en önemli araçtı [8].



Şekil 2. Castellum savak sistemi.

Boru adı	İç çap		Çevre		Enkesit alanı		
	digit	cm	digit	cm	digit	cm ²	quinariae
5 quinnaria	1,59	2,94	5	9,25	1,99	6,81	1,62
8 octonaria	2,55	4,71	8	14,80	5,09	17,43	4,15
10 denaria	3,18	5,89	10	18,50	7,96	27,24	6,48
15 quinum denum	4,78	8,83	15	27,75	17,91	61,28	14,59
20 vicenaria	6,37	11,78	20	37,00	31,83	108,93	25,94
30 tricenaria	9,55	17,67	30	55,50	71,62	245,11	58,35
40 quadragenaria	12,73	23,55	40	74,00	127,32	435,75	103,75
50 quinquagenaria	15,92	29,44	50	92,50	198,94	680,86	162,11
80 octogenaria	25,47	47,11	80	148,00	509,30	1743,08	415,02
100 centenaria	31,83	58,89	100	185,00	795,78	2723,45	648,44

Çizelge 1. Vitruvius'a göre Roma İmparatorluğu standart boru ölçüleri [4].

Vitruvius tarafından kurşun borular için önerilen 6 mm'lik et kalınlığı, düşük kalitede kurşun için verilen çekme gerilmesi $f_t = 11 \text{ N/mm}^2$ ve emniyet katsayısı olarak 2 alınarak ($s = f_t / 2 = 5,5 \text{ N/mm}^2$) o dönemdeki standart boru çaplarına uygulanması ile dayanabilecekleri emniyetli iç basınç değerleri hesaplanmıştır [9].

Boru adı	İç çap		Borunun dayanabileceği emniyetli iç basınç değeri
	digit	cm	N/mm ² (MPa)
5 quinaría	1,59	2,94	2.24
8 octonaria	2,55	4,71	1.40
10 denaria	3,18	5,89	1.12
15 quinum denum	4,78	8,83	0.74
20 vicenaria	6,37	11,78	0.56
30 tricenaria	9,55	17,67	0.37
40 quadragenaria	12,73	23,55	0.28
50 quinquagenaria	15,92	29,44	0.22
80 octogenaria	25,47	47,11	0.14
100 centenaria	31,83	58,89	0.11

Çizelge 2. Vitruvius tarafından verilen Roma İmparatorluğu standart boru ölçüleri ve cidar kalınlığı 6 mm sabit değerleri dikkate alınarak hesaplanan borunun dayanabileceği emniyetli iç basınç değerleri [4].

1.2 Frontinus

Sextus Julius Frontinus, *De aqueductu urbis Romae* adlı kitabı ile hidroliğin gelişmesine önemli katkılarda bulunmuştur. Romalı yazara ait bilgilerimiz oldukça kısıtlı olup M.S. 35 yılı civarında doğduğu, İngiltere ve Asya’da valilik yaptığı, M.S. 103 veya 104 yılında vefat ettiği bilinmektedir. M.S. 97 yılında İmparator Nerva tarafından curator aquarum (Roma Su İşleri Müdürü) olarak atanmasından sonra Roma’nın su getirme sistemi hakkındaki birikimlerini harita ve planlarla birlikte derlemiştir. Daha sonra kendisi görevdeyken Roma’da işletmede olan dokuz suyunun memba ve mansap özelliklerini, kotlarını, yeraltı ve yerüstündeki uzunluklarını incelemiştir. Ayrıca, Frontinus su şebekelerinde kullanılan standart borular hakkında bilgiler vermektedir. Bu sistem selefinkine (Vitruvius) göre daha detaylıdır. Aynı zamanda debinin saptanması ile ilgili temel bilgileri içermektedir. Daha önce kullanılan sistem ve kendisi tarafından yapılan düzeltmeleri içermektedir. Frontinus’un ikinci kitabı ise suyuollarına ait debi ölçümleri ve önceki kayıtlarla olan mukayeselerini içermektedir. Hamamlar, havuzlar, çeşmeler vb. yapıların debileri ile halka ait su kullanımı ile lisanslı özel tüketime ait su kullanımının sınıflandırmasını içerir. Özellikle bu bölümde antik Roma kentinin hidrolik alt yapısına ait detaylı bilgiler verilir. Suyollarının inşası, bakımı, korunması ile ilgili yasal hükümler ve imparatorun emirlerine uyulmaması durumundaki cezai müeyyideler kitabın son kısmını oluşturmaktadır.

1.3 Heron

Debinin hız ve kesit alanının çarpımı olduğuna ilişkin doğru korelasyon ilk defa İskenderiyeli Heron'un Dioptra'sında (1908 yılında Schöne tarafından tercüme edilmiştir) ifade edilmiştir. Heron'un hangi tarihler arasında yaşadığı bilinmemektedir. M.Ö. 2. yüzyıl ile M.S. 2. yüzyıl arasındaki bir dönemde yaşadığı tahmin edilmektedir. Heron'da aynen Frontinus gibi araştırmalarını bir kitap olarak derlemiştir. Her ikisinin yazdığı kitaplarda da benzer bölümler bulunmaktadır. Bundan, sonra gelenin öncekinin kitabını bildiği ve Heron'un Frontinus'tan daha sonra yaşadığı sonucunu çıkarıyoruz. Aksi halde işinde oldukça titiz ve dikkatli olan curatur aquarum Frontinus'un Roma Suyolları'nın debi hesabında Heron'un bilgisinden istifade etmeyeceği düşünülemez. Heron'un keşfi matematiksel alanda teorik soruların ortaya çıkmasına sebep olmuştur ancak Roma dönemi'nde pratikte uygulanıp uygulanmadığı bilinmemektedir.

2. DEBİ ÖLÇÜMÜ

Bu bölümde Frontinus'a göre debi ölçümü incelenecektir. Roma döneminde debi ölçümü doğrudan debinin geçtiği kesitin alanına eşit olarak kabul edilmiştir. Birim olarak quinarya kullanılmıştır. Bu birim, en küçük çaplı boruyu tariflemektedir. Vitruvius'a göre bir quinarya çevresi beş digit (parmak) olan boru veya daha net ifadeyle genişliği beş digit olan kurşun levhadır. Bu levha bir silindir etrafında bükülür ve birleşim noktasında lehimlenir. Frontinus'un sisteminde ise 5/4 digit çapındaki boru quinarya olarak adlandırılır. Kesit alanı, Vitruvius tarafından belirtilenden % 40 daha azdır. Frontinus tarafından yeniden ve daha detaylı olarak tanımlanan sistem 25 standart borudan oluşmaktadır. Çaplar digit'in çeyrekleri olarak vicenaria'ya kadar tanımlanmıştır. 20 digit çeyreği çapa tube (tüp) adı verilmiştir. Daha büyük boru kesit alanları ise digit'in karesi cinsinden ifade edilmektedir.

Prensipte Vitruvius ve Frontinus'un debi ölçüm sistemleri farklı değildir. İkisinde de amaç kesit alanının hesaplanmasıdır. Ancak Frontinus'un ölçümleri daha hassastır. Frontinus kesit alanının hesabında kullandığı π sayısı için 22/7 değerini almaktadır. Vitruvius ise hesap kolaylığı sağlayan ve doğruluğu daha az olan 25/8 değerini kullanmaktadır. Frontinus, Vitruvius'un sistemini hassas olmaması sebebiyle eleştirmekte ve bükülen levhanın dışarıda uzarken içeride kılalacağını belirtmektedir. Fakat belirtilen fark oldukça az olup hesapta ihmal edilebilir mertebededir. Daha önce de belirtildiği gibi her ikisi de debi ölçümünde boru kesit alanını kullanmışlardır. Günümüzdeki birimlerle ifade etmek gerekirse m^3/s yerine m^2 birimini debi ölçümünde kullanmışlardır. Sonuçlar oldukça hatalıdır. Akışkanlar çok eski dönemlerden beri ölçülmektedir. Hatta Roma'da amfora adı verilen çömlekler sıvılar için ölçü birimi olarak standart hale getirilmiştir. Hacmin birim zamana oranı olarak debinin ifade edilememesi oldukça ilginçtir. Hız ve enkesitin çarpımı olan debi doğru olarak ifade edilmese de hem hız hem de kesit alanı kavramları o dönemde bilinmekteydi. Debi ölçümünde yalnızca kesit alanı dikkate alınıyor ve geçen süre göz önünde bulundurulmuyordu.

Ancak Frontinus en azından niteliksel olarak debinin hıza bağlı olduğunun farkındaydı. Bunu yazdığı kitabında ifade etmiştir. Aynı zamanda keskinin doğru şekilde hızın kanalın eğimine bağlı olduğunu basınçlı borularda daha yüksek basınçların daha yüksek debiye sebep olduğunu belirtmiştir. Debi ölçmede sert, bükülmez, standart hale getirilmiş bronzdan calix adı verilen lüleler kullanılması önermiştir. Frontinus aynı zamanda akıma göre yön değişikliği durumunda calix'den geçen debinin değiştiğini de gözlemlemiştir.

Hidrolik konusunda derin bilgiye sahip Frontinus'un o dönem bilgi birikimi göz önünde bulundurularak debi hesabında hızı dikkate almaması yukarıda da belirttiğimiz gibi oldukça şaşırtıcıdır.

Boru adı	İç çap		Çevre		Enkesit alanı		
	digit	cm	digit	cm	digit	quinariae	cm ²
5 quinaría	5/4	2,31	3,93	7,27	1,23	1,00	4,20
6 senaria	6/4	2,78	4,72	8,72	1,77	1,44	6,05
7 septenaria	7/4	3,24	5,50	10,18	2,41	1,96	8,22
8 octonaria	8/4	3,70	6,29	11,63	3,14	2,56	10,75
10 denaria	10/4	4,63	7,86	14,54	4,71	4,00	16,80
12 duodenaria	12/4	5,55	9,43	17,44	7,07	5,76	24,19
15 quinum denum	15/4	6,94	11,79	21,80	11,04	9,00	37,80
20 vicenaria	20/4	9,25	15,72	29,07	19,63	16,00	67,20
20 vicenaria	5,05	9,34	15,85	29,32	20	16,26	68,45
25 vicenum quinum	5,64	10,44	17,73	32,80	25	20,37	85,56
30 tricenaria	6,18	11,44	19,42	35,92	30	24,43	102,62
35 tricenum quinum	6,67	12,35	20,98	38,81	35	28,51	119,74
40 quadragenaria	7,14	13,20	22,42	41,47	40	32,58	136,85
45 quadragenum quinum	7,57	14,00	23,79	44,00	45	36,65	153,94
50 quinquagenaria	7,99	14,76	25,07	46,39	50	40,73	171,05
55 quinquagenum quinum	8,37	15,48	26,29	48,64	55	44,80	188,16
60 sexagenaria	8,74	16,17	27,46	50,80	60	48,87	205,26
65 sexagenum quinum	9,09	16,82	28,58	52,88	65	52,94	222,37
70 septuagenaria	9,44	17,46	29,67	54,88	70	57,02	239,47
75 septuagenum quinum	9,77	18,08	30,71	56,81	75	61,09	256,58
80 octogenaria	10,09	18,67	31,71	58,65	80	65,17	273,70
85 octogenum quinum	10,40	19,24	32,69	60,47	85	69,24	290,79
90 nonagenaria	10,70	19,80	33,64	62,23	90	73,31	307,90
95 nonagenum quinum	11,00	20,34	34,56	63,93	95	77,38	325,01
100 centenaria	11,28	20,87	35,46	65,60	100	81,45	342,10
120 centenum vicenum	12,36	22,86	38,83	71,84	120	97,75	410,55

Çizelge 3. Frontinus'a göre Roma İmparatorluğu standart boru ölçüleri [4].

Kesit alanı hesaplarında % 1'lik hataya bile dikkat çeken Frontinus'un hızın en azından niteliksel olarak etkisini bilmesine karşın % 20 civarında hatalar yapmıştır.

Frontinus'un eserinin bizim için önemi antik dünyada su getirme konusu üzerine yazılmış en detaylı bilgi kaynağı olmasıdır.

Romalılar küçük haznelerden veya dağıtım havuzlarından debiyi ölçerek dağıtabilmek için havuz veya hazne duvarına “calix” adı verilen belirli çaptaki yatay boruları yerleştirmektedir. Bu borular üç farklı yerde kullanılmaktadır:

- Su alma yerindeki havuzun yan cephesinde
- Şehir içinde belirli yerlerde yapılan havuzların yan cephesinde
- Dağıtım yapılarının yan cephesinde

Daha önce de belirttiğimiz gibi Frontinus'un kitabında debi ölçüm sistemi hakkında detaylı bilgi yoktur. Dağıtım havuzlarının kenarına konan calix'e en az 12 digit (22,2 cm) uzunluğunda bir bronz boru eklenir. Bir bölgeye verilen toplam debiyi bulmak için calix'lerde ölçülen değerler toplanır. Çeşitli yerlerde yapılan ölçmelerin birbirini tutmaması su hırsızlığına yorulmuştur. Debinin daha öncede vurgulandığı gibi aslında akış alanından birim zamanda geçen sıvının hacmi olarak tanımlanması gerekirken Romalılarda debinin kesit alanına göre belirlenerek hız faktörünün hesaba katılmaması bu uyumsuzluğun meydana gelmesinde önemli bir faktördür [3]. Romalılar serbest yüzölçü kanallarda da debiyi akış kesiti alanına göre belirleyerek quinarie cinsinden vermektedirler.

Romalıların debi ölçme sistemleri ile Osmanlılarınki karşılaştırılırsa Osmanlıların debi ölçme sisteminin Romalılarınkinin oldukça geliştirilmiş şekli olduğu görülür. Osmanlılarda ölçme sandığı denen, ekseri mermerden yapılmış havuzun düşey kenarları üzerine belirli çaptaki borular yerleştirilir. Havuzun kenarında su seviyesini sabit tutmak için bir dolu savak yapılır. Kısa boruların eksenleri su yüzeyinden 96 mm aşağıdadır. Kısa boruların uzunluğunun çapına oranı 2,5–3 kadardır. Borunun iç çapı 26 mm ise 96 mm su yükü altında geçen debiye 1 lüle denir. 1 lüle 52 m³/gündür (36 l/s) [3].

Adı	D, lüle çapı (mm)	Q, debi (l/dk)
Sekizli lüle 8 lüle	73	288
Dörtlü lüle 4 lüle	52	144
Üçlü lüle 3 lüle	45	108
Çift lüle 2 lüle	36,7	72
Lüle 1 lüle	26 (26,40)	36
1 kâmiş	13	9
1 masura	9,19	4,5
1 çuvaldız	4,59	1,125

Çizelge 4. Çeçen'e göre Osmanlı İmparatorluğu'nda kullanılan lüle çapları ve debileri [3].

Birim	Lüle	Kâmiş	Masura	Çuvaldız	Hilal	l/dk
Lüle	1	4	8	32	64	36
Kâmiş	1/4	1	2	8	16	9
Masura	1/8	1/2	1	4	8	4,5
Çuvaldız	1/32	1/8	1/4	1	2	1,12
Hilal	1/64	1/16	1/8	1/2	1	0,56

Çizelge 5. Osmanlı İmparatorluğu debi birimlerinin birbirleri cinsinden ifadesi [5]

3. DEBİ ÖLÇÜ BİRİMİ LÜLE

Suyun, “debisini ölçerek” dağıtımını yapmak için dikdörtgen biçiminde bir tekne kullanılır. Genellikle mermerden yapılan bu tekneye “ölçme sandığı” denir. Bu küçük havuzun bir kenarında, su düzeyini sabit tutmak için bir dolusavak yapılır. Su, giriş vanası yardımıyla ayarlanarak, bu savaktan ancak bir saman çöpü sürükleyebilecek kadar savaklanır (yaklaşık 1 mm). Böylece sandık içindeki su düzeyi sabit tutulur. Eksenleri su düzeyinden 96 mm aşağıda bulunan değişik çaplı kısa pirinç borular, içte kalan uçları havuzun iç yüzeyiyle aynı olacak şekilde, sandığın bu yüzüne yerleştirilir. Borularda uzunluğun çapa oranı daha önce de vurgulandığı gibi 2,5-3 kadardır.



Şekil 3.

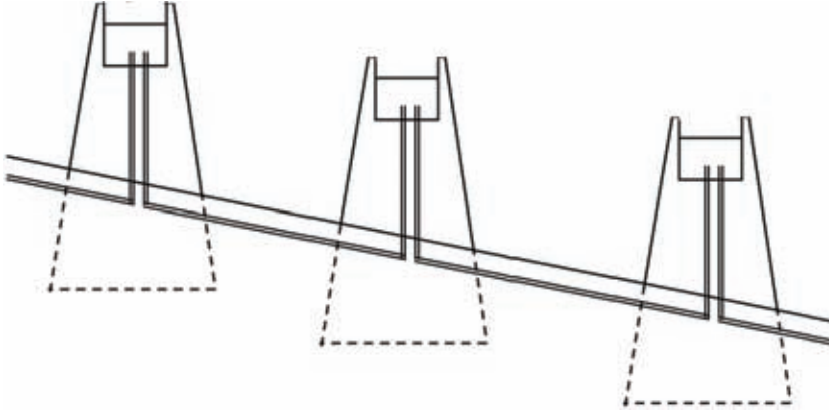
3.1 Lüleler

Sultan Mahmud Bendi'nin eteğindeki manevra odasında bulunan giriş vanası, ölçme sandığı, üzerindeki 11 lüle ve tahta tıkaçlar. 11 lülenin biri 1'lik, biri 2'lik, dördü 5'lik ve beşi 10'luktur; yani lülelerin tümü açılırsa, debi olarak 73 lüle (3796 m³/gün) su alınabilmektedir. Giriş vanası 200 mm'lik boru üzerindedir; sandıktaki su düzeyi bu vanayla ayarlanmaktadır. Bu işlem sırasında, alınması istenen debiye tekabül eden lülelerin tıkaçları açılmakta; sandıktaki su düzeyinin “dolusavağın tepesinden bir saman çöpü sürükleyecek kadar” (yaklaşık 1 mm yüksek) olması sağlanmaktadır. Ölçme sandığından alınan suyun debisi, eksenleri sandığın dolusavağı tepesinden 96 mm aşağıya yerleştirilmiş bu pirinç borular yardımıyla ölçülür. 96 mm su basıncı altında, iç çapı 26 mm olan borudan geçen suyun debisi “1 lüle” olarak tanımlanmaktadır. Bu debi 36 litre/dakika ya da 52 m³/gün'e eşdeğerdir.

Evkaf Nezareti'ndeki Hicrî 1140 (Milâdî 1727) tarihli bir kayıta “1 lüle içinden 30 ve yarım lüle içinden 11,5 ve kâmiş içinden 4,5 ve masura içinden 1,5 dirhem, yarım masura içinden 2,5 ve çuvaldız içinden 1 denk şeşhâne kurşunu geçtiğinde ölçü ve ayarın tam olacağı” yazılıdır. Bu kayda dayanarak yapılan hesaplamada 30 dirhem (96,22 gram) kurşun kürenin çapı 26 mm olarak bulunmaktadır [1]. Buna göre, Osmanlı debi ölçü birimi lülenin askatları Çizelge 5'de verilmektedir.

3.2 Su Terazileri

Şebekedeki basıncı sınırlamak için Roma döneminde kentlerin su temininde kullanılan su terazilerinden en yaygın şekilde Osmanlı döneminde özellikle künk hatlarda yararlanılmıştır [5].



Şekil 4. Su terazileri

Su terazileri, bileşik kaplar prensibine göre çalışan basınç ayarlayıcı tesislerdir. Kesik piramit şeklindeki bir kulenin üstünde sandık tabir edilen küçük bir havuz yapılır. İsale veya şebeke hattından gelen bir boru düşey olarak bu havuzun tabanına açılır. Eğer debi ölçülmeyecek ve yalnız basınç kontrol edilecekse ikinci bir düşey boru vasıtasıyla şebekeye su verilirdi [2]. Su terazileri, akımın yön değiştirmesi, kollara ayrılması, boru içindeki havanın atılması (günümüzde kullanılan vantuzlar gibi), arızalı kesimin kontrolü, hattın aşırı basınca maruz kalmasının önlenmesi (günümüzde kullanılan maslaklar gibi), basıncın kırılması sonucu akımın yön değiştirdiği ve kollara ayrıldığı kesimlerde tespit kitlesi gerekliliğini ortadan kaldırması, debinin ölçülerek dağıtılması (su terazilerinin en üstünde ekseri taştan oyulmuş bir sandık vardır ve aynen maksemelerde olduğu gibi debi lülelerle ölçülerek dağıtılır) gibi görevleri yerine getirmiş yapılarıdır [2, 6, 7].

4. SONUÇ

Ölçüm birimleri ve ölçme aletleri su yapılarının tasarımında vazgeçilmez unsurlardandır. Açık ya da kapalı olsun su sistemlerinin tamamında verilen debinin ölçülmesi, boru birleşimlerinden sızan, kaçak kullanım yoluyla alınan debilerin bilinmesi, sistemde aksaklık gösteren bu noktalara kısa zamanda müdahale edilerek kullanılan suyun maliyetinin düşürülmesi günümüzde olduğu gibi tarihte de büyük önem taşımaktaydı. Bu sebeple tarih boyunca su mühendisleri konu üzerine önemle eğilmişlerdir. Özellikle Roma döneminde konu üzerinde dikkatle durulmuş Osmanlı döneminde ise debi ölçümünde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Tarihsel süreçte elde edilen bilgi birikimi, günümüz mühendisinin karşılaştığı problemlerin çözümünde uyguladığı yöntemlerle arz ettiği paralellikler nedeniyle önemini korumaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Acar, Ş., 2007, Yapı Dergisi: "Belgrad Ormanı'ndaki Bentler".
- [2] Çeçen, K., 1999, İstanbul'un Osmanlı dönemi su yolları. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi.
- [3] Çeçen, K., 1996, Roma suyollarının en uzununu. İstanbul: Türkiye Sinai Kalkınma Bankası A.Ş.
- [4] Fahlbusch, H., 1987, Vitruvius and Frontinus - Hydraulics in the Roman Period," Hydraulics and Hydraulic Research: a Historical Review, (G. Garbrecht ed.) 1987, 23-32.
- [5] Öziş, Ü. (1994). "Su mühendisliği tarihi açısından Türkiye'deki eski su yapıları". Ankara: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- [6] Özkaldı, A., Akbaş, H. ve Çelik, K. B., 2007a, "Evaluation of Historical Water Works in Turkey From Hydraulic Engineering Point of View". IRNCID-ICID, The 4th Asian Regional Conference and 10th International Seminar on Participatory Irrigation Management (PIM) and The International History Seminar on Irrigation and Drainage. Tahrán, İran.
- [7] Özkaldı, A., Akbaş, H. ve Çelik, K. B., 2007b. "An Outlook to the Ancient Water Works In Turkey". ICID 22nd European Regional Conference Water Resources Management and Irrigation and Drainage Systems Development in the European Environment: Workshop, History of Irrigation, Drainage and Flood Control. Pavia, İtalya.
- [8] Kretschmer, F., 2000, "Resimlerle Antik Roma'da Mimarlık ve Mühendislik". İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- [9] Tassios, T.P., 2007, Water supply of ancient Greek cities. Water Science and Technology: Water Supply, 7(1), 165–191.

BÖLÜM 5

ATIK SU, ARITIM VE KANALİZASYON

“AVRUPA BİRLİĞİ’NDE VE AVRUPA BİRLİĞİ ÜYELİK SÜRECİNDE TÜRKİYE’DE ATIK SU ARITIMI”

S. Evinç TORLAK*, Murat DEMİREL*

*Pamukkale Üniversitesi, Siyaset Bil. ve Kamu Yön. Böl., Denizli – etorlak@pau.edu.tr

*Pamukkale Üniversitesi, Siyaset Bil. ve Kamu Yön. Böl., Denizli – mdemirel@pau.edu.tr

GİRİŞ

Canlı hayatının devamı için su vazgeçilmez bir kaynaktır. Çünkü suyun işlevini görece başka bir madde yoktur. Alternatifi şu ana kadar bulunamamış bir kaynak olan su; günümüzde elde edilmesi güç, pahalı ve kıt bir doğal kaynak haline gelmiştir.ⁱ Üstelik var olan su kaynaklarının hepsi de insanoğlunun her amacına yönelik hizmet etmemektedir. Yerine konulması mümkün olmayan su tarımda, sanayide, enerji üretiminde kullanılmakta ve günden güne tükenmektedir.

“Kirlenmemiş bir su yatağı:

- Dinlenme ve eğlenme için tabii bir ortamdır,
- Su canlıları için yaşama çevresidir (su bitkileri, balık vb.)
- Kontrol edilmesi gereken bir güç kaynağıdır,
- Atıkların tabii tasfiyesini temin eden bir alıcı ortamdır,
- İnsanlar için bir besin kaynağıdır,

Su ortamının bu özelliklerini koruyabilmek için kirlenmelerini önlemek gerekir.ⁱⁱ

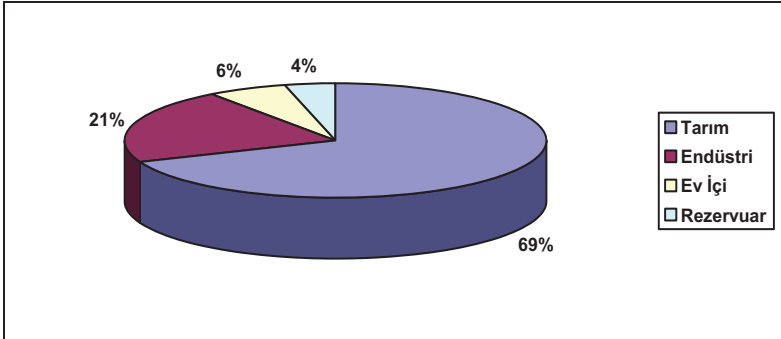
1. SU

Su kaynakları doğada, çeşitli şekillerde bulunmaktadır. Su kaynakları öncelikle tatlı ve tuzlu su kaynakları olarak ikiye ayrılır. Dünya üzerindeki su kaynaklarının çoğu tuzlu su kaynakları, az bir miktarı ise, tatlı su kaynaklarıdır. Yeryüzündeki tatlı su kaynakları, toplam su kaynaklarının ancak % 3’e yakın bir kısmını oluşturmaktadır. Bu oranın da çoğu, katı haldeki su kütleleri olarak değerlendirilebilecek buzullarda ve Yeraltı su kaynaklarında bulunmaktadır.



Grafik 1. Dünyada Su Kaynaklarının Dağılımıⁱⁱⁱ

Dünyada kullanılan tüm suların % 69'u tarımda, % 21'i endüstride, % 6'sı ev-içi kullanımda ve % 4'ü de rezervuarlarda harcanmaktadır. Bu suların önemli bir kısmı tekrar kullanılabilirken, 2. kez kullanılamayacak şekilde tüketilen suların sektörel dağılımı, % 89 tarımsal, % 3 endüstriyel, % 2 ev-içi ve % 6 rezervuar amaçlı kullanımdır.^{iv} Buradan da anlaşılacağı üzere tarım sektöründeki su kullanımının buharlaşma, kirlenme ve çeşitli su kayıpları ile en verimsiz su kullanımı olduğu ortadadır.^v



Grafik 2. Dünya Su Kullanımının Sektörler Arası Dağılımı^{vi}

Kişi başına günlük ortalama kentsel su tüketim standardı, dünya ortalaması 150 lt'dir. En düşük ortalama 67 lt ile Afrika ülkelerinde gerçekleşmektedir.^{vii} Tablo 1'de, Kişi başına günlük ortalama kentsel su tüketimi oranları verilmiştir.

Tablo 1. Kişi Başına Günlük Ortalama Kentsel Su Tüketimi^{viii}

KABUL EDİLEN DÜNYA ORTALAMASI	150 lt
Sanayileşmiş Ülkeler Ortalaması	266 lt
Afrika Ülkeleri Ortalaması	67 lt
Asya Ülkeleri Ortalaması	143 lt
Latin Amerika Ortalaması	184 lt
Arap Ülkeleri Ortalaması	158 lt
Türkiye	111 lt

Türkiye'nin karasal tatlı su kaynakları, coğrafi olarak bulunduğu tropik kuşağın iklim özelliklerinden dolayı oldukça kısıtlıdır.^{ix} Kişi başına yıllık kullanılabilir su miktarının Irak'tan bile az olduğu Türkiye, yapılan tahminler ışığında, nüfusunun artmasıyla birlikte 2030 yılında "su fakiri" ülkeler arasına girecektir. Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için, kişi başına düşen yıllık su miktarı en az 8.000 m³ ile 10.000 m³ arasında olmalıdır. Kişi başına düşen yıllık 1430 m³ lük kullanılabilir su miktarı ile Türkiye, sanıldığı gibi su zengini bir ülke değildir.^x

Önlem alınmaması durumunda, bir asır içinde, Türkiye'nin çok ciddi bir su krizi ile karşılaşacağı öngörülmektedir. Sağlıklı suya erişen nüfusun, toplam nüfusa oranının % 93; kişi başına günlük ortalama kentsel su tüketim standardının 111 lt olduğu Türkiye'de^{xi} su kaynaklarının yönetiminde, uluslararası standartlarda bir yönetim politikası benimsenmediğinden, geleceğe ilişkin tehditlerin ciddi boyutlara ulaşma potansiyeli mevcuttur.

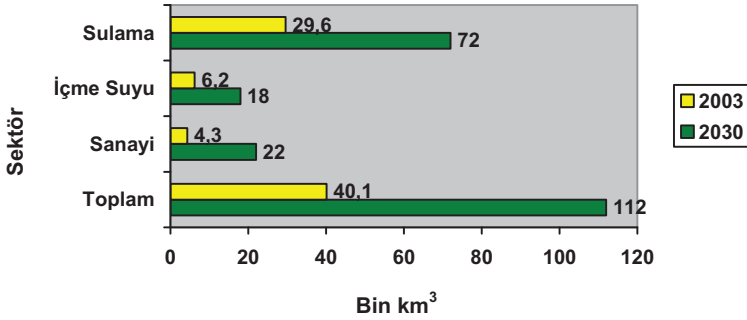
Tablo 2'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarları verilmiştir. Görüleceği üzere Türkiye, su kaynakları konusunda sıkıntı çeken ülkelerdendir. Bu nedenle Su Kaynakları Yönetimi, Türkiye tarafından çok fazla önemsenmek zorundadır.

Tablo 2. Kişi Başına Düşen Yıllık Kullanılabilir Su Miktarları^{xii}

Bölge	Kişi Başına Düşen Kullanılabilir Su Miktarı
Suriye	1200 m ³
Lübnan	1300 m ³
Türkiye	1430 m³
Irak	2020 m ³
Asya Ortalaması	3000 m ³
Batı Avrupa Ortalaması	5000 m ³
Afrika Ortalaması	7000 m ³
Güney Amerika Ortalaması	23000 m ³
Dünya Ortalaması	7600 m ³

Türkiye'de kullanılabilir suyun % 74'ü (29,6 km³) tarımda, % 15'i (6,2 km³), içme ve kullanmada, % 11'i de (4,3 km³) sanayide kullanılmaktadır. 2003 yılı sanayide kullanılan su 4.300 km³'tür. 2030 yılında sanayide kullanılan su miktarının 22.000 km³ olacağı ve bugün olduğu gibi, yine tarımdan sonra en fazla su kullanan sektör olacağı tahmin edilmektedir. 2030 yılına kadar tarımsal kullanımın % 75, evsel kullanımların da %

260 artacağı öngörülmektedir.^{xiii} Artan nüfus, tarım ve sanayi faaliyetleri neticesinde, Türkiye'nin daha fazla su kaynağına ihtiyacı olacaktır. O tarihlerde, öngörülen su kaynağı düzeyine ulaşıp ulaşamayacağı ise temel sorundur.



Grafik 3. 2003 ve 2030 Türkiye Su Tüketim Değerleri^{xiv}

Türkiye'nin su kaynaklarının kalitesinin bozulmasının başlıca nedenleri arasında; tabii kaynakların aşırı kullanımı, sanayileşme faaliyetlerinin ve kentleşmenin denetimsiz ve düzensiz oluşu ve evsel, sanayi ve tarımsal kaynaklı faaliyetler yer almaktadır. Kaynaklar kirlendikten sonra alınacak önlemler daha zor ve pahalı olmaktadır. Türkiye'de, iç tatlı su kaynaklarının kirlenmesine yol açan unsurlar şu şekilde sıralanabilir:^{xv}

- Kentsel kanalizasyon sularının artırılmadan veya kısmen artırılarak yüzey sularına deşarj edilmeleri,
- Kanalizasyon sistemlerinden ve açıktaki katı atık yığınlarından kaynaklanan sızıntıların yeraltı sularını kirlenmesi,
- Toprakta ve sulama kanallarında bulunan tarım ilacı ve kimyasal gübre kalıntılarının yüzey sularına ve akiferlere karışması,
- Erozyonu hızlandıran, tabii göllerde ve baraj göllerinde çökelti birikimine yol açan ormansızlaşma ve yetersiz/yanlış tarımsal uygulamalar.

Türkiye'de sektörel su kullanımlarındaki sorunlar ana hatları şu şekildedir:^{xvi}

- Endüstriyel işletmelerde arıtma tesisine sahip işletmeler sadece % 9'dur.
- Arıtma tesisi bulunmayan kuruluşlarda; özel sektörün oranı % 16, kamu sektörünün oranı % 84'tür.
- Türkiye'de faaliyette bulunan organize sanayi bölgelerinden sadece % 14'ünde arıtma tesisi bulunmaktadır.
- Türkiye'de turistik tesislerin % 81'inde arıtma tesisi bulunmamaktadır.
- 3215 belediyenin bulunduğu Türkiye'de, 141 belediyede kanalizasyon sistemi mevcut olup, sadece 43 tanesinde arıtma tesisi bulunmaktadır. Yani kanalizasyon sularının % 98,67'si hiç arıtılmadan ırmaklara, göllere ve denizlere bırakılmaktadır.
- Endüstrinin ürettiği zehirli ve ağır metaller içeren atık suların sadece % 22'si arıtılmaktadır, % 78'i ise arıtmaksızın göl, ırmak ve denizlere bırakılmaktadır.
- Tarımda yapılan sulamanın % 88'i vahşi sulamadır.
- Kentsel kullanımlarda kaçak ve kayıpların oranı ise % 40 civarındadır.

2. ATIK SU

Bugüne kadar doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı ile sürekli tahrip edilmesi, özellikle çevreye duyarlı olmayan endüstrileşme, hızlı ve plansız kentleşme eğilimleri vb. nedenler, sahip olduğumuz doğal zenginliklerin hızla tahrip olmasına neden olmuştur. Ekolojik dengedeki bozulmalar başta küresel ısınma olmak üzere, yaşamın temel kaynağı olan suyun kalitesinin bozulmasına ve miktarının da her geçen gün azalmasına neden olmuştur. Suyun giderek azalan ve dolayısı ile kıymetlenen bir kaynak olması, su havzalarının planlanması konusunda bütüncül ve sistematik bir stratejinin olmaması küresel ölçekteki ekolojik değişimlerden hemen etkilenen bir yapı sergilemesi nedeniyle de söz konusu önemi giderek artmaktadır. Su stresinin işaretlerini bugün her yerde görmek mümkündür. Yer altı sularının seviyeleri düşmekte, göller küçülmekte, sulak alanlar yok olmaktadır. Bugün şehirlerimizde yaşanan sorunlardan bir tanesi de atık sularıdır.^{xvii}

Atıklar sonucu, kayıp ve kirlenme dünyada olduğu gibi ülkemizde de çok kısıtlı alıcı ortamlar olan; su ve toprak kaynaklarında önemli sorunlar oluşturmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmenin en akılcı yolu atık üretmemektir. Bu mümkün olmadığında da atıkları arıtmak ve yeniden kullanmaktır. Bu kapsamda atık suların arıtımı artık tüm dünyada kaçınılmaz olmuştur. Atık sular; renk, görünüm, koku, çözünmüş ve askıdaki katı ya da sıvı maddeler yönünden tehlikeli ve pis olarak nitelenmesine rağmen yine de % 99.9'dan fazlası sudur.^{xviii}

1988'de çıkarılan, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre "kanalizasyonların arıtılmadan su kaynaklarına verilmesi yasaklanmıştır".^{xix} Ancak Türkiye'de atık suların % 98,67'si hiç arıtılmadan ırmaklara, göllere ve denizlere boşaltılmaktadır. Bu veriler doğrultusunda bakıldığında zaten su sıkıntısı çekmeye aday olan Türkiye bir de arıtılmadan alıcı ortama verilen atık sular ile temiz suyunu kaybetmektedir. Arıtılmadan doğaya bırakılan bir litre atık su sekiz litre tatlı suyu kirletmektedir. Bu gözle bakıldığında arıtma işleminin ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Atık su kavramı; bir yerleşim alanının evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya renk, koku, tat özelliklerinin kısmen veya tamamen değişmiş olmasını anlatmaktadır. Atık suyun miktarı bulunduğu yerleşim alanındaki nüfus ve kişi başına düşen su tüketim miktarına bağlıdır. Bu nedenle oluşan atık suların doğru tahmini için güvenilir nüfus sayısı gerekmektedir.^{xx}

Atık su bir yerleşim alanının evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya renk, koku, tat özelliklerinin kısmen veya tamamen değişmiş olmasını anlatmaktadır. Atık sular, evsel ve endüstriyel olmak üzere ikiye ayrılırlar. Evsel atık sular, tek başlarına ya da yağmur ve/veya endüstriyel atık su ile karışarak kentsel atık suyu oluştururlar.^{xxi}

3. ATIK SU KULLANIM ALANLARI

Kullanılabilir tabii su kaynakları ile su ihtiyacı arasında giderek büyüyen açık diğer bazı tedbirler arasında atık suların da arıtılarak tekrar kullanılması konusunu gündeme getirmiştir. Artan su talebi, yükselen alternatif tabii su kaynakları fiyatları ve gelişen geri kazanma teknolojileri atık suların tekrar kullanılmasını hem çevre ve hem de kaynakların ekonomik kullanımı yönünden cazip hale getirmektedir.^{xxii} Atık suların geri kazanılarak tekrar kullanılması potansiyelini artıran en önemli sebepler; şehir nüfus paylarının artması sebebiyle su ihtiyaçlarının belirli merkezlerde yoğunlaşması ve deşarj edilen atık sular için

verilen deşarj standartlarının ve arıtma seviyelerinin giderek yükselmesi olarak sıralanabilir. Hatta bazı durumda alıcı ortamlara deşarj için gerekli arıtma ihtiyacı tekrar kullanım için gerekli arıtma ihtiyacından daha fazla olabilmektedir.^{xxiii}

Arıtılmış atık suların tekrar kullanım alanları,

- Sulama suyu olarak
- Sanayi suyu (soğutma ve proses suyu olarak)
- Yeraltı sularının suni beslenmesi
- Meskûn bölge içerisinde tekrar kullanım (Çift dağıtım sistemleri)
- Arıtılmış Atık su ile Rekreasyon alanlarının oluşturulması
- Akifer depolama ve iyileştirme (ASR)
- Yangın Söndürme
- Diğer kullanımlar (İnşaat, sahil kesiminde kuyularda tuzlu su girişiminin önlenmesi, içme suyu gibi)

şeklinde sıralanabilir.^{xxiv}

Eysel atık suların % 99.9 oranında saf su ihtiva ettiği düşünülürse, atık suların da bir su kaynağı gibi düşünülmesinin gereği daha iyi anlaşılır. Ülkemizde tahsis edilen su miktarının % 16'ı içme suyu, % 12'si sanayi ve geri kalan % 72'i ise tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. Atık su miktarı, tüketilen su miktarının yaklaşık % 60 ~ 90'ı arasında değiştiğinden, içme ve kullanma suyu ihtiyacının yarısına denk bir atık suyun tekrar kullanılabilme potansiyeli oluşturduğu söylenebilir.^{xxv}

Ülkemizde turistik yapılaşmanın ve yatırımların yoğunlaştığı Ege-Akdeniz kesiminde arıtma tesislerin çıkış suları site yerleşimlerinde bahçe, park sulaması için değerlendirilirken, bazı yerlerde de stabilizasyon havuzlarında biriktirilerek tarımsal amaçla kullanılmaktadır. Tarım, su ve atık su sektörlerinde finansman ve teşvikle ilgili uygulamaların bu bağlamda mevzuatla güçlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, Ülkemizde şeker ve kağıt fabrikalarından kaynaklanan atık suların sulama işleminde kullanılması da yaygın ve uygun olan bir yöntemlerdir.^{xxvi}

Sanayi atık sularının tekrar kullanımı, atık suların geri kazanılarak tesis içinde geri devrettirilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Bilhassa İstanbul civarındaki sanayi tesisleri için yüksek su maliyetleri sebebiyle atık suların geri kazanılması ekonomik yönden de oldukça cazip olmaktadır. Suyun bugün ve gelecekte bulunabilirliği herkesin ilgilenmesi gereken bir konudur. Su kaynaklarının gelecek için yönetimi, suyun daha verimli kullanımı ve su kalitesinin korunması yönündeki bugünkü çabalara duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Çevredeki kirleticiler güvenli içme suyu sağlamak ve sağlığı korumak için gerekli olan kaynakların kullanılamaz duruma gelmesine yol açmaktadır.^{xxvii}

Geri kazanılmış atık suların en çok kullanıldığı alanlar: Kentsel kullanım, Endüstriyel kullanım, Tarımsal kullanım, Yeraltı suyu beslemesi olarak dört grupta toplanabilir.^{xxviii}

4. AVRUPA BİRLİĞİ'NDE KENTSEL ATIK SU

Avrupa Birliği'nin atık su artımına, 1970'li yıllardan itibaren başladığı kentsel atık su arıtımı direktifi ile bu sürece büyük oranda hız kazandırdığı görülmektedir. 21 Mayıs 1991 tarihinde Kentsel Atık Su Arıtımı Hakkında ve 91/271/EEC Sayılı Konsey Direktifi (EKI) ile kentsel atık suların arıtılması anlamında hızlı adımlar atmaya başladığı görülmektedir.

2005 yılında oluşturulan Avrupa Çevre Ajansı raporlarına göre Avrupa Birliği'nde geçen 20 yıl içinde atık su arıtma sistemine bağlanan nüfusta ve arıtma teknolojilerinde önemli değişiklikler olmuş ve bu değişikliklerin nedeni olarak Kentsel Atık Su Arıtımı Direktifinin yürürlüğe girmesi görülmüştür.^{xxix}

1970'li yıllarda atık su arıtımına başlayan AB, 1981 yıllarından itibaren bir gelişme göstermiş olmasına rağmen Güney ve Doğu Avrupa ile yeni topluluk üyesi olan ülkelerde atık su arıtımı sistemlerine bağlı nüfus yüzdesi çok düşüktür. AB 15 ülkelerinin (Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Portekiz, İspanya, İsveç, İngiltere) pek çoğu 1998 ve 2000 yıllarına kadar kurulması gereken kanalizasyon sularının arıtılması işlemlerini yerine getirememişlerdir. Buna bağlı olarak kentsel atık su arıtma işlemleri de geride kalmıştır.^{xxx}

Kentsel atık sular içlerinde bulundurdıkları tehlikeli maddeler, organik maddeler ve besin maddeleri dolayısıyla da AB'deki su kaynaklarında önemli kirliliklere sebep olmaktadır. Nüfusunun çoğunluğu kent merkezlerinde toplanmış olan AB üyesi ülkelerin, atık sularının çoğunluğu kanalizasyon sistemine bağlıdır ve ucu atık su arıtma tesisine birleşir. Tesislerden boşaltılacak atık su alıcı ortama verilmeden önce, arıtma türleri ve kentsel atık su arıtımı direktifi öncelikli göstergeler olarak alınır. Ancak tüm bu önlemlere rağmen hassas alanlardaki kirlilik yükü yüzdesi halen yüksek oranlarda seyretmektedir.^{xxxi}

Avrupa Birliği çevreyi atık su boşaltımlarının olumsuz etkilerinden korumayı hedefleyen direktifin tüm koşullarını, 2015 yılı sonu itibarıyla tüm AB ülkelerinde tam olarak uygulamayı hedeflemektedir. Bu bağlamda nüfusu 2000 kişiden fazla olan tüm yerleşim yerlerinde toplama sistemleri kurulması ve toplanan bu atık suların uygun arıtma yöntemleri ile arıtılmasını öngörmektedir. Nüfusu 2000'den büyük olan yerleşim yerlerinde ikincil arıtma yapılmasını sağlamak istemektedir. Ancak hassas alanlara atık su boşaltımı söz konusu olan yerlerde daha ileri arıtma (üçüncül arıtma) yapılması gerektiği öngörülmektedir. Fakat tüm bu gelişmişlik seviyesi ve çıkarılan direktiflere rağmen Avrupa Birliği atık su arıtımı konusunda hala çok gerilerde kalmıştır. AB kentsel atık suyun boşaltımlarının olumsuz etkilerinden korunmayı hedefleyen direktifin tüm koşullarını ancak 2015 yılı itibarıyla uygulayabileceğini öngörmüş ve bu uygulamayı tüm AB üyesi ülkelerinden talep etmiştir.^{xxxii}

5. TÜRKİYE'DE KENTSEL ATIK SU ARITIMI

5.1. Kentsel Atık Su Arıtımında Mevcut Durum

Türkiye yaklaşık 70 milyon nüfusa sahip bir ülkedir, 3225 belediyesi mevcuttur. 2004 yılında Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yapılan anket çalışması sonucu 3225 belediyenin sadece 319 tanesinde kanalizasyon sistemi olduğu görülmüştür.^{xxxiii}

Kanalizasyon hizmeti veren belediyeler tarafından 2004 yılı itibarıyla 2,77 milyar m³ atık suyun % 47'si akarsuya, % 39,3'ü denize, % 4,2'si baraja, % 1,9'u göl-gölete, % 1,3'ü araziye ve % 6,3'ü diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen 2,77 milyar m³ atık suyun 1,68 milyar m³'ü arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Arıtılan atık suyun % 58,5'ine biyolojik, % 28,3'üne fiziksel ve % 13,2'sine gelişmiş arıtma uygulanmıştır.^{xxxiv}

Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği'nin gereklerinin yerine getirilebilmesi için nüfusu 2000'den büyük 345 belediye için 2942 yeni arıtma tesisinin yapılması gerekmektedir. Bu çok büyük bir rakamdır ve 345 belediyenin toplam nüfusunun yani 578.891 kişinin % 95'inin arıtılmamış suyu temiz su ortamına boşalttığı anlamına gelmektedir.^{xxxv}

5.2. Hedefler, Amaçlar, Stratejiler

Türkiye Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği 08.01.2006 tarihinde yürürlüğe konulmuştur. Atık sular bu yönetmelikten önce Su Kirliliği Yönetmeliği standartlarına göre arıtılıp deşarj edilmektedir. Oysaki insan sağlığını ve çevreyi korumak adına 1983 yılında Çevre Kanunu'nun amacı "bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır".^{xxxvi} Ancak insan sağlığını doğrudan etkileyen su kalitesine önem maalesef ilk kez 2004 yılında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin ardından, 2006'da AB uyum sürecinde kabul edilen Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği ile ele alınmıştır. Tabii ki bu yönetmelik ve kanunlardan önce de birçok adım atılmış ancak gerek kurumsal yapılanmadaki eksikler ve takipsizlikten gerekse ekonomik kaygılardan dolayı atık su arıtımı konusu geliştirememiş ve uygulanamamıştır. 26047 sayılı Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği'nin amacı "kentsel atık suların toplanması, arıtılması ve boşaltımı ile belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklanan atık su boşaltımının olumsuz etkilerine karşı çevreyi korumaktır".^{xxxvii} Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği amaçlarını yerine getirebilmek için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hedefler ve yöntemler belirlenmiştir. Bunlardan kısaca şöyle sıralanabilir.^{xxxviii}

- Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği'ne uygun kanalizasyon ve arıtma tesisi sistemleri kurulmak istenmekte ve planlanmaktadır.
- 2020 yılına kadar nüfusu 50.000'den büyük olan yerleşim yerlerine kanalizasyon sistemleri kurulup, atık su arıtma tesisleri yapılacaktır
- Tesis teknolojileri seçilirken hassas ve az hassas su alanlarının kriterleri öncelik kazanacaktır.

Bu hedeflere ulaşmak hiç de kolay olmayacaktır. Bunun için Bakanlık bünyesine ve çevre ile ilgili diğer kurumların teknolojiye, bilgi birikimine ve nitelikli elemana ihtiyacı bulunmaktadır. Nitekim bu durum Dokuzuncu Kalkınma Planında^{xxxix} ele alınmış ülke genelinde "2004 yılı itibarıyla 3225 belediyenin 1911'den derlenen istatistiklere göre belediye sınırları içinde yaşayan nüfustan kanalizasyon hizmetlerinden yararlananların oranı % 80'e, atık su arıtma tesislerinden yararlananların oranı % 47'ye" ulaştığı belirtilmiştir.^{xl}

5.3. Kentsel Atık Su Sektörünün Yatırım İhtiyacı

2006 yılı itibarıyla sadece kentsel atık su arıtımı yatırım maliyeti ihtiyacı 9,0 milyar Avro'dur. Atık su arıtma tesislerinin yeniden yapımı, yenilenmesi ve kanalizasyon şebekelerinin geliştirilmesi (yeni yatırım ve ilave yatırımlar) yatırımlarının 2024 yılına kadar yapılması planlanmaktadır. Bu konudaki maliyet ihtiyacı yukarıda da bahsedildiği üzere kamu bütçesi, AB hibeleri, uluslararası borçlanma yöntemleri ile giderilmesi düşünülmektedir. Orta maliyetli senaryoya göre Marmara, Ege Denizi Kıyıları, Antalya ve İskenderun Körfezi ile içme suyu kaynağına 100 km'den yakın içme suyu havzaları hassas alan ilan edilmiş, diğer yüzeysel sular normal ve tüm Karadeniz ile Boğaz'ın altından deşarj yapılan ve Karadeniz'e doğru akan bölgeler az hassas alan olarak kabul edilmiştir.

En yüksek maliyetli senaryoda ise ülkenin bütün suları hassas alan olarak kabul edilmiş ve nüfusu 10.000'den büyük tüm atık su toplama alanlarında ileri arıtma öngörülmüştür. Ekonomik durum dikkate alındığında; arıtma sistemlerinin tipi, sayısı, işletme/bakım maliyetleri ve arıtma çamurlarının uzaklaştırılması oldukça önemli bir mali yük getirmektedir. Bu nedenle kanalizasyon ve arıtma tesislerinin yapımı ve seviyelerinin artırılmasının kademeli olarak yapılması gerekli görülmektedir.^{xli}

5.4. Kurumsal Yapı

Hem mevcut mevzuatın hem de ilgili AB direktiflerinin uygulamasını, izlenmesini ve denetimini güvence altına almak için kurumsal yapının güçlendirilmesine ihtiyaç vardır. Özellikle denetim, izin ve yaptırımlarda aynı işin farklı kurumlar tarafından mükerrer yürütülmesi nedeniyle çevre konusunda ülke genelinde sağlıklı bir çevre yönetim planı uygulanamamaktadır. Türkiye’de izin, izleme, denetleme, yaptırım ve raporlama gibi hususlar gerçekleştirilmekle birlikte, elde edilen sonuçlar birbiriyle bağlantılı olmamaktadır.^{xlii} Su yönetimi konusunda mükerrerliği ve bütünlük arz etmeyen parçalı yapıyı önleyerek etkin hale getirecek, bir “Çerçeve Su Yasası” oluşturularak kurumsal yapı güçlendirilecektir.^{xliii}

5.5. AB Üyelik Sürecinde Türkiye’yi Bekleyen Zorluklar

AB üyelik sürecinde Türkiye’yi 561’den fazla çevre ile ilgili yasal düzenleme beklemektedir. Bu düzenlemelere ulaşabilmek için kurumsal düzenlemelere ve finans kaynaklarına ihtiyaç vardır. En geç tam üyelik tarihine kadar, AB müktesebatının ulusal mevzuata yansıtılması gerekmektedir. Kurumsal yapılanma ve idari kapasite güçlendirilmeli ve kentsel atık su konusunda etkili ve işleyen bir mekanizma kurulması gerekmektedir. Türkiye üyelik süreci kapsamında kurumların rollerini iyi belirlemeli, sektör bazında stratejiler ortaya koymalı ve kentsel atık su artımı ile ilgili proje ve proje dizinlerini hazırlayabilmelidir. Çevre alanındaki tüm bu sorumlulukların yanında ilerleme kaydedilmeye devam edilmekte, bu 2006 İlerleme Raporuna^{xliv} “Şehir suyu atık yönetimi ve yıkama suyu kalitesi mevzuatının aktarımında iyi bir gelişme sağlamıştır” şeklinde yansımaktadır.^{xlv}

Türkiye Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği’ni 08.01.2006 tarihinde AB üyelik sürecinde uygulamaya koymuştur. Bu yönetmeliğin gereklerini yerine getirebilmek için 2942 adet yeni arıtma tesisi ihtiyacı vardır. Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği’nin amaçlarını sağlamak için bu konuda en üst düzeyde ilgili kurum olan Çevre ve Orman Bakanlığı yol haritasını çizmiş ve uygulamalara başlamıştır. Bu bağlamda Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği yatırım ihtiyacı 2006 yılı itibarı ile 9.0 milyar Avro’dur. Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği’nin gereklerini yerine getirmek için 2024 yılı öngörülmüştür. Bu yatırımlar yapılırken en az maliyetli senaryolar esas alınacak, atık sular kendi özelliklerine uygun teknolojiler kullanılarak arıtılacaktır. AB üyelik süreci içinde Türkiye’yi çevre alanında ve özellikle kentsel atık sularının arıtılması konusunda zor ve uzun bir yol beklemektedir.^{xlvi}

SONUÇ

Türkiye 1979-1983 yıllarında uygulamaya konulan Dördüncü Beş Yıllık kalkınma Planına kadar çevre konusunda sadece kağıt üzerinde çalışmış uygulamada bir ilerleme kaydetmemiştir. Bu döneme kadar ulusal kalkınma her zaman çevrenin önünde olmuştur. 1996-2000 yıllarına rastlayan Yedinci Beş Yıllık Kalkınma döneminde UÇEP oluşturulmuş ancak hiçbir yasal yaptırımı olmadığı için maalesef bu da başarılı olamamıştır. AB'ye aday ülke olarak Türkiye'ye çevre başlıklarında birden çok görev düşmekte, bu anlamda en önemli görev TBMM'ye düşmektedir. Çünkü çevre ile ilgili direktifler TBMM'den geçmek zorundadır ve bu bağlamda TBMM'nin alacağı kararlar bağlayıcı olacaktır.

Aday ülke olarak Türkiye'ye çevre başlıklarından düşen en önemli görevlerin başında Kentsel Atık Su Arıtımı Direktifi olmuştur. Bu Direktif 2006 yılında kabul edilip Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği adı ile mevzuata eklenmiş ve yürürlüğe konulmuştur. Yönetmelik temiz suların korunması ve kirletilmemesi anlamında çok önemli olmakla birlikte, AB'nin önem verdiği müzakere başlıklarının en önemlilerinden birini oluşturmaktadır.

Kentsel atık suların arıtılması konusunda Avrupa Birliği her ne kadar geç hareket etmiş olsa da, Türk Hükümetinin kendi açısından baktığında çıkarması gereken önemli sonuçlar olduğu görülmektedir. Ülkemizde 2006 yılında yürürlüğe giren Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği yapılması gerekenleri anlatmaktadır. Bu bağlamda ilk yapılması gereken ülke genelindeki hassas ve az hassas su alanlarını tespit etmek ve arıtılmış suların boşaltım ölçünlerini hassas ve az hassas alanların kabul etme yeteneklerine göre düzenlenmesini sağlamak olmalıdır.

Bu anlamda Kentsel Atık Suların Arıtımı Yönetmeliği ile nüfusu 2.000'den büyük tüm il, ilçe ve belediyelere uygulanacağı için daha etkili olacaktır. Ancak bu yönetmelik de tek başına bir anlam ifade etmeyebilir. Çevre Bakanlığı bünyesinde yapılan birçok değişiklik ile ayrıca Avrupa Birliği uyum süreci kapsamında tüm kamu kurum ve kuruluşlarında yapılan kapsamlı değişiklikler ve ilerlemeler bu yönetmeliğin işlerliğini hızlandırmakta ve güçlendirmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Çepel, N. (2003). *Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri*, Ankara: TÜBİTAK Yayınları, s.29.
- [2] Karpuzcu, M. (1994). *Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü*, İstanbul: Kubbealtı Neşriyat, s.21.
- [3] www.iski.gov.tr
- [4] Ohlsson, L. (1995). *Hydropolitics-Conflicts over Water as a Development Constraint*, London: Zed Books, s.6.
- [5] Pamukçu, K. (2000). *Su Politikası*, İstanbul: Bağlam Yayınları, s.50.
- [6] Ohlsson, L. age, s.6.
- [7] TBMM Su Kaynakları Araştırması Komisyonu, (2008). *Küresel Isınmanın Etkileri ve Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi Konusunda Kurulan (10/1,4,5,7,9,10,11,13,14,15,16,17) Esas Numaralı Meclis Araştırması Komisyonu Raporu*, Ankara, s.355.
- [8] <http://www.antimai.org/mkl/sy03ikkolcu.htm>
- [9] Türkiye Çevre Vakfı (1998). *Türkiye'nin Çevre Sorunları'99*, TÇV Yayın No: 131, Ankara: Türkiye Çevre Vakfı Yayını, s.75.
- [10] Hürriyet Gazetesi, 12.02.2007
- [11] TBMM Su Kaynakları Araştırması Komisyonu, age, s.355.
- [12] www.wwf.org.tr
- [13] www.cevreorman.gov.tr
- [14] www.cevreorman.gov.tr
- [15] Çevre ve Orman Bakanlığı (2008). *Atıksu Arıtımı Eylem Planı (2008-2012)*, Ankara, s.20-21.
- [16] www.cevreorman.gov.tr, www.wwf.org.tr
- [17] Akten, M. ve Akten, S. (2008). Kentsel Atık Su Yönetimi ve Atık Suların Yeniden Kazanımında Yapay Sulak Alanların Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri, *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı*, Cilt 2, Ankara, s.483.
- [18] Türkmen, C., Arcak, S. (2006). Kentsel Arıtma Çamuru ve Azot Uygulamalarının Kireçli Topraklarda Bazı Toprak Özelliklerine Etkileri, *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Sayı: 20 (40).
- [19] Akdur, R. (2005). Avrupa Birliği ve Türkiye'de Çevre Koruma Politikaları *Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne Uyumunu*, Ankara, s.171
- [20] Azman, A. M. (2007). *Avrupa Birliği Kentsel Atık Su Arıtımı Deşarj Standartları ve Türkiye İle Karşılaştırılması*, Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, s.38.
- [21] Age, s.46
- [22] Aslan, V. (2008). TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Türkiye'de Su Potansiyeli ve Atık Suların Geri Kullanımı, *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı*, Cilt 2, Ankara, s.274-275.
- [23] AB Komisyonu Çevre Genel Müdürlüğü, 2004
- [24] Aslan, V. age, s.275.
- [25] Age, s.275.
- [26] Çevre ve Orman Bakanlığı (2007). *Türkiye Çevre Durum Raporu*, Yayın No: 5, Ankara, s.77.
- [27] Aslan, V. age, s.276.
- [28] Büyükkamacı, N. (2009). Su Yönetiminin Etkin Bileşeni: Yeniden Kullanım, *İzmir Kent Sempozyumu*, s.364.
- [29] Azman, A. M. (2007). *Avrupa Birliği Kentsel Atık Su Arıtımı Deşarj Standartları ve Türkiye İle Karşılaştırılması*, Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, s.47.

-
- [30] Age, s.49.
- [31] Age, s.50-51.
- [32] Age, s.51-54.
- [33] Age, s.55.
- [34] AB Çevre Entegre Uyum Stratejisi, s.9,
http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler4/uces_tr.pdf
- [35] Azman, A. M. age, s.55-56.
- [36] Çevre Kanunu, 09Ağustos 1983, Madde 1,
<http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/k/2872.doc>
- [37] Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği, 8 Ocak 2006,
<http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/26047.doc>
- [38] Azman, A. M. age, s.56-57.
- [39] Dokuzuncu Kalkınma Planı, 2007-2013,
<http://ekutup.dpt.gov.tr/plan/ix/9kalkinmaplani.pdf>
- [40] Azman, A. M. age, s.57.
- [41] Age, s.57-61.
- [42] Age, s.61.
- [43] Çevre ve Orman Bakanlığı (2008). age, s.66.
- [44] Türkiye 2006 ilerleme raporu, s.66, 2006,
http://www.disisleri.gov.tr/NR/rdonlyres/9033EEB0-E80C-46D0-AB4D-A5767882853A/0/IlerlemeRaporu_8Kasim2006_TamamininCevirisi1.pdf
- [45] Azman, A. M. age, s.62.
- [46] Age, s.62-63.

ATIK SULARIN ARITILMASINDA YENİ BİR SİSTEM TASARIMI VE DENEYSEL UYGULAMASI

Hamdi TAPLAK*, Ahmet BİLGİL, Ergün YEŞİLYURT* ve
Mehmet ARDIÇLIOĞLU*****

* Erciyes Üniversitesi Kayseri MYO. 38039 Kayseri - htaplak@erciyes.edu.tr

* Erciyes Üniversitesi Kayseri MYO. 38039 Kayseri - yesile@erciyes.edu.tr

** Niğde Üniversitesi İnşaat Müh. Böl. Niğde - abilgil@nigde.edu.tr

*** Erciyes Üniversitesi İnşaat Müh. Böl. 38039 Kayseri - mardic@erciyes.edu.tr

ÖZET

Dünyada, özellikle ülkemizde kullanılabilir su kaynaklarının sınırlı oluşu ve kullanılmış suyun alıcı ortama doğrudan deşarj edilmesi, dolayısıyla temiz su kaynaklarının kirletilmesi, çözülmesi gereken problem olarak durmaktadır. Bu nedenle atık suların arıtılarak ortama verilmesi hayati önem taşımaktadır. Son zamanlarda mevcut suların korunmasının yanında, ihtiyaçların karşılanmasında yeni kaynakların oluşturulması için deniz suyunun arıtılması çalışmalarına hız verilmiştir. Buradaki amaç; minimum maliyet ve maksimum verimle tatlı su potansiyelini artırmaktır. Ancak bütün teknolojik ilerlemelere rağmen, her türlü arıtma sistemlerinin yatırım ve işletme maliyetinin büyüklüğü önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu çalışmada; yatırım ile işletme maliyetlerini minimumda tutabilecek ve kullanım alanına kolayca taşınabilecek yeni bir atık su arıtma sisteminin tasarımı yapılarak, üzerinde iyon değiştirme ve arıtma verimi ile ilgili deneysel çalışmalar yapılmıştır. Özellikle atık suların iyonlarını %99 oranında değiştirilerek arıtma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Atık su, atıksu arıtma sistemi, arıtma sistemi tasarımı

GİRİŞ

Yeryüzündeki suyun, bütün canlıların ihtiyacını karşılayacak kadar tükenmez bir kaynak olduğu düşünülse de, çok az bir kısmı içme ve kullanma suyu (temiz su) için elverişlidir. Çünkü temiz su, belli standartlara göre sınıflandırılan, insanların yaşamsal aktivitelerini yerine getirebilmesi için içtikleri ve diğer gereksinimlerini karşıladıkları sınırlı sulardır.

Birçok dünya ülkesi gibi, ülkemiz de su yönünden fakir ülkeler sınıfında yer almakta ve kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su potansiyeli yaklaşık $1600 \text{ m}^3/\text{yıl}^*$ adam dır. Ülkemizde ortalama yıllık yağış miktarı 643 mm olup yaklaşık 501 milyar m^3 suya karşılık

gelmektedir. Yağışın 274 milyar m³'ü çay, nehir, göl, deniz ve bitkilerden buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmekte, yağışla toprağa düşen suyun 158 milyar m³'ü akarsuyla deniz ve göllere, 69 milyar m³ sızarak yer altı suyuna karışmaktadır. Brüt kullanılabilir su potansiyeli ise, yağışla oluşan yüzey suları 158 milyar m³, yer altı sularından yüzeye ulaşan 28 milyar m³, komşu ülkelerden akarsularla gelen 7 milyar m³ ve yeraltına inerek yeraltı suyuna katılan (69-28) 41 milyar m³'lük su da ilave edildiğinde, 234 milyar m³ kadardır. Ancak ülkemizde çeşitli amaçlara yönelik, ekonomik olarak tüketilebilecek temiz yüzey suyu 95 milyar m³, komşu ülkelerden gelen 3 milyar m³ ve yeraltından da kullanılabilir miktar 14 milyar m³ olup, toplam potansiyelin yılda ortalama 112 milyar m³ civarında olduğu görülmektedir [1].

Atık su; içme ve kullanma, endüstri ve tarımsal sulama gibi ihtiyaçları karşılandıktan sonra çeşitli nitelik değişimlerine uğrayarak kullanılmaz duruma gelen su olarak tarif edilir. Su kullanımından oluşan atık su kirlilik deşarjlarının kaynaklara göre dağılımı da sanayide %33, tarım %22, evsel %20, maden %8, ulaştırma %8 ve diğerleri %9 civarındadır [2].

Genellikle atık sular evsel ve sanayi menşeli olmaktadır. Buralarda üretilen atık sularda insan sağlığına ve çevresel kirliliğe olumsuz etkilerinden dolayı, doğrudan alıcı ortama verilmeden kanalizasyon sistemleri ile kontrol altına alınması, bir çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de kanunla zorunlu hale getirilmesine rağmen hala belediyece hizmet yürüten beldelerin % 24'ünde (yaşayan nüfusun % 12'sinde) kanalizasyon sistemi mevcut değildir [3].

Kullanıldıktan sonra atık su olarak nitelendirilen suyun içindeki zararlı maddeler kısmen organik, kısmen de inorganik şekilde bulunmaktadır. Özellikle organik maddelerin kontrol edilmeyen şartlar altında biyolojik ve kimyasal olarak ayrışması deşarj edildiği yüzeysel suların kullanılmasını tehlikeye sokmaktadır. Atık sudaki çeşitli parametreler ve bunların önemi, doğal sulara etkisi fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenlerin yapısını oluşturan kirlilik kaynaklarına göre açıklanmaktadır.

Evsel atık suların yaklaşık %95-99'u su olup %1-5'lik kısmı organik ve inorganik maddeleri ihtiva eder [4]. Endüstriyel atık sular ise endüstriyel alanların faaliyetlerine göre çok farklılıklar gösterebilmektedir. Endüstriyel sıvı atıklarda kirlilik parametreleri; organik madde miktarı, çözölmüş tuzlar, zehirli maddeler, renk, bulanıklık, askıda kalan katı maddeler, sıcaklık, pH, nutrient maddeler, yağ, gres, radyoaktif maddeler, bakteriyolojik kirlleticiler, fenol ve fenol türevleri, tat ve koku yaratan bileşikler, tarım ilaçları, asit ve bazlar, petrol ve petrol türevleri, kalıcı atıklardır [5]. Bu nedenle atık suların arıtılması canlılar ve çevre faktörü açısından zorunluluk arz etmektedir.

ATIKSU ARITMA YÖNTEMLERİ

Atık suların arıtılmasında atık suyun kaynağı, karakteristik yapısı, içeriği, istenen arıtma verimi gibi özelliklere göre; mekanik, kimyasal, biyolojik, ileri arıtma ve doğal arıtma işlemlerinden biri veya bunların tümü kullanılabilir [6].

Fiziksel (mekanik) arıtma atık su içerisindeki gözle görünür atıkların uygulanan çeşitli işlemlerle ayrılmasıdır. Fiziksel arıtmada kaba maddeler ızgaralarda, kanala gelen kum, kum tutucuda, çökebilan maddelerde çökeltim havuzlarında atık sudan ayırt edilir.

Endüstriyel atık suların arıtılmasında yüzdürme (flotasyon) bu kademede yapılır. Debi ölçümleri de fiziksel arıtma kademesinde yapılır [2].

Kimyasal arıtmanın amacı mekanik arıtma ile giderilmesi mümkün olmayan kirliliklerin çeşitli kimyasal maddelerle giderimini sağlamaktır. Diğer bir tanımlamayla atık suyun rengini, nötralizasyon, kimyasal oksidasyon, dezenfeksiyonla suda bulunan mikroorganizmaları gidermek ve iyon değiştirme gibi işlemler kimyasal arıtma yöntemleridir. Kimyasal arıtma neticesinde, pH dengelenir, askıda katı maddeler belli oranda çöktürülür [2].

Biyolojik arıtma; Atık su bünyesinde bulunan organik ve kısmen anorganik kirlenici maddelerin, mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji kaynağı olarak kullanılmak suretiyle atık sudan uzaklaştırılmaları esasına dayanan metotlardır. Organik maddelerin bir kısmı mikroorganizma hücrelerine, bir kısmı da enerjiye dönüşür [7]. Kullanılmış suda gelişen organizmalar, oksijenin kullanımına göre iki ana gruba ayrılır: Birinci grup moleküler oksijenden yararlanan ve oksijen bulunan yerlerde yaşayabilen aerobik organizmalar, diğeri oksijenin bulunmadığı yerlerde yaşayan anaerobik organizmalardır. Buna bağlı olarak arıtma da aerobik ve anaerobik sistemlerde yapılır [5].

İleri arıtma; klasik ikincil kademe arıtmadan sonra kalan askıda ve çözünmüş maddelerin giderilmesi için gereken ilave arıtma işlemleri olarak tanımlanabilir. Bu maddeler organik madde, askıda katı madde ve kalsiyum, potasyum, sülfat, nitrat, fosfat gibi nispeten basit inorganik iyonların yanı sıra oldukça karmaşık yapıları sentetik organik maddelerdir. Evsel atık sulara deterjanlar ve çeşitli temizlik maddelerinden biyolojik olarak indirilmesi zor organik maddeler ve önemli miktarda fosfat karışmaktadır. Artan endüstriyel atık su miktarı ile birlikte atık su içerisinde bulunan ağır metaller, siyanür ve zehirli organik maddelerin miktarı da artmaktadır [2].

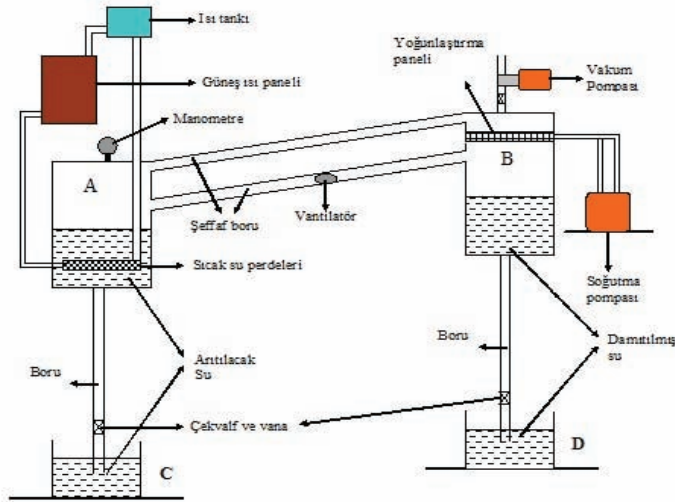
Doğal arıtma sistemi, yapay sulak alanlarda bitkiler ile atık suların arıtımı olarak tanımlanabilir. Doğayı taklit ederek geliştirilmiş basit sistemlerdir. Bu sistemler, bitkisel arıtma sistemi ya da ekili sulak alanlar olarak da tanımlanmaktadır. Karmaşık görünen yapılarına ve birçok mekanik ekipmana rağmen arıtma tesisleri ile yapılmaya çalışan, bir nevi doğanın yaptığı işi taklit etmek veya hızlandırmaktan ibarettir.

Son zamanlarda atık su arıtma sistemlerinde membran teknolojileri kullanılmaktadır. Membran, iki farklı fazı veya ortamı birbirinden ayıran ve bir tarafından diğer tarafa maddelerin seçici bir şekilde taşınmasını sağlayan geçirgen bir tabakadır. Tüm membranlar ayırma teknolojilerinde membrandan geçme yönünde akış sağlamak üzere itici bir kuvvet ve bazı maddelerin geçişini engelleyen ayırma faktörü, temel iki prensiptir. Kütle transferi, konsantrasyon farkı, basınç farkı ve elektriksel potansiyel farkı gibi itici güçler yardımıyla gerçekleşmektedir. Membran proseslerinde en yaygın itici kuvvet basınçtır. Membran ayırma prosesleri mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters ozmos prosesleri mevcut olup günümüzde de en çok kullanılan proseslerdir. Ayırma, moleküllerin boyutlarına ve molekül kütlelerine göre olur. Ultrafiltrasyon ve mikrofiltrasyon da itici kuvvet tamamen basınç olup ters ozmos proseslerinde ise kısmen basınç kısmen de konsantrasyondur. Membran prosesleri arasındaki temel fark, kullanılan gözenek boyutundaki farklılıklardır [8]. Ayrıca konu ile ilgili; Alp [9], Uzman [10], Can ve ark. [11], Abacı [12], Alkan [13], Çuha [14], Azman [15], Arı ve ark. [16], Güler ve ark. [17], Turek ve ark. [18], Wade [19], Borsani ve Rebagliati [20] ve Wittholz ve ark. [21], önemli çalışmalar yapmışlardır.

Bütün teknolojik ilerlemelere rağmen her türlü arıtma sistemlerinin yatırım ve işletme maliyetinin büyüklüğü çözülmesi gereken önemli bir problem olarak durmaktadır. Bu çalışmada yatırım ile işletme maliyetlerini minimumda tutabilecek ve kullanım alanına kolayca taşınabilecek yeni bir atık su arıtma sisteminin tasarımı yapılarak üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır.

DENEY DÜZENEGİ VE YÖNTEM

Deneysel çalışma; Erciyes Üniversitesi Kayseri Meslek Yüksekokulu İnşaat Programı laboratuvarında yapılmıştır. Deney düzeneği hidrolojik çevrim prensibine göre çalışan yeniden tasarlanmış ve sistemin şematik görünüşü Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneği

Deney düzeneğinde, A haznesi buharlaşma tankı, B haznesi yoğunlaşma tankı olmak üzere iki adet tank mevcuttur. Sistem içinde buharın döngüsünü sağlamak amacıyla tanklar birbirine iki adet şeffaf boru ile bağlanmıştır. Buharlaşma tankında biriken buharı ortamdaki yoğunlaştırma tankına taşımak için alt bağlantı borusuna buhar sirkülasyon pompası (vantilatör) yerleştirilmiştir. Buharlaşma haznesindeki suyu kaynama ısısına getirebilmek için gün ısısı ve elektrikli ısıtıcı düzenek mevcuttur. Sistemde buharlaşma basıncını düşürmek amacıyla bir adet vakum pompası kullanılmıştır. Buhar haline geçen suyu tekrar yoğunlaştırarak su haline getirmek için B tankı içinde soğutucu paneller ve bunları soğutmak için soğutma kompresörü kullanılmıştır. Ayrıca sistemde ısı ölçerler ve Fotoğraf 1 de görülen basınç ölçer manometreler (vakumetre) bulunmaktadır.



Fotoğraf 1. Dijital ve standart manometre (vakummetre)

Deneyisel çalışmada, Erciyes Üniversitesinde içme suyu olarak kullanılan ve musluktan alınan şebeke suyu ile aynı şebeke suyunda sofr tuzu (NaCl) ile suni olarak kirletilen atık sular, konunun materyalini oluşturmaktadır. Musluktan alınan şebeke suyuna ağırlık esasına göre % 7 oranında tuz katılarak kirlilik oluşturulmuştur. Deneyisel çalışmalara başlamadan önce her bir atık suların pH değerleri ile elektrik iletkenlikleri ölçülmüş ve ortalama değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deney öncesi numune ölçümleri

Numuneler	Tuz miktarı %	pH	°C	İletkenlik
Çeşme suyu (S _M)	---	8,03	16	314 µS/cm
Tuzlusu (S _T)	7	7,65	17	83,3 mS/cm

Sistemde deneyler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada; deney materyali olarak musluk suyu seçilmiştir. Çalışmanın amacı değişik kütlelerdeki suyun buharlaştıktan sonraki yoğunlaşma miktarını gözleyerek su kütesinin üzerine etkisi araştırılmıştır. İkinci aşamada suni olarak kirlilik oluşturulan suyun damıtıldıktan sonraki durumunda elektrik iletkenliğinin değişimi gözlenmiştir.

Deney numuneleri Şekil 1’de gösterilen C haznesine yeter miktarda konduktan sonra A haznesi (buharlaştırma tankı) ve B haznesi (yoğunlaştırma tankı) giriş çıkış vanaları kapatılmıştır. Vakum pompası çalıştırılarak sistemin içindeki normal atmosfer basıncı daha önce belirlenen buharlaştırma basıncına kadar düşürülmüştür. Daha sonra vakum pompası durdurularak, C haznesindeki deney numunesinin, A haznesinin giriş vanası açılarak istenen miktarda A haznesine dolması sağlanmıştır. Numune A haznesine doldurulduktan sonra güneş ısıtıcı paneller yardımı ile istenen sıcaklığa getirilmesi sağlanmıştır. Ancak havanın kapalı olduğu zamanlarda sistemde mevcut olan ve elektrikle çalışan otomatik ısıtıcı rezistans yardımıyla istenilen ısılar getirilmiştir. Aynı zamanda B haznesinde bulunan panellerle yoğunlaştırma yapabilmek için -15 °C ye kadar inebilen soğutucu kompresör çalıştırılarak, B haznesi istenen ısıya düşmesi sağlanmıştır. Daha sonra A haznesindeki su sıcaklığı, istenilen buharlaşma basıncına ulaştığında suyun kaynamasını sağlamak için vakum pompası çalıştırılmak suretiyle gerekli basınca düşürülmekte ve su kaynatılmaktadır. A haznesinde suyun kaynaması ile oluşan su buharı difüzyon yolu ile B haznesine geçmekte ve su mevcut olan soğutucu paneller yardımı ile yoğunlaştırılmaktadır.

YÖNTEM

Çalışma; bir çeşit hidrolojik çevrim sistemi olarak tasarlanmış ve genel anlamda ısı transferi olarak bilinen enerjinin korunumu prensibi, yöntem olarak seçilmiştir. Buna göre sistemde atık suyun arıtılma verimi ile elektrik iletkenliğinin giderilip giderilemeyeceğinin tespiti araştırılmıştır.

Termodinamiğin Birinci Yasası

Termodinamik, bir sistemin bir işlem sırasında, bir denge konumundan diğerine geçerken meydana gelen toplam ısı transferi miktarıyla ilgilenmektedir. Bir sistemdeki bütün enerji biçimlerinin toplamı, sistemdeki toplam enerjiyi verir ve iç, kinetik ve potansiyel enerjileri içermektedir. İç enerji bir sistemdeki moleküler enerjiyi temsil eder ve duyulur, gizli, kimyasal ve nükleer enerji biçimlerinden oluşmaktadır. İç enerjinin duyulur ve gizli enerji biçimleri, sıcaklık farkı sonucunda bir ortamdan diğerine aktarılabilir. Bu enerji biçimleri ısı veya ısıl enerji olarak bilinmektedir. Yani, ısı transferi iki ortam arasındaki sıcaklık farkından dolayı transferi gerçekleşen duyulur ve gizli enerji biçimleridir. Birim zamanda gerçekleşen ısı transferi miktarı, ısı transfer hızı olarak adlandırılır ve " Q (W)" ile gösterilmektedir.

Bir işleme tabi olan herhangi bir sistem için "Termodinamiğin Birinci Yasası" veya enerji dengesi Denklem 1'de verildiği gibi ifade edilebilir [22]:

$$E_{giren} - E_{çıkan} = \Delta E_{sistem} \text{ (J)} \quad (1)$$

Eğer hareketsiz, kapalı bir sistem yalnızca ısı transferi içeriyorsa ve sınırlarından bir iş transferi yoksa enerji dengesi sadeleşerek aşağıdaki duruma gelmektedir:

$$Q = m C_v \Delta T \text{ (J)} \quad (2)$$

Burada Q sisteme doğru gerçekleşen veya sistemden gelen toplam (net) ısı transferidir. Bir giriş ve çıkışa sahip ve bu giriş ve çıkışı arasında ihmal edilebilir kinetik ve potansiyel enerji değişimi olan bir kontrol hacmi için sürekli rejimde ve iş etkileşiminin olmadığı koşullarda enerjinin korunumu bağıntısı Denklem 3'de verildiği gibi ifade edilebilir :

$$Q = m C_p \Delta T \text{ [W]} \quad (3)$$

Burada $m = \rho V A_c$ [kg/s] kütleli debi ve Q kontrol hacmine gerçekleşen net ısı transferi hızıdır.

$$Q = m h_{fg} \text{ [W]} \quad (4)$$

Birim zamanda buharlaşan veya yoğunlaşan su miktarı Denklem 4'ten hesaplanabilir. Bu denklemdeki h_{fg} buharlaşma veya yoğunlaşma entalpisini ifade etmektedir.

DENEY VERİLERİ VE İRDELEME

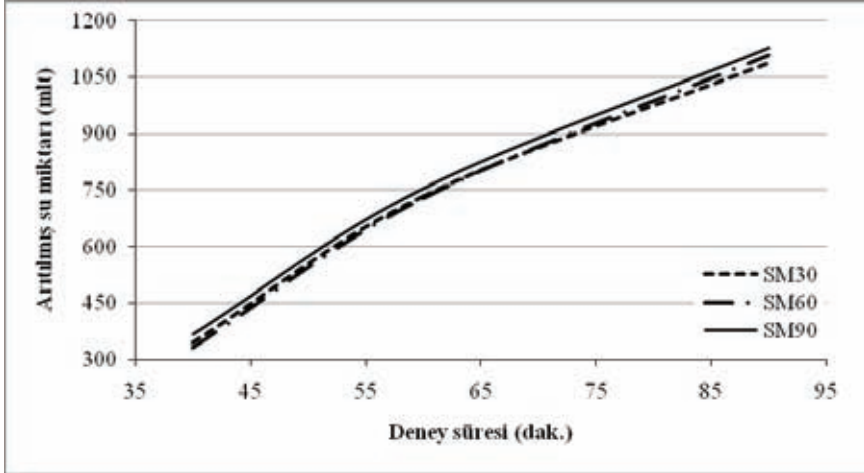
Deneyler iki aşamada sürdürülmüş olup birinci aşamada; sistemin arıtılma verimi belirlenmiştir. Atık su 40 °C kaynatılarak buharlaştırılmış ve yoğunlaştırılmıştır. Bunun için vakum pompası çalıştırılarak sistemin iç basıncı 0,072 kg/cm² düşürülerek 40 °C derecede A tankındaki atık suyun kaynaması sağlanmış ve vakum pompası kapatılmıştır. Aynı anda B tankının ısısı da soğutma panelleri yardımı ile -15 °C dereceye düşürülmüştür. Daha sonra sistemin buharlaşma basıncı sabit tutularak 30, 60 ve 90 dakika sürelerde üç kez ölçüm yapılarak sonuçların aritmetik ortalama verileri belirlenmiştir. Sistemin A tankında oluşan buhar, B tankına difüzyon yoluyla iletilmekte ve B tankının düşük ısısından dolayı hızlı bir yoğunlaşma gerçekleşmekte olup elde edilen parametreler Çizelge 2’de gösterilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise atık suların arıtıldıktan sonraki iyon değişimi (elektrik iletkenliği) gözlenmiştir.

Çizelge 2. Deney parametreleri

Deney No	Deney Süresi (Dak.)	İlk Su Yüksekliği (Cm)	Son Su Yüksekliği (Cm)	Isıtıcı Tank (°C)	Soğutucu Tank (°C)	Vakum		Elde Edilen Su (mlt)	Ortalama Su (mlt)
						Kg/cm ²	Su sütunu (m)		
S _{M30}	30	11,05	10,80	40	-15	-0,8	0,72	345	347
S _{M30}	30	10,80	10,65	40	-15	-0,8	0,72	330	
S _{M30}	30	10,65	10,25	40	-15	-0,8	0,72	366	
S _{M60}	60	10,25	9,55	40	-15	-0,8	0,72	734	739
S _{M60}	60	9,55	9,20	40	-15	-0,8	0,72	728	
S _{M60}	60	9,20	8,80	40	-15	-0,8	0,72	754	
S _{M90}	90	11,90	11,20	40	-15	-0,8	0,72	1088	1108
S _{M90}	90	11,20	10,45	40	-15	-0,8	0,72	1108	
S _{M90}	90	10,45	9,65	40	-15	-0,8	0,72	1128	

Deney sürelerine göre arıtılan su miktarları ise Grafik 1 de verilmiştir. Buna göre arıtılan su miktarının zaman içinde yaklaşık lineer olarak artış gösterdiği görülmekte olup buharlaşma miktarının zaman içinde kütlelen bir fonksiyonu olmayıp, yüzey alanı ile ilintili olduğu sonucuna varılabilmektedir.

Çalışmada elde edilen veriler, deney düzeneği buharlaştırma haznesinin 0,37 m çapındaki yüzey alanından sağlanmıştır. Buharlaşma miktarında etken faktör buharlaşma yüzey alanı olduğu ve değerlendirilmelerde deney düzeneğinin verimi de dikkate alınarak, deney sisteminin 1m² lik buharlaşma yüzeyinden saatte elde edilebilecek arıtılmış su verimine lineer dönüşüm yapılabilir. Bu yaklaşımla aynı sistemin 1m² lik yüzey alanından elde edilebilecek temiz su debisi yaklaşık Q = 6.51 lt/saat olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde lineer enterpolasyon kullanılarak sistemden 1 m³/saat debinin elde edilebilmesi için su derinliği dikkate alınmadan gerekli yüzey alanı 153.6 m² olarak hesaplanır. Ayrıca sistemin çalıştırılmasında tamamen elektrik enerjisi kullanılarak sistemin işletme maliyetlerinin hesaplanmasında diğer girdiler ihmal edilerek, sadece elektrik enerjisi dikkate alınarak 1 m³/saat debi için gerekli hesap yapılmıştır. Hesapta tek kademeli 15 kW’lık enerji, 580 m³/h hava boşaltım kapasiteli -700 mmHg indiren vakum pompası kullanılmış ve 2,48 kW enerji gideri bulunmuştur.



Grafik 1. Arıtılan su miktarının Deney süresince değişimi

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen; buharlaşan numune kütlesi, buharlaşma süresi gibi veriler kullanılarak termodinamiğin birinci kanunundaki enerjinin korunumu prensibine göre yapılan verim analizi sonuçları Çizelge 3 de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi teorik ve deneysel veriler doğrultusunda yoğunlaşma verimi ortalama % 53,77 olarak, buharlaşma verimi ise ortalama % 14,53 bulunmuştur. Özellikle sistemin buharlaşma verim yüzdesinin düşük çıkması, sistemde yeterince ısı yalıtımının olmadığı veya yapılmadığının bir göstergesidir.

Çizelge 3. Enerji-verim değerleri

Deney No	Sm30	Sm60	Sm90
Deney Süresi (dak.)	30	60	90
B tankı ısısı (°C)	-15	-15	-15
Ti (°C)	19	17	18
To (°C)	40	40	40
Δt (°C)	21	23	22
h1 (cm)	38,80	37,55	39,20
h2 (cm)	38,65	37,20	38,45
m1 (kg)	44,004	42,586	44,457
Pısıtıcı (w)	2000	2000	2000
Psoğutucu (w)	900	900	900
Cp (J/kgK)	4179,125	4179,075	4179,100
ΔT (dak.)	32,18	34,11	34,06
Ti-To Geçen Süre (dak.)	40	42	41
Ti-To Verim (%)	80,45	81,22	83,08
hfg (10 ³ J/kg)	2406,700	2406,700	2406,700
Buharlaşma $\dot{m}$ (g/sn)	0,831	0,831	0,831
Yoğunlaşma $\dot{m}$ (g/sn)	0,374	0,374	0,374

Buharlaştırma	Teorik Miktar (g)	1495,82	2991,65	4487,47
	Deneysel Miktar (g)	170,12	396,94	850,59
	Buharlaştırma Verimi (%)	11,37	13,27	18,95
	Teorik Süresi (dak.)	3,41	7,96	17,06
	Süre Verimi (%)	11,37	13,27	18,95
Yoğunlaştırma	Teorik Miktar (g)	673,12	1346,24	2019,36
	Deneysel Miktar (g)	347,0	739,0	1108,0
	Yoğunlaştırma Verimi (%)	51,55	54,89	54,87
	Teorik Süresi (dak.)	15,47	32,94	49,38
	Süre Verimi (%)	51,55	54,89	54,87

İLETKENLİK VE pH DENEY SONUÇLARI

Bu çalışmada, sistemin atık sulardaki elektrik iletkenliğini gidererek arıtma işleminin gerçekleştirilebilmesi gözlenmiştir. Bu deneyde de sistemin verimini ölçmek için uygulanan deney parametrelerine eşdeğer parametreler kullanılmıştır. Yine vakum pompası çalıştırılarak sistemin iç basıncı 0,072 kg/cm² düşürülerek (atmosfer basıncı 1,033 kg/cm²) 40 °C derecede A tankındaki atık suyun kaynaması sağlanmış ve vakum pompası kapatılmıştır. Aynı anda B tankının ısısı da soğutma panelleri yardımı ile -15 °C dereceye düşürülmüş ve deney ortamı hazırlanmıştır. Deneyler Çizelge 1 de belirtilen iki farklı numune üzerinde yapılmıştır. Birinci olarak çeşme suyunun elektrik iletkenliği ölçülmüştür. İkinci olarak ta sofralık tuz ile suni oluşturulan tuzlu suyun elektrik iletkenliği ölçülmüştür. Daha sonra numuneler 30, 60 ve 90 dakikalık sürelerde deneye tabi tutularak buharlaştırılan ve sistemin B haznesinde yoğunlaştırılan suyun elektrik iletkenlikleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler Çizelge 4 de özetlenmiştir.

Çizelge 4. Musluk suyu ve tuzlu su için iletkenlik ve pH deney verileri

Numune	Deney öncesi			Deney süresi 30 dk			Deney süresi 60 dk			Deney süresi 90 dk		
	°C	pH	E. ilk.	°C	pH	E. ilk.	°C	pH	E. ilk.	°C	pH	E. ilk.
S _M	16	8,02	314 μS/cm	17,6	8,08	312 μS/cm	18,3	8,13	314 μS/cm	18,7	8,18	320 μS/cm
S _M	16,3	8,10	314 μS/cm	17,8	8,09	325 μS/cm	18,7	8,15	326 μS/cm	18,9	8,15	328 μS/cm
S _M	15,8	8,06	314 μS/cm	18,3	8,10	328 μS/cm	18,7	8,14	328 μS/cm	19	8,13	330 μS/cm
S _T	17	7,65	83,3 mS/cm	17,6	7,69	316 μS/cm	19	7,75	330 μS/cm	19,6	7,71	332 μS/cm
S _T	17	7,65	83,3 mS/cm	18,6	7,72	318 μS/cm	19,3	7,77	329 μS/cm	19,4	7,69	330 μS/cm
S _T	17	7,65	83,3 mS/cm	19	7,73	321 μS/cm	19,2	7,77	326 μS/cm	19,7	7,70	330 μS/cm

Çizelge 4 de görüldüğü gibi, musluk suyu “S_M” ve tuzlu su “S_T” olmak üzere farklı özelliklere sahip iki numune üzerinde deneyler yapılmıştır. Birinci aşamada musluk suyu ile üç adet numuneler oluşturulmuş ve deney öncesi elektrik iletkenliği ölçülmüştür. Daha sonra 30, 60 ve 90 dakika süre ile deneye tabi tutulmuş ve deney sonunda arıtılan suların elektrik iletkenlikleri ölçülerek çok fazla bir değişimin olmadığı gözlenmiştir. 30, 60 ve 90

dakika sürelerde elde edilen verilere göre deney süresinin elektrik iletkenliğinin giderilmesinde hiçbir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca deney verileri doğrultusunda, deney öncesi duruma nazaran deney sonrası elektrik iletkenliği % 1 civarında artış göstermiştir. Bunun nedeni olarak sistemde kullanılan malzemelerin bir kısmında sudan dolayı pas oluşmaktadır. Oluşan pasın bir kısmının arıtılmış suya karışması elektrik iletkenliğinin artmasına sebep olduğu kanaati oluşmaktadır.

İkinci aşamada musluk suyu üzerine % 7 oranında sofra tuzu ilave edilerek deney öncesi suni atık su haline getirilen tuzlu sudaki Elektrik iletkenliği ölçülmüştür. Elektrik iletkenliğinin ölçülmesindeki amaç; sistemin sudaki tuzluluk oranını azaltıp azaltmadığının gözlenmesidir. Deney öncesi oluşturulan numunenin elektrik iletkenliğinin 83,3 mS/cm olduğu belirlenmiştir. Yine numune takımı üzerinde 30, 60 ve 90 dakika süre ile deneyler yapılarak elde edilen yoğunlaştırılmış (arıtılmış) su numunelerinin elektrik iletkenlikleri ölçülmüştür. Elde edilen deney sonuçlarından, numunelerin deney öncesi iletkenlik değerleri, arıtılmış numune iletkenlik değerine oranlanarak elde edilen; 30 dakikalık verilerde % 99,88, 60 dakikalık verilerde % 99,87 ve 90 dakikalık verilerde % 99,86 oranında elektrik iletkenliklerinin giderildiği görülmüştür.

Sulardaki Elektrik iletkenlik değeri, tuzluluk oranının ifadesi olduğu bilinmektedir. Sektörde tuzluluğun giderilmesinde ise membran teknolojisi kullanılmaktadır. Bu teknolojiye de yüksek işletme ve yatırım maliyetinin olması kullanım alanlarını sınırlı kılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yeni sistemin, özellikle yatırım maliyetleri oldukça küçük olmaktadır. İşletme giderleri ise sistem büyüdükçe lineer olarak ürün maliyetinin azalacağı bilinmektedir. Ayrıca elde edilen veriler doğrultusunda, bu sistemin tuzlu suları yaklaşık % 100 oranında tuzdan arındırdığı, özellikle deniz sularının arıtılarak içme ve kullanma suyu üretiminde kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

SONUÇ

Atıksu arıtma sistemi olarak yeniden tasarım edilen ve genel anlamda hidrolojik çevrim prensibine göre çalışan deney düzeneğinde, buharlaşma veriminin ölçülmesi ve tuzlu suların tuzdan arındırılarak içme ve kullanma suyu haline getirilmesi üzerine çalışılarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1- Deney düzeneği 30, 60 ve 90 dakika sürelerde çalıştırılarak arıtma işlemi yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda buharlaşma miktarına su kütlesinin etkili olmadığı, daha ziyade suyun buharlaşma yüzeyinin buharlaşma miktarına etkili olduğu gözlenmiştir.
- 2- Deney düzeneğinin verimi dikkate alınmak suretiyle, sistemin 1m² lik buharlaşma yüzeyinden saatte elde edilebilecek arıtılmış su verimine lineer dönüşüm yapılarak 1m² lik yüzeyden elde edilebilecek temiz su debisi yaklaşık $Q = 3$ lt/s/saat olarak belirlenmiştir.
- 3- Sistemin atık su olarak nitelendirilen deniz suyunun arıtılmasında kullanılabileceği gözlenmiş olup bu amaçla musluk suyu üzerine % 7 oranında sofra tuzu ilave edilerek atık su oluşturulmuştur. Tuzlu suyun arıtılmasında elektrik iletkenliğinin ölçülerek belirlenmesi yöntem olarak seçilmiştir. Deney öncesi suni atık tuzlu suyun Elektrik

iletkenliği 83,3 mS/cm olarak ölçülmüştür. Deneyler 30, 60 ve 90 dakika sürelerde yapılmıştır. Her bir sürenin sonunda arıtılmış suyun elektrik iletkenliği ölçülerek numune oluşturmak için kullanılan musluk suyunun verilerine oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarından, numunelerin deney öncesi iletkenlik değerleri, arıtılmış numune iletkenlik değerine oranlanarak elde edilen; 30 dakikalık verilerde % 99,88, 60 dakikalık verilerde % 99,87 ve 90 dakikalık verilerde % 99,86 oranında elektrik iletkenliklerinin giderildiği görülmüştür.

- 4- Elde edilen veriler doğrultusunda, bu sistemin tuzlu suları yaklaşık % 100 oranında tuzdan arındırdığı, özellikle deniz sularının arıtılarak içme ve kullanma suyu üretiminde yeni bir arıtma sistemi olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

TEŞEKKÜR

“Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından **FBA-07-22** Kodlu Proje ile desteklenmiştir. Teşekkür ederiz.”

KAYNAKLAR

- [1] M. Akın ve G. Akın, 2007, Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi, S. 105-118.
- [2] A. Samsunlu, 2006, Atık Suların Arıtılması, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [3] T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu. Belediye Atıksu İstatistikleri Haber Bülteni, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=6238>, 28 Nisan 2010.
- [4] M. Doğan ve M. Soylak, 2000, Su Kimyası, Erciyes Üniversitesi Yayınları, No 120, Kayseri.
- [5] Çevre ve Orman Bakanlığının 20.03.2010 tarih ve 27527 sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği.
- [6] A.K. Yıldırım, 2006, Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Debi-Maliyet İlişkileri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [7] İ. Sarı, 2005, Kahramanmaraş (Merkez) Evsel ve Endüstriyel Atıksuların Toplanıp Uygun Bir Arıtma Yöntemi Seçilerek Arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [8] İ. Öztürk, H. Timur, ve U. Koşkan, 2005, Atıksu Arıtma Esasları, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, İstanbul.
- [9] Ö. Alp, 2005, Atıksuların Arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] H.Ö. Uzman, 2006, Mağusa İçin En Uygun Biyolojik Arıtma Teknolojisinin Seçimi Ve Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- [11] M. Can, A.B. Etemoğlu ve A. Avcı, 2002, Deniz Suyundan Tatlı Su Eldesinin Teknik ve Ekonomik Analizi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 1.
- [12] G. Abacı, 2005, İyon Değiştirici Reçineler, Su Ve Çevre Dergisi, 3.
- [13] E. Alkan, 2006, İyon Değiştirici Membranlar Kullanılarak Sudaki Florür İyonunun Uzaklaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- [14] D. Çuha, 2008, Deniz Suyu ve Kuyu Suyunun Tuzdan Arıtılması, Su Ve Çevre Dergisi, 18.
- [15] H.R. Azman, 2005, Evsel Atıksuların Arıtılmasında Arıtma Verimi-Enerji İlişkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [16] P.H. Arı, H. Özgün, M.E. Erşahin ve İ. Koyuncu, 2009, Membran Sistemleri İle Su Arıtma Maliyeti, Membran Teknolojileri ve Uygulamaları Sempozyumu, İstanbul.
- [17] E. Güler, E. Yavuz, S. Solak, G. Sert, M. Arda, M. Yüksel, Ü. Yüksel, V. Gündoğdu ve N. Kabay,2009, Deniz Suyundan Kullanım Suyu Üretiminde Ters Ozmos Yöntemi-Doğal Deniz Suyu Ortamında Ters Ozmos Membranlarının Performans Karşılaştırması, Membran Teknolojileri ve Uygulamaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul.
- [18] M. Turek, P. Dydo and T. Wiltowski, 2005, Electrodialysis as an Alternative Seawater Desalination Method, AIChE 2005 Annual Meeting, Cincinnati, OH, October 30.
- [19] N.M. Wade, 2001, Distillation Plant Development and Cost Update, Desalination, Brighton, 136, 3-12.
- [20] R. Borsani and S. Rebagliati, 2005, Fundamentals Costing of MSF desalination Plants and Comparison With Other Technologies, Desalination, 29-37.
- [21] M.K. Wittholz, B.K. O'Neill, C.B. Colby and D. Lewis, 2008, Estimating the Cost of Desalination Plants Using a Cost Database, Desalination, 10-20.
- [22] H. Günerhan ve M. Erkek,2006, Isı Transferi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Ders Notu Özet Bilgileri, İzmir.

EVSEL ATIK SU DEŞARJININ YÜZEYSEL SU KALİTESİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: HARŞİT ÇAYI ÖRNEĞİ (GÜMÜŞHANE)

Adem BAYRAM*, Hızır ÖNSOY**, Volkan N. BULUT***, Mehmet TÜFEKÇİ****

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Trabzon - abayram@ktu.edu.tr

**Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Trabzon - honsoy@ktu.edu.tr

***Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kimya Böl., Trabzon/Maçka - vnbulut@ktu.edu.tr

****Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kimya Böl., Trabzon - mtufekci@ktu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Doğu Karadeniz Bölgesinin 129,618 toplam nüfusa sahip Gümüşhane İli'nde, şehir merkezinden geçen Harşit Çayı'na yapılan evsel atık su deşarjının yüzeysel su kalitesine olan etkisini incelemek, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)'ne göre değerlendirmek, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY) ve TS 266'ya göre de içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilirliğini araştırmaktır. Bu amaçla 2009 Mart ile 2010 Şubat tarihleri arasındaki dört mevsim boyunca, on beş günlük aralıklarla, yerleşim öncesinde bir, atık su deşarj sonrasında iki olmak üzere toplamda seçilen üç istasyonda bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde Harşit Çayı'nın ne kadar kirlendiği ve kendi kendini ne ölçüde temizlediği belirlenebilmiştir.

Toplanan yüzeysel ham sularda nitrit azotu (NO_2^- -N), nitrat azotu (NO_3^- -N), amonyum azotu (NH_4^+ -N), toplam azot (TN), orto-fosfat fosforu (PO_4^{3-} -P), anyonik yüzey aktif madde (MBAS), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) tayinleri gerçekleştirilmiştir.

SKYY'ne göre Harşit Çayı'nın sadece NO_3^- -N ve KOİ bakımından I. sınıf su kalitesine sahip olduğu görülmüş diğer parametrelerde atık su deşarjı yapılan istasyonda çok ciddi artışlar belirlenmiştir. Özellikle yaz aylarında akarsuyun debisinin azalmasıyla birlikte NO_2^- -N konsantrasyonu 0.005-0.121 mg/L aralığında, NH_4^+ -N konsantrasyonu ise 0.576-6.180 mg/L aralığında değişim göstermiş ve Harşit Çayı oldukça kirliliğe sahip olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Evsel Atıksu, Harşit Çayı, Su Kalitesi

1. GİRİŞ

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de su kaynaklarına olan ihtiyaç giderek artarken, sınırlı olan kaynaklar üzerindeki olumsuz çevre baskıları da ne yazık ki giderek artmaktadır. İçme ve kullanma suyu temin edilen baraj ve göllerimiz ev ve endüstriyel nitelikli atıklar yanında yerleşimden kaynaklanan yoğun yapılaşma baskısı altındadır. Kıta içi su kaynaklarımızdan göllerimiz, nehirlerimiz ve yer altı sularımız ile denizlerimiz evsel ve endüstriyel atıklar yanında aşırı gübreleme ve bilinçsiz kullanılan zirai mücadele ilaçlarından olumsuz etkilenmektedir. Günümüzde gelişmekte olan ülkelerde tüm hastalıkların % 80’i ve ölümlerin üçte biri kirli sulardan kaynaklanmaktadır [1].

Doğada geri devir mekanizmaları sayesinde, kaynaklar tükenmemektedir. Kullandığımız su da daha önce kısmen kullanılmış olabilir. Veya temizledikten sonra onu tekrar tekrar kullanma imkanları aranabilir. İnsan, doğadaki su dolaşımına dahil olarak yapay devirler meydana getirir. Bazı insan toplulukları yeraltı suyu kullanmakta ise de, çoğu bu maksatla yüzeysel sulara bağlı bulunmaktadır. Bu sular arıtıldıktan sonra kullanılır, kanallara toplanır, temizlendikten sonra (veya doğrudan doğruya hiçbir muamele görmeden) bu su kaynağına tekrar geri verilir. Yerleşim bölgelerinde kullanılan sular, arıtmadan geçmiş veya geçmemiş halde yüzeysel sularla seyrelmeye ve tabi biyolojik arıtmaya bırakılır. Kendi kendini arıtma kapasitesinin aşılması durumunda büyük risklerle karşı karşıya kalınmaktadır [1].

31.12.2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne (SKKY) göre; evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ve yapılaşmış kaplamalı ve kaplamasız şehir bölgelerinden cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzey altı akışa dönüşmesi sonucunda gelen sular “atıksu” olarak tanımlanmaktadır [2].

Tüm belediyelere uygulanan 2008 yılı Belediye Atıksu İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre, 3,225 belediyeden 2,421’ine kanalizasyon şebekesi ile hizmet verildiği tespit edilmiştir. kanalizasyon şebekeleri ile toplanan 3,26 milyar m³ atıksuyun % 44.7’si denize, % 43.1’i akarsuya, % 3.5’i baraja, % 2.1’i göle-gölete % 1.5’i araziye ve % 5.1’i diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir [3].

Doğu Karadeniz Havzasının en büyük alt havzası olan Harşit Çayı’nda Gümüşhane (Pirahmet, Pirahmet, Arzular, Tekke, Bağlarbaşı, Mescitli, İkisü, Torul, Özkürtün, Kürtün) ve Giresun (Doğankent ve Tirebolu) yerleşim birimlerinde ortaya çıkan evsel atıksular hiçbir arıtmaya tabi tutulmadan doğrudan akarsuya deşarj edilmektedir [4,5]. Özellikle yaz ve sonbahar aylarında azalan debinin etkisi ile de çok ciddi bir kirlilik söz konusu olmaktadır. Evsel katı atıklar da Harşit Çayı’nda bir diğer kirlilik kaynağıdır.

Harşit Çayı’nda (Gümüşhane) gerçekleştirilen bu çalışma ile yüzeysel su kalitesini, nitrit azotu (NO₂⁻-N), nitrat azotu (NO₃⁻-N), amonyum azotu (NH₄⁺-N), toplam azot (TN), toplam kjeldahl azotu (TKN), orto-fosfat fosforu (PO₄³⁻-P), anyonik yüzey aktif madde (MBAS) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) parametreleri yönünden tespit edip SKKY’ye [2] göre sınıflandırarak, İTASHY [6] ve TS 266’ya [7] göre de içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilirliğini değerlendirmektedir. Devamında, yerleşim birimlerinden gelen atıksu deşarjlarının bu kaliteye olan etkisini ve Harşit Çayı’nın kendi kendini temizleme kapasitesini araştırmaktır.

2. ÇALIŞMANIN GERÇEKLEŞTİRİLDİĞİ GÜMÜŞHANE VE HARŞİT ÇAYI

Gümüşhane, Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz bölümü sınırları içerisinde yer almaktadır. Gümüşhane 38° 45' - 40° 12' doğu boylamları ile 39° 45' - 40° 12' kuzey enlemleri arasında olup, doğusunda Bayburt, batısında Giresun, kuzeyinde Trabzon, güneyinde Erzincan illeri bulunmaktadır. Toplam alanı 6,575 km², deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 1,400 m'dir. Doğu Karadeniz Bölümü ile Doğu Anadolu Bölgesi'ni birbirine bağlayan karayolu üzerinde doğrusal bir durumda bulunan Gümüşhane ili Merkez ilçe, Torul, Kürtün, Kelkit, Şiran ve Köse olmak üzere altı ilçeden oluşmaktadır [8,9]. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Veri Tabanı 2010 verilerine göre toplam nüfus 129,618'dir [10]. Bu nüfusun % 47.2'si şehir merkezlerinde, % 52.8'i ise köylerde yaşamaktadır. Şekil 1'de Gümüşhane İl merkezinin uydu görüntüsü verilmektedir.



Şekil 1. Gümüşhane İli merkez yerleşim birimleri uydu görüntüsü (Google Earth, 2011)

Harşit Çayı, Gümüşhane İli'nin doğu sınırında Cimli, Karakaban ve Kostan dağlarından doğar, Erzurum-Trabzon karayolu boyunca kuzey batı yönünde Gümüşhane kentine doğru akar. Gümüşhane'ye kadar güneyden gelen Tezene kolunu alır. Gümüşhane'den sonra Torul ilçesine kadar sağ sahilden Korum, sol sahilden en büyük kolu olan İkisu (Kodil) dereleri ile birleşir [4,11,12].

Harşit Çayı Torul ilçesinden sonra Doğu Karadeniz'in yamaçları dik ve eğimi yüksek vadi özelliklerini oluşturarak akar. Kürtün ilçesine gelmeden suyu en bol olan Kürtün (Manastır) kolunu alır. Drenaj yüzeyi gittikçe daralan Harşit Çayı, Doğankent ilçesinde Kavraz kolu ile birleştikten sonra Tirebolu ilçesinin doğusundan Karadeniz'e dökülür. 143 km ana kol uzunluğuna sahip Harşit Çayı'nın yağış alanı 3,280 km²'dir [4,11,12,13,14,15,16].

Harşit Çayı ana kol boyunca laboratuarda analiz edilmek üzere yüzeysel ham su örnekleri alınacak gözlem istasyonları; akarsuyun Gümüşhane İli'ne girmeden önce, şehrin içme ve

kullanma suyu ihtiyacının karşılandığı keson kuyuların da bulunduğu Akçakale mevkiinde bir, akarsuyun Gümüşhane İli'ni terk ettiği, merkez atık sularının da deşarj edildiği noktanın 100 m sonrasında Hacıemîn mevkiinde bir ve akarsuyun Gümüşhane İli'nin Torul İlçe'si yerleşim birimlerinin başladığı bölüm öncesinde de bir olmak üzere toplamda üç adet seçilmiştir. Bu istasyonlar sırasıyla Şekil 2 (Akçakale), 3 (Gümüşhane) ve 4'te (Torul) görülmekte ve konumları Tablo 1'de verilmektedir.



Şekil 2. Akçakale istasyonu genel görünümü (12.07.2009/07:13, Harşit Çayı-Gümüşhane)



Şekil 3. Atıksu deşarjı - Gümüşhane istasyonu (12.07.2009/08:03, Harşit Çayı-Gümüşhane)



Şekil 4. Torul istasyonundan genel görünüm (12.07.2010/08:47, Harşit Çayı-Gümüşhane)

Tablo 1. Çalışmanın gerçekleştirildiği istasyonlar

İstasyon Adı	Koordinat	Kot (m)	(km)
Akçakale	40° 25' 23.6" K - 39° 31' 37.7" D	1,190	0.0
Gümüşhane	40° 29' 36.6" K - 39° 27' 30.4" D	1,100	11.5
Torul	40° 32' 55.7" K - 39° 18' 52.5" D	939	27.0

Çalışma 2009 Mart-2010 Şubat dönemini kapsamakta olup 15 günlük aralıklarla ayda iki kez, toplamda 24 kez, seçilen üç istasyonda alınan yüzeysel ham su örnekleri ile gerçekleştirilmiştir. Su örneklerinin alınması, muhafazası ve laboratuara nakli, standart yöntemlere uygun olarak gerçekleştirilmiştir [17]. Su örneklerinin alınmasında, 500 ml hacimli polietilen tetratlat (PET) numune kapları kullanılmıştır. Su örneklerinin olası kirliliğini önlemek için, numune kapları önce sıcak su ve fırça yardımıyla sonra da 1 M HNO₃ ile temizlenmiş, son olarak da saf su ile durulanmış ve kurutulmuştur. Örnekleme sırasında, su örneklerinin alınacağı numune kapları bu kez akarsuyun suyu ile birkaç kez çalkalanmış, üzerinde hava kalmayacak şekilde doldurulmuş ve kapakları sıkıca kapatılmıştır. Her bir istasyonundan bu şekilde birbirinin yedeği toplam üç su örneği alınmıştır.

Toplanan su örneklerinin + 4 °C'de muhafazası için buz kasetleri ile donatılmış büyük hacimli numune kapları kullanılmıştır. Kullanılan buz kasetleri 220 ve 400 gr lık olup, Arçelik (NF 90) marka soğutucunun derin dondurucu kısmında - 24 °C'de muhafaza edilmişlerdir. Laboratuara getirilen su örneklerinin sıcaklıkları kontrol edilmiş, + 4 °C'yi geçemedikleri ve 48 saate kadar bu durumlarını muhafaza ettikleri anlaşılmıştır.

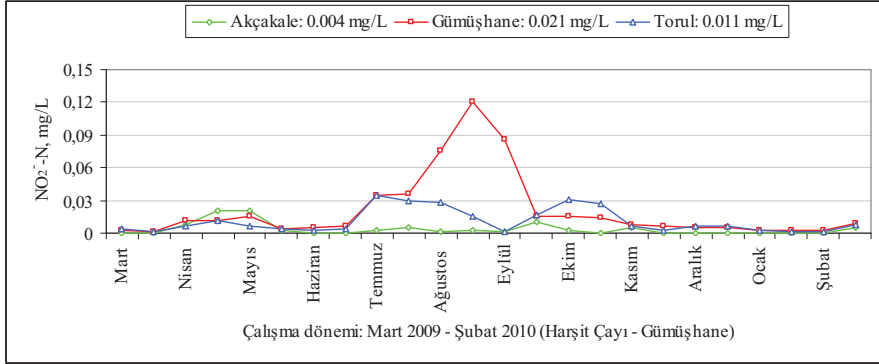
Yüzeysel ham su örneklerinin laboratuarda çeşitli parametreler için analiz edilmesinden önce filtre edilmesi gerekmektedir. Filtrasyon işlemi için 47 mm çaplı süzme haznesine sahip Sartorius marka vakumlu filtrasyon seti ve gözenek büyüklüğü 0.45 µm olan 47 mm çaplı selüloz nitrat filtreler kullanılmıştır. Yüzeysel ham su örnekleri filtre edildikten sonra Alman menşeli Dr. Lange Cadas 200 marka spektrofotometre ve ilgili küvet testler (kit) kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan küvet testlerle ilgili bilgiler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan Dr. Lange Küvet Testler

Parametre		Kod No	Ölçüm Aralığı (mg/L)	pH Aralığı	Sıcaklık Aralığı (°C)
NO ₂ ⁻ -N	mg/L	LCK 541	0.0015 - 0.03	3 - 10	15 - 25
NO ₃ ⁻ -N	mg/L	LCK 339	0.23 - 13.50	3 - 10	20 - 24
NH ₄ ⁺ -N	mg/L	LCK 304	0.015 - 2.0	4 - 9	20
TN	mg/L	LCK 138	1 - 16	3 - 12	15 - 25
PO ₄ ³⁻ -P	mg/L	LCK 349	0.05 - 1.50	2 - 10	15 - 25
MBAS	mg/L	LCK 332	0.2 - 2.0	4 - 9	22
KOI	mg/L	LCK 414	5 - 60		

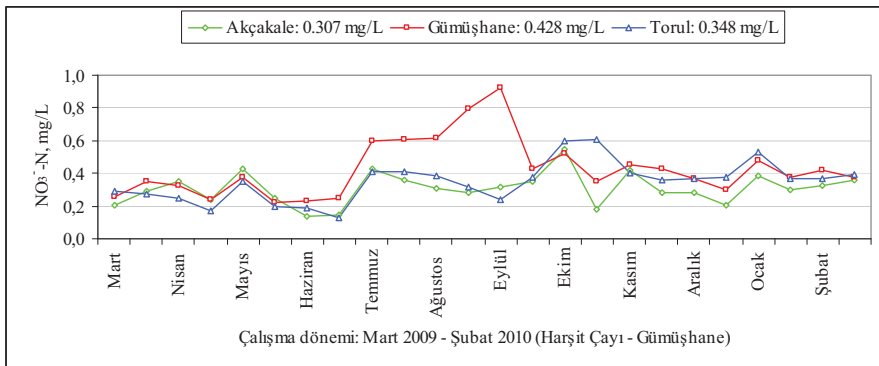
3. BULGULAR

Nitrit azotu konsantrasyonu Şekil 5'te görüldüğü üzere membadan mansaba her bir istasyon için sırasıyla 0.000-0.021 mg/L, 0.001-0.121 mg/L ve 0.001-0.035 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değerler 0.004, 0.021 ve 0.011 mg/L olarak belirlenmiştir. İstasyonlar içinde en yüksek konsantrasyon değeri ile öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı Gümüşhane istasyonunda karşılaşılmıştır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde akarsuyun debisindeki azalma sonucunda değerlerde büyük artışlar gözlemlenmiştir.



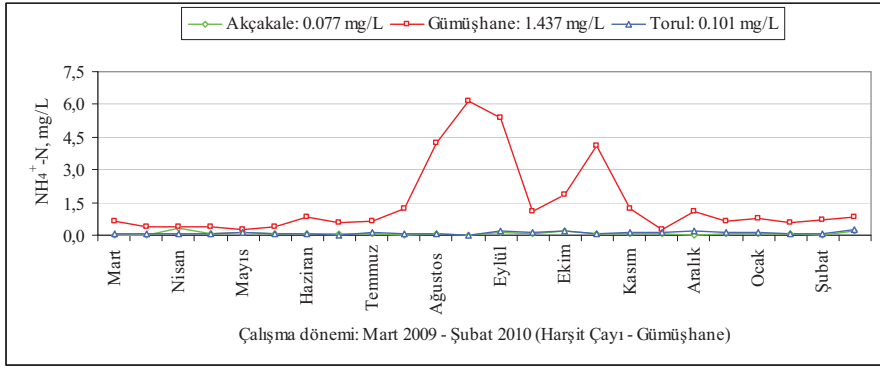
Şekil 5. Nitrit azotunun (mg/L) her bir istasyon için yıl boyu değişimi

Nitrat azotu konsantrasyonu Şekil 6'da görüldüğü üzere membadan mansaba her bir istasyon için sırasıyla 0.140-0.545 mg/L, 0.221-0.920 mg/L ve 0.131-0.603 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değerler 0.307, 0.428 ve 0.348 mg/L olarak belirlenmiştir. İstasyonlar içinde en yüksek konsantrasyon değeri ile öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı Gümüşhane istasyonunda karşılaşılmıştır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde akarsuyun debisindeki azalma sonucunda değerlerde büyük artışlar gözlemlenmiştir.



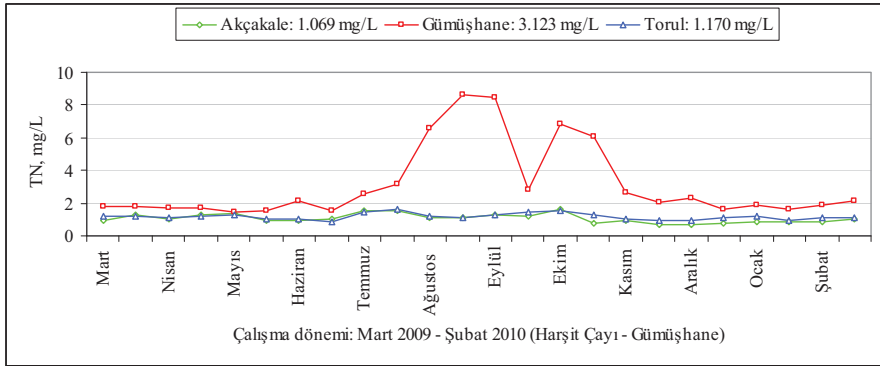
Şekil 6. Nitrat azotunun (mg/L) her bir istasyon için yıl boyu değişimi

Amonyum azotu konsantrasyonu membadan mansaba her bir istasyon için sırasıyla 0.005-0.305 mg/L, 0.233-5.381 mg/L ve 0.032-0.242 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değerler 0.077, 1.437 ve 0.101 mg/L olarak belirlenmiştir. İstasyonlar içinde en yüksek konsantrasyon değeri ile öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı Gümüşhane istasyonunda karşılaşılmıştır (Şekil 7). Özellikle yaz ve sonbahar mevsimlerinde azalan debinin de etkisiyle değerler, SKKKY’de III. sınıf su kalitesi için izin verilen 2 mg/L’lik sınır değeri de oldukça aşmış ve Harşit Çayı bu noktada çok kirlenmiş su sınıfına girmiştir.



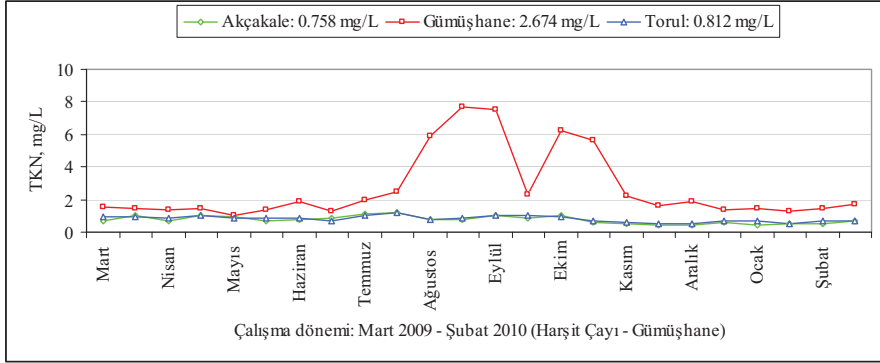
Şekil 7. Amonyum azotunun (mg/L) her bir istasyon için yıl boyu değişimi

Toplam azot konsantrasyonu membadan mansaba her bir istasyon için sırasıyla 0.700-1.610 mg/L, 1.460-8.600 mg/L ve 0.830-1.610 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değerler 1.069, 3.123 ve 1.170 mg/L olarak belirlenmiştir. İstasyonlar içinde en yüksek konsantrasyon değeri ile öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı Gümüşhane istasyonunda karşılaşılmıştır (Şekil 8). Özellikle yaz ve sonbahar mevsimlerinde azalan debinin de etkisiyle değerler oldukça artmıştır. Elde edilen değerler su kalitesi bakımından bir değerlendirmeye tabi tutulamamış, fakat toplam kjeldahl azotu hesabında kullanılmıştır. Toplam azot konsantrasyonu değerlerinden nitrit azotu ve nitrat azotu çıkartılarak hesap yapılmıştır.



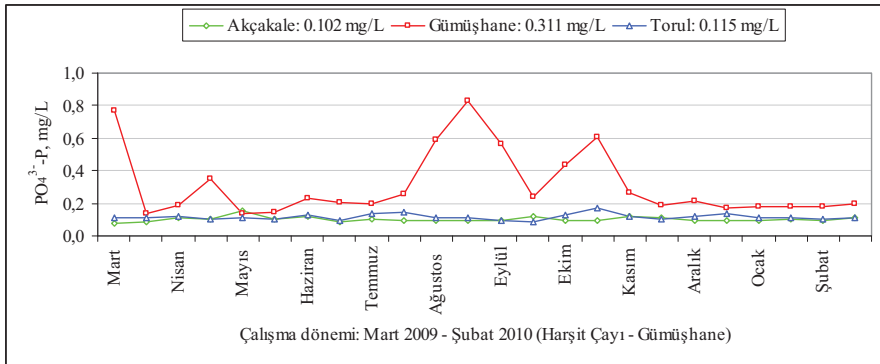
Şekil 8. Toplam azotunun (mg/L) her bir istasyon için yıl boyu değişimi

Toplam kjeldahl azotu konsantrasyonu mambadan mansaba her bir istasyon için sırasıyla 0.418-1.203 mg/L, 1.068-7.681 mg/L ve 0.531-1.174 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değerler 0.758, 2.674 ve 0.812 mg/L olarak belirlenmiştir. İstasyonlar içinde en yüksek konsantrasyon değeri ile öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı Gümüşhane istasyonunda karşılaşılmıştır (Şekil 9). Özellikle yaz ve sonbahar mevsimlerinde azalan debinin de etkisiyle değerler, SKKKY'de III. sınıf su kalitesi için izin verilen 5 mg/L'lik sınır değeri de zaman zaman aşmış ve Harşit Çayı bu noktada kirlenmiş su sınıfına girmiştir.



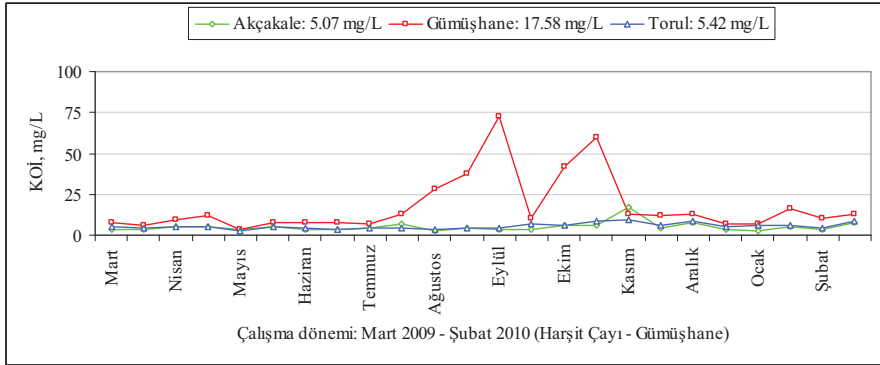
Şekil 9. Toplam kjeldahl azotunun (mg/L) her bir istasyon için yıl boyu değişimi

Orto-fosfat fosforu konsantrasyonu mambadan mansaba her bir istasyon için sırasıyla 0.075-0.156 mg/L, 0.133-0.827 mg/L ve 0.089-0.167 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değerler 0.102, 0.311 ve 0.115 mg/L olarak belirlenmiştir. İstasyonlar içinde en yüksek konsantrasyon değeri ile öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı Gümüşhane istasyonunda karşılaşılmıştır (Şekil 10). SKKY'de orto-fosfat fosforu için bir değerlendirme yapılmasa da toplam fosfor için I. sınıf su kalitesinde 0.020 mg/L ve II. sınıf su kalitesinde ise 0.160 mg/L'ye kadar izin verilebilmektedir. Toplam fosforun bir kısmını oluşturan orto-fosfat fosforu dahi öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı Gümüşhane istasyonunda bu değeri de oldukça aşmıştır.



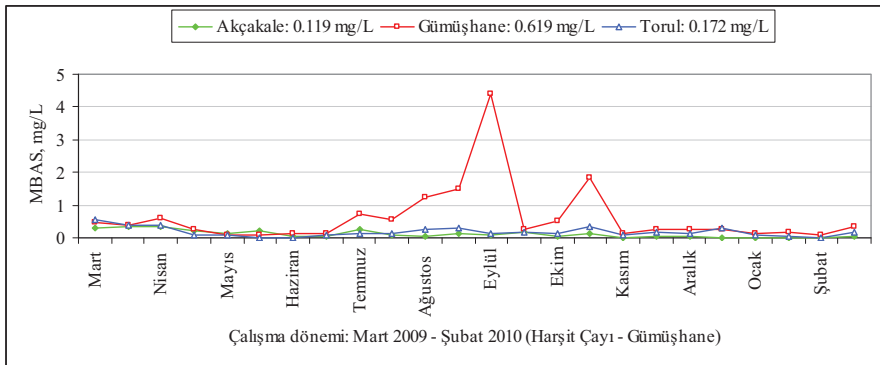
Şekil 10. Orto-fosfat fosforunun (mg/L) her bir istasyon için yıl boyu değişimi

Kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu membadan mansaba her bir istasyon için sırasıyla 2.48-17.2 mg/L, 3.27-72.4 mg/L ve 2.68-9.16 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değerler 5.07, 17.58 ve 5.42 mg/L olarak belirlenmiştir. İstasyonlar içinde en yüksek konsantrasyon değeri ile öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı Gümüşhane istasyonunda karşılaşılmıştır (Şekil 11). SKKY’de I. sınıf su kalitesi için izin verilen KOİ değeri 25 mg/L olup, sadece atıksu deşarjı yapılan Gümüşhane istasyonunda ve de 11, 12, 13, 15 ve 16. çalışmalarda aşılmıştır. İlgili çalışmaların yaz ve sonbahar aylarına denk gelmesi akarsu debisinin azalması sonucunda yeterli seyreltmeyi yapamamasıdır.



Şekil 11. Kimyasal oksijen ihtiyacının (mg/L) her bir istasyon için yıl boyu değişimi

Anyonik deterjan konsantrasyonu membadan mansaba her bir istasyon için sırasıyla 0.000-0.361 mg/L, 0.082-4.410 mg/L ve 0.000-0.557 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değerler 0.119, 0.619 ve 0.172 mg/L olarak belirlenmiştir. İstasyonlar içinde en yüksek konsantrasyon değeri ile öncesinde atıksu deşarjının yapıldığı Gümüşhane istasyonunda karşılaşılmıştır (Şekil 12). Bu değer aynı istasyon için sonbahar mevsiminde en yüksek değere ulaşarak SKKY’de III. sınıf su kalitesi için izin verilen 1 mg/L’lik değeri de aşmış ve Harşit Çayı bu noktada çok kirlenmiş su sınıfına girmiştir.



Şekil 12. Anyonik deterjanın (mg/L) her bir istasyon için yıl boyu değişimi

Çalışma kapsamında incelenen su kalitesi parametreleri için elde edilen değerlerin mevsimsel ortalamaları dikkate alınarak Harşit Çayı yüzeysel suyunun SKKY'göre her bir istasyon için sınıflandırması Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. Harşit Çayı'nın her bir istasyon için SKKY'ye göre mevsimsel sınıflandırılması

Parametre	İLKBAHAR			YAZ			SONBAHAR			KIŞ		
	1. İ.	2. İ.	3. İ.	1. İ.	2. İ.	3. İ.	1. İ.	2. İ.	3. İ.	1. İ.	2. İ.	3. İ.
NO ₂ ⁻ -N	**	**	**	*	***	***	**	***	***	*	**	**
NO ₃ ⁻ -N	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
NH ₄ ⁺ -N	*	**	*	*	****	*	*	****	*	*	**	*
TKN	**	**	**	**	***	**	**	***	**	**	***	**
PO ₄ ³⁻ -P	**	***	**	**	***	***	**	***	**	**	***	**
MBAS	***	***	***	**	***	**	**	****	**	*	***	**
KOI	*	*	*	*	*	*	*	**	*	*	*	*

* : I. sınıf su kalitesi
 ** : II. sınıf su kalitesi
 *** : III. sınıf su kalitesi
 **** : IV. sınıf su kalitesi

Buraya kadar elde edilen değerler sadece SKKY'ye göre değerlendirilmiştir. İTASHY (2005) ve TS 266 (2005)' e göre bir değerlendirme yapıldığında şunlar söylenebilir:

Nitrit için gerek İTASHY'de gerekse TS 266'da Sınıf 2 Tip 2 için en çok 0.5 mg/L'ye kadar müsaade edilmekte bu da 0.15 mg/L nitrit azotuna karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, Harşit Çayı'nın her bir istasyonda bu değeri aşmadığı tespit edilmiştir.

Nitrat için yine İTASHY ve TS 266'da Sınıf 2 Tip 2 için en çok 50 mg/L'ye kadar izin verilmekte bu da 11.3 mg/L nitrat azotuna karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, Harşit Çayı'nın her bir istasyonda bu değerin çok altında bir değere sahip olduğu anlaşılmıştır.

Amonyum için ise hem İTASHY hem de TS 266'da Sınıf 2 Tip 2 için en çok 0.5 mg/L'ye kadar müsaade edilmekte bu da 0.39 mg/L amonyum azotuna karşılık gelmektedir. Dolayısıyla, Harşit Çayı Akçakale ve Torul istasyonlarında bu şartı sağlayabilmiş, fakat Gümüşhane istasyonunda bu değeri oldukça aşmıştır.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Gümüşhane şehri içme ve kullanma suyu temininde yaralanılan keson kuyuların olduğu, Harşit Çayı ana kol boyunca seçilen istasyonlardan ilkinin bulunduğu Akçakale bölümünde, Harşit Çayı'nın SKKY'ye göre nitrat azotu, amonyum azotu ve kimyasal oksijen ihtiyacı bakımından I. Sınıf su kalitesine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, Akçakale bölümüne ginceye kadar yol boyunca içinden geçtiği, küçük de olsalar Kale,

Arzular ve Tekke gibi yerleşim birimlerinden gelen evsel atıksuları bünyesine aldığı için Harşit Çayı yüzeysel su kalitesi, nitrit azotu (ilkbahar ve sonbahar aylarında), toplam kjeldahl azotu, ortofosfat fosforu ve anyonik deterjan içeriği (yaz ve sonbahar aylarında) bakımından bir miktar kirlendiği ve II. sınıf su kalitesine sahip olduğu anlaşılmıştır.

Gümüşhane şehrinden gelen evsel atıksuların Harşit Çayı'na deşarj edilmesinden dolayı bir önceki istasyonda elde edilen değerlere kıyasla yıllık ortalama bazda, yüzeysel sudaki mevcut nitrit azotu konsantrasyonunda % 472, nitrat azotunda % 40, amonyum azotunda % 1,759, toplam kjeldahl azotunda % 253, toplam azotta % 192, ortofosfat fosforunda % 175, anyonik deterjanda % 418 ve kimyasal oksijen ihtiyacında % 247'lik artışlar ortaya çıkmıştır. Bu artışların sonucunda, ikinci istasyon tüm istasyonların içinde en kirli nokta olarak karşımızda durmaktadır. Özellikle akarsu debisinin azaldığı yaz ve sonbahar mevsimlerinde bu artışlar dikkat çekmektedir.

Gümüşhane şehrinden gelen atıksuları bünyesine alan Harşit Çayı, gerek atıksu deşarjının yapılmadığı Korum ve İkisu gibi yan kolların katılımı ile ana kolda gerçekleşen sevreleme gerekse kendi kendini temizleme özelliği sayesinde, öncesinde atıksu deşarjı yapılan istasyonda elde edilen değerlere kıyasla yıllık ortalama bazda, yüzeysel sudaki mevcut nitrit azotu konsantrasyonunda % 48, nitrat azotunda % 19, amonyum azotunda % 93, kjeldahl azotunda % 70, toplam azotta % 63, ortofosfat fosforunda % 48, anyonik deterjanda % 72 ve kimyasal oksijen ihtiyacında % 69'luk bir azalma gerçekleşmiştir.

Havzadaki yerleşim birimlerinin içme ve kullanma suyu ihtiyacı akarsuların kenarlarında açılan keson kuyulardan temin edilmektedir. Bilindiği kadarıyla da keson kuyulardan elde edilen sular hiçbir arıtmaya tabi tutulmadan sadece klorlanarak tüketiciye ulaştırılmaktadır. Mevcut sularla akarsuyun yüzeysel su kalitesi arasındaki ilişki hakkında bir bilgi bulunmamaktadır. Bundan dolayı ileride gerçekleştirilmesi muhtemel çalışmalarda bu durum göz önüne alınarak keson kuyuların su kalitesinin de ayrıca takip edilmesi önerilmektedir.

Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı 2010 yılı verilerine göre Harşit Çayı Havzası'ndaki yerleşim birimlerinden sadece Gümüşhane'nin toplam nüfusu 129,618'dir. Bu nüfusun % 47.2'si de şehir merkezlerinde yaşamakta ve üretilen atık sular da hiçbir işleme tabi tutulmadan doğrudan akarsulara verilmektedir. Gümüşhane'de üretilen atık suların uzaklaştırılmasında alıcı ortam olarak Harşit Çayı'nın kullanılması sonucunda Harşit Çayı yüzeysel su kalitesine olan etkileri bu çalışma kapsamında incelenmiş, fakat atık suyun gerek miktarı gerekse kirlilik yükü hakkında bir çalışma yapılamamıştır. Bu durum göz önüne alınarak planlanacak bir çalışmada, en azından bir yıl boyunca düzenli aralıklarla, özellikle Gümüşhane atık sularının miktarı (sabah, öğle ve akşam) ve kirlilik durumu hakkında bir çalışma yapılması önerilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda mevcut atık suların arıtımı için bir tesis planlanmalıdır. Her ne kadar akarsular kendi kendini temizleme kabiliyetine sahip olsalar da mevcut kirlilik yüklerini ortadan kaldırmaları mümkün değildir. Dolayısıyla da bir noktadan deşarj edilen kirli sular bir sonraki yerleşim biriminin su kalitesini olumsuz şekilde etkilemekte ve yüzeysel suyu kullanılamaz hale getirebilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2007.118.01.2 Kod No'lu proje ile desteklenmiştir. Çalışmaya

desteklerinden dolayı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi, aynı zamanda Mühendislik Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Alemdar BAYRAKTAR Beyefendi'ye de ayrıca teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] R. İleri, 2000, “Çevre Biyoteknolojisi”, Değişim Yayınları, Adapazarı.
- [2] T.C. Resmi Gazete, 2004, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, Başbakanlık Basımevi 25687.
- [3] TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Haber Bülteni, Belediye Atıksu İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=6238> 01 Mayıs 2011.
- [4] S.S. Nas, F. Saka, A. Bayram, 2005, “Harşit Çayında Çözünmüş Oksijen Profilinin Mevsimsel Değişimi”, 4. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye, 149-158.
- [5] S.S. Nas, A. Bayram, 2007, “İçme Suyu ve Kanalizasyon Yönünden Gümüşhane Altyapı Sorunları”, 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Antakya-Hatay, Türkiye, 77-86.
- [6] T.C. Resmi Gazete, 2005, “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”, Başbakanlık Basımevi 25730.
- [7] TS 266, 2005, “Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, Türk Standartları Enstitüsü”, Ankara.
- [8] Gümüşhane Valiliği, 1999, “Cumhuriyetin 75. Yılında Gümüşhane”.
- [9] A. Bayram, 2004, “Gümüşhane Merkez Katı Atık Özelliklerinin Belirlenmesi ve Uzaklaştırma Yöntemlerine Uygulanabilirliğinin İncelenmesi” Y. Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- [10] TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı. http://report.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2=&ENVID=adnksdb2Env&report=idari_yapi_09sonrasi.RDF&p_il1=29&p_yil=2010&p_dil=1&desformat=html 01 Mayıs 2011.
- [11] R. Özey, 1990, “Gümüşhane ve Çevresindeki Kırsal Yerleşmelerin Başlıca Coğrafi Sorunları ve Çözüm Yolları”, Geçmişte ve Günümüzde Gümüşhane Sempozyumu, Gümüşhane, Türkiye, 307-383.
- [12] İ. Kocaman, 1994, “Harşit Çayı Havzasında Yağış-Akış Karakteristikleri İle Erozyon ve Sediment Sorunlarının Araştırılması”, Y. Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ.
- [13] A. Bayram, M. Kankal, H. Onsoy, V.N. Bulut, 2010, “Harşit Çayı Hidrolik Yapılarının Askı Madde Hareketine Etkileri”, VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, Denizli, Türkiye, 873-882.
- [14] A. Bayram, H. Onsoy, G. Akinci, V.N. Bulut, 2011a, “Variation of Total Organic Carbon Content Along the Stream Harsit, Eastern Black Sea Basin, Turkey”, Environmental Monitoring and Assessment, DOI: 10.1007/s10661-010-1860-2.
- [15] A. Bayram, H. Onsoy, V.N. Bulut, M. Tufekci, A. Akpınar, 2011b, “Effects of the Wastewaters on the Stream Water Quality in the City of Gumushane”, 4th International Conference on Water Resources and Sustainable Development, Algiers-Algeria, 167-173.
- [16] A. Bayram, H. Onsoy, M.I. Kömürcü, V.N. Bulut, 2011c, “Effects of Torul Dam on Water Quality in the Stream Harsit, NE Turkey”, Environmental Earth Science, DOI:10.1007/s12665-011-1118-5.
- [17] A.E. Greenberg, L.S. Clesceri, A.D. Eaton, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 18th ed., APHA, AWWA, WEF, Washington, D.C., 1992.

OTELLERDE KİŞİ BAŞI GÜNLÜK SU TÜKETİM DEĞERLERİNİN BÖLGESEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ali COŞAR ve Tuba BOSTAN

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fak., İnşaat Müh. Böl. Hidrolik Anabilim Dalı, İstanbul-
TÜRKİYE

cosar@yildiz.edu.tr, bostan@yildiz.edu.tr

ÖZET

İçme suyu ve kullanma suyu projelendirmelerinde evsel tüketim, sanayi tüketimi, kültürel su kullanımı ve turizm su kullanımı adı altında farklı su kullanım alanları mevcuttur. Bu kullanım alanları için projelendirmede değişik kullanım miktarları göz önüne alınır.

Bunun dışında yerleşim yerlerinin iklimine, nüfus yoğunluğuna ve sosyo-ekonomik durumlarına göre nüfus başına ortalama günlük tüketim 60-250 l/N.G arasında değişim göstermektedir.

Bu çalışmada, oteller için projelendirme kriteri olarak göz önüne alınan 100-250 l/N.G arasında değişen su tüketim miktarının ne oranda gerçeğe yakın olduğu araştırılmıştır. Bu değerler bazı turistik tesisler için literatürde 400 lt/N.G değerine kadar alınabilmektedir. Bu tüketim değeri ülkemizde ve diğer birçok ülkede içme suyu hatları projelendirilirken proje değeri olarak alınmaktadır.

Çalışma sonucunda, bölgedeki otellerde yıldız sayısı arttıkça ortalama günlük su tüketim değerlerinin arttığı, bu değerlerin yaz sezonlarında 1100 l/N.G değerine kadar yükseldiği, şehir dışı otellerde sosyal tesisler fazla ve sulama alanları büyük olduğundan şehir içi otellere göre daha büyük su tüketim değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su tüketimi, İçme suyu, Oteller

GİRİŞ

1. Su İhtiyaçları:

Su getirme tesislerini projelendirmek için mevcut ve gelecekteki su tüketimlerinin bilinmesi gereklidir. Bir şehrin su tüketimi kullanıcıların doğal yapısına göre sınıflandırılırlar. Su tüketimleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (3):

Evsel su tüketimleri: Konutların içme, kullanma, temizlik, araba ve bahçe sulama gibi ihtiyaçlarını kapsar. Tüketicilerin sosyo-ekonomik durumuna göre 75-380 l/N.G civarındadır.

Diğer su tüketimleri: Özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu kırsal yerleşimlerde küçük ve büyükbaş hayvanların ihtiyaçlarını kapsar.

Ticari ve endüstriyel su tüketimleri: Fabrika, büro ve depo gibi ticari ve endüstriyel tesislerin ihtiyaçlarını içerir. Bu tesislerin su tüketimlerini şehir şebekesinden temin edip etmeyeceğine göre şehir su temini sistemlerine önemli derecede etki ederler. Bu tüketimlerin miktarı evsel ihtiyaçların %200'ne kadar çıkabilir.

Resmi kurumların su tüketimleri: Okulların, itfaiye kurumunun ve belediye hizmetlerinin (Cadde yıkama, sokak çeşmeleri, park ve bahçe sulaması vs.) ihtiyaçlarını kapsar.

Su sistemindeki kaçak ve kayıplar: Bunlar fatura edilemeyen kaçak kullanım ve su şebekesinden sızıntılar şeklinde görülürler.

Su tüketim miktarı nüfusa, birim nüfusun ihtiyacına, sanayi tesislerinin de çeşit ve büyüklüğüne bağlıdır. Birim nüfus tüketimleri; yerleşimin iklim özellikleri, suyun kalitesi, halkın sosyo-ekonomik ve kültürel yapısı, kanalizasyon sisteminin durumu, özel su tesislerinin varlığı, su sayaçlarının ölçüm şekli, su şebekesindeki basınç durumu, sistemin işletme tarzı, fiyat politikası vs. faktörlerden etkilenirler.

2. Su Tüketimleri:

Kişi başına düşen su tüketimleri mevsimlik, günlük ve hatta saatlik değişim gösterir. Bir insanın bir yılda harcadığı toplam su miktarı 365'e bölünürse ortalama günlük tüketim (q_{ort}) elde edilir ve litre/kişi.gün (l/N.G) cinsinden ifade edilir. En sıcak mevsimin en sıcak gününde bir kişi tarafından harcanan su miktarına ise maksimum günlük su tüketimi denilir ve q_{max} olarak gösterilir. En sıcak ayın en sıcak gününün en çok su kullanılan (örneğin öğleyin) saatine göre hesaplanan günlük su tüketimine ise maksimum saatlik tüketim denir ve $maxq_{max}$ olarak gösterilir. Yurdumuzda yapılan projelerde maksimum günlük tüketim ortalama sarfiyatın 1.5 katı, maksimum saatlik tüketim de maksimum günlük sarfiyatın 1.5 katı olarak dikkate alınır (6, 7). Yurdumuzda kabul edilen kişi başı günlük maksimum su tüketimleri Çizelge 1 ve çeşitli birimler için birim üretim başına su tüketimleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Maksimum Su Tüketimleri (4)

Nüfus	Mak. Tüketim q _{max} (l/N.G)
<3000	60
3001-5000	60-70
5001-10000	70-80
10001-30000	80-100
30001-50000	100-120
50001-100000	120-170
>100000	İdarenin takdirine bağlı

Çizelge 2. Çeşitli Birimlerde Su Tüketimleri (4).

Okul	2 - 10	l/gün/ öğrenci
Kışla	50 - 150	l/gün/ er
Kışla	60 - 100	l/gün/ at
Hastahane	250 - 600	l/gün/ hasta
Otel	100 - 250	l/gün/ müşteri
Yüzme havuzları	500	l/gün/ m ²
Mezbaha	300 - 400	l/gün/ büyük baş hayvan
Mezbaha	150 - 300	l/gün/ küçük baş hayvan
Pazar yerleri	3 - 5	l/gün/ m ²
İstasyonlar	6000 - 22000	l/gün/ lokomotif
Binek oto temizlemeciler	200 - 300	l/gün/ oto
Kamyon temizlemeciler	50 - 150	l/gün/ kamyon
Hamamlar	300 - 350	l/gün/ banyo
Çamaşırhaneler	40 - 80	l/gün/ 100 kg çamaşır
Yün tekstil	1000	l/gün/ 1 kg yün
Şeker end.	1500	l/gün/ 100 kg pancar
Şeker end.	100 - 150	l/gün/ 1 kg şeker
İnşaatlarda	750 -	l/gün/ 1000 ad. Tuğla örme
Beton yapımında	120 - 150	l/gün/ m ³
Bahçe, cadde sulanmasında	1,5 - 2	l/gün/ m ²
Tabakhanelerde	1000 - 3000	l/gün/ deri

Şehrin nüfusu arttıkça saatlik tüketimdeki salınımlar azalır. Haftanın günlerine göre de su tüketimleri değişiklik gösterir. Bu değişimde gelenek, görenek, turizm ve endüstrinin çalışma mevsimleri rol oynar. Buna göre evsel su tüketimi;

$$Q_{iht} = \frac{q_{mak} N}{86400} \quad (l/sn) \quad (1)$$

olarak verilmektedir (5). Büyük şehirlerde gerek yoksa da köy ve küçük kasabalarda hayvan su ihtiyacı önemli miktarda tuttuğundan onun da ayrıca hesaba sokulması gerekir. Bölgenin toplam su ihtiyacı aşağıdaki formülle hesaplanabilir;

$$Q_{TOP} = Q_{iht} + Q_{sanayi} + Q_{dig} \quad (l/sn) \quad (2)$$

3. Su Tüketimindeki Salınımalar:

Senelik Salınımalar: Genellikle iklim şartları ile ilgilidir. Serin ve yağışlı senelerde toplam tüketim daha az, sıcak senelerde ise daha fazladır.

Aylık Salınımalar: Bunlar hava şartları, turist akımı, fabrikaların sezonluk çalışma durumu vs. ile alakalıdır.

Günlük Salınımalar: Günlük salınımlar oldukça farklıdır. Pazar günleri en düşük, diğer günler ise oldukça düzensizdir. Fakat, tesislerin boyutlandırılması için önemlidir. Genel olarak maksimum su tüketimi Mayıs sonu ile Ağustos ortasında meydana gelir. Yaklaşık olarak maksimum günlük su tüketimi ortalama günlük tüketimin 1.3~2.0 katı arasında değişir.

Saatlik Salınımalar: Burada 0-6 saatleri arası en az su tüketilen zaman aralığıdır. 6-18 saatleri arasında günlük suyun büyük bir kısmı tüketilir. Gece yarısına kadar da tüketim tedricen azalır. Maksimum saatlik su tüketimi, ortalama günlük tüketimin 1.5-2.4 katı kadardır. Küçük yerleşim bölgelerinde bu salınım daha kuvvetlidir. Çünkü, halkın çoğunun sosyo-ekonomik ve kültürel yapısı aynıdır. Hep aynı saatlerde su kullanılır.

TURİSTİK OTELLERDE SU TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ

Otellerdeki kişi başı temiz su tüketim miktarlarının tespiti için çalışma bölgesi olarak Antalya ili seçilmiş ve bu bölgede bulunan değişik büyüklüklerde, farklı yıldız kategorilerine sahip yaklaşık 160 otel, motel, pansiyon ve tatil köyü göz önüne alınmıştır (1). Bu turistik tesislerin son iki yıla ait aylık su tüketim değerleri Antalya Sular İdaresinden alınan fatura tüketimlerinden belirlenmiştir (2). Bu aylık su tüketim değerlerine göre otellerin doluluk oranlarına bağlı olarak kişi başı günlük ortalama su tüketimleri belirlenmiştir.

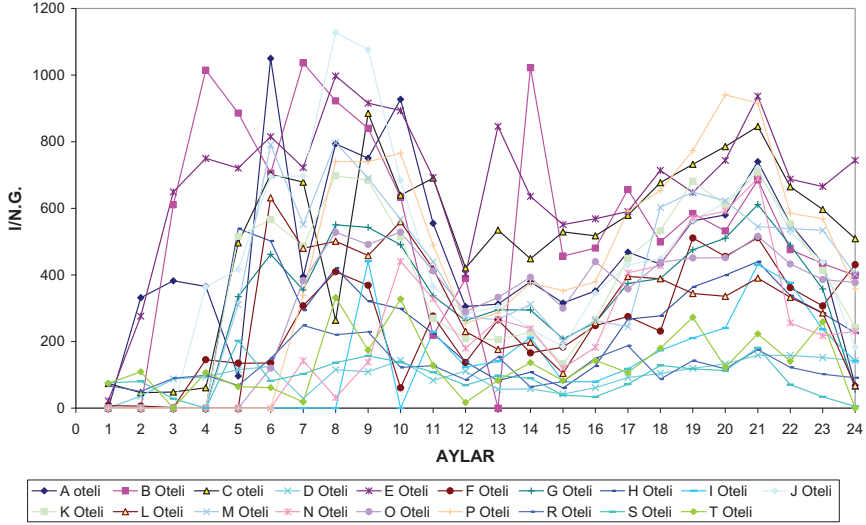
Beş yıldızlı otellerde yaz aylarında normal olarak ortalama kişi başı günlük su tüketimi 500-600 l/N.G. olmaktadır (Şekil 1). Bu miktar otelin özelliklerine göre değişim göstermektedir. Otellerdeki lokanta sayısına, yatak sayısına, doluluk oranına, hamam-sauna mevcudiyetine, havuz adedine ve çalışan personel sayısına bağlı olarak ortalama kişi başı günlük su tüketimi değişim göstermektedir.

Yaz aylarında 500-600 l/N.G'lık ortalama kişi başı günlük su tüketim miktarı yukarıdaki değerlere bağlı olarak 1100 l/N.G değerine kadar çıktığı, bazı aylarda da 50 l/N.G değerine kadar da indiği grafiklerden görülmektedir.

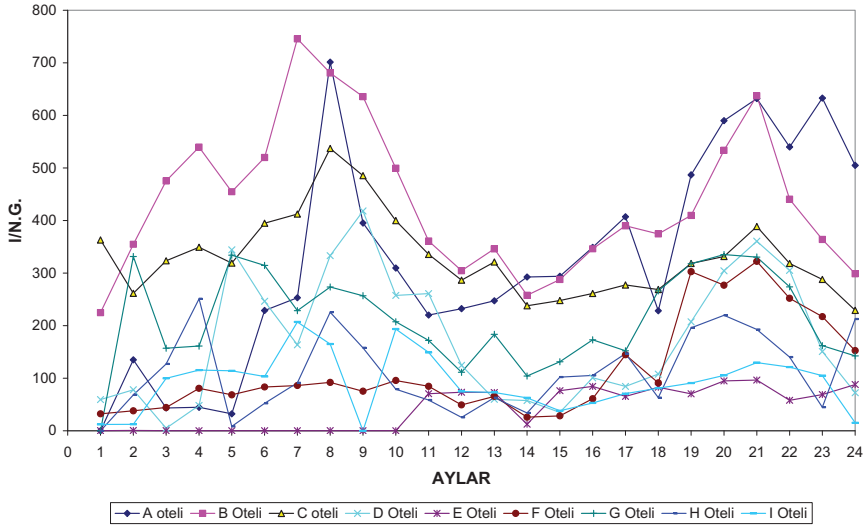
Yaz aylarının dışında da, ilkbahar ve sonbahar aylarında yaz aylarındaki su kullanım değerlerine yakın değerler görülmektedir. Bahar aylarındaki ortalama kişi başı günlük su tüketimi değerlerinin yaz aylarındakine yakın olmasının en önemli nedeni Antalya ilinin coğrafi konumundan kaynaklanmaktadır. Bu bölgede iklimin bahar aylarında yumuşak olması, hava sıcaklığının yüksek olması otellerin doluluk oranını artırmakta ve ortalama kişi başı günlük su tüketimi de buna bağlı olarak artmaktadır.

Kış aylarında ortalama kişi başı günlük su tüketimin yüksek olduğu değerler o otellerin o aylar için doluluk oranının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Kış aylarında oteller

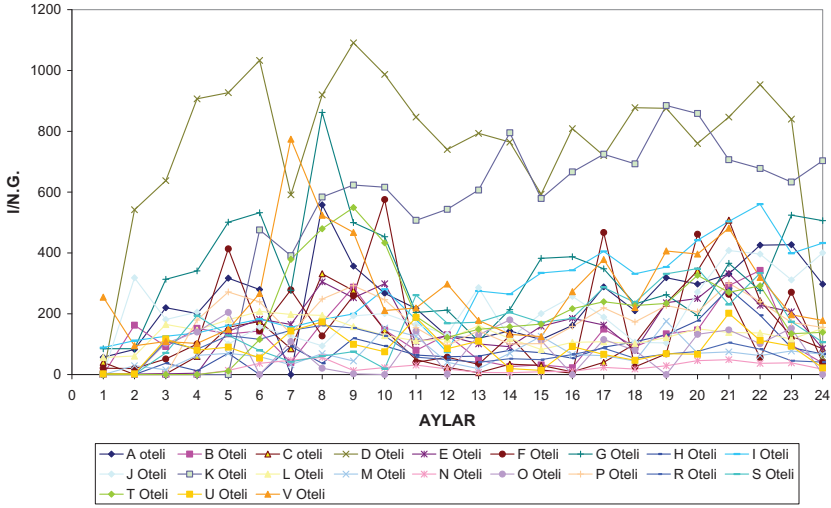
firma toplantıları ve bayram tatilleri ve özel günler için çalıştıklarından ortalama kişi başı günlük su tüketimi yüksek olmaktadır.



Dört yıldızlı otellerde ise ortalama kişi başı günlük su tüketimi yaz ayları için 50-700 l/N.G. aralığında değişim göstermektedir (Şekil 2). Turizm sezonu göz önüne alındığında ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerinin 50-400 l/N.G. aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

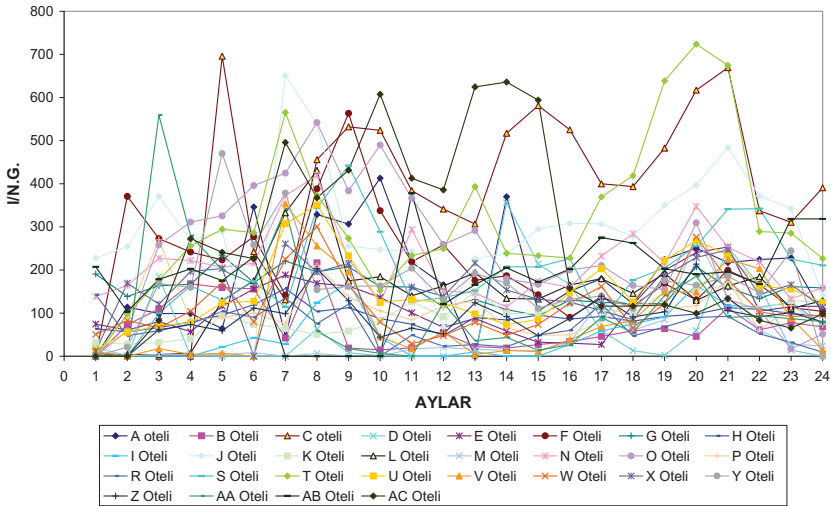


Üç yıldızlı otellerde ortalama kişi başı günlük su tüketim değerleri 20-500 l/N.G aralığında değişim göstermektedir (Şekil 3). Göz önüne alınan 2 tesis için su tüketim değerlerinin çok yüksek olduğu ve tüketim değerlerinin 600-1100 l/N.G değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Diğer tüm tesislerde tüketim değerleri 20-500 l/N.G aralığında kalmaktadır.



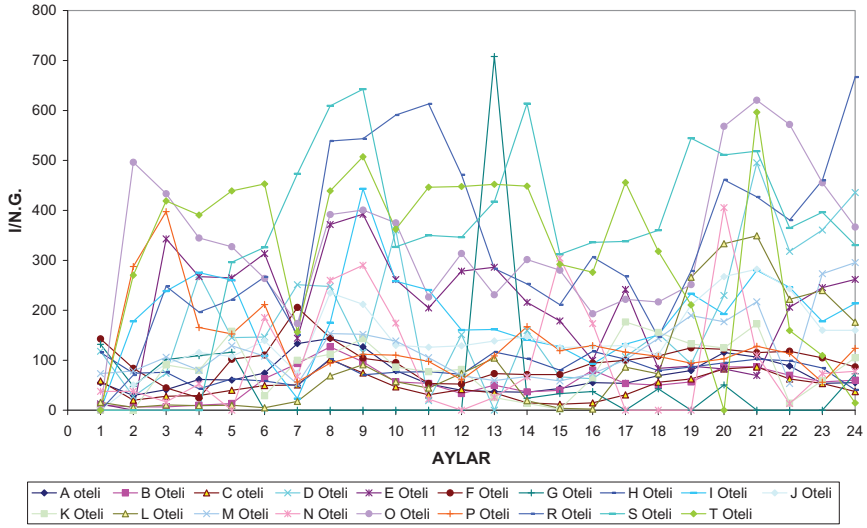
Şekil 3. 3 Yıldızlı Otellerin Aylık Su Tüketimleri

İki yıldızlı otellerde ortalama kişi başı günlük su tüketim değerleri 20-700 l/N.G aralığında değişim göstermektedir (Şekil 4). Genellikle tüketimlerin 20-300 l/N.G aralığında değiştiği, yaz aylarında ve tatil dönemlerindeki turistik hareketlerden dolayı tüketimlerde artış olduğu görülmektedir.



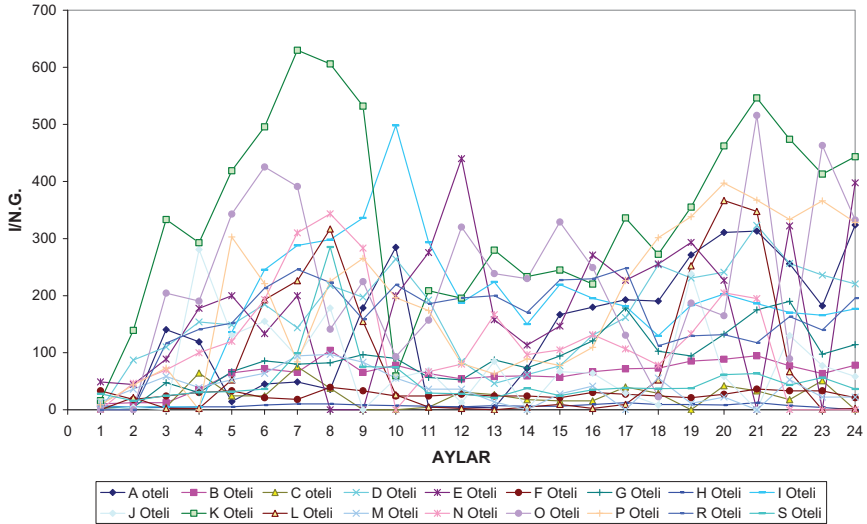
Şekil 4. 2 Yıldızlı Otellerin Aylık Su Tüketimleri

Diğer (Yıldızsız) otellerde ortalama kişi başı günlük su tüketim değerleri 20-650 l/N.G aralığında değişim göstermektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Diğer Otellerin Aylık Su Tüketimleri

Pansiyonlarda ise ortalama kişi başı günlük su tüketim değerleri 20-650 l/N.G aralığında değişim göstermektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Pansiyonların Aylık Su Tüketimleri

Grafiklerdeki bazı değerlerde meydana gelen sapmalar otellerin ortalama kişi başı günlük su tüketim değerleri belirlenirken doluluk oranlarının tam olarak bilinmemesinden ve kuyu kullanımının mevcut olup olmamasından kaynaklanmaktadır.

Bazı aylarda ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerinin çok yüksek değerlerde olmasının nedeni, otellerdeki müşteri sayısının düşük olduğu durumlarda genel kullanım alanlarındaki su tüketiminin ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerini artırdığı tahmin edilmektedir.

SONUÇ

Antalya ilinde mevcut değişik yıldız kategorilerindeki otellerin ve pansiyonların aylık su tüketim değerleri göz önüne alınarak ortalama kişi başı günlük su tüketim değerleri elde edilmiş ve bunların aylara bağlı olarak değişimleri oteller bazında ayrı ayrı grafikler halinde gösterilmiştir. Bunlara göre;

- 1) Otellerin yıldız sayıları arttıkça ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerinin yıldız sayısı yüksek olan tesislerde havuz ve su oyun alanlarının mevcut olmasından ve sulama sahalarının büyüklüğünden dolayı arttığı,
- 2) İl merkezi dışında bulunan otellerdeki ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerinin merkezde bulunan otellere göre daha fazla olduğu ve bu farklılığın şehir dışındaki tesislerde yeşil alanların sulamasından ve havuz sayısının fazlalığından kaynaklandığı,
- 3) Otellerin yatak sayıları arttıkça ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerinin arttığı,
- 4) Havuz, sauna, hamam, bahçe gibi su kullanımının olduğu otellerde ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerinin yüksek olduğu,
- 5) Ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerinin maksimum 1200 l/N.G, minimum 100 l/N.G değerleri arasında değiştiği elde edilmiştir.
- 6) Projelendirmelerde oteller için göz önüne alınacak ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerinin otellerin yıldız sayısına, içinde bulundurduğu tesislere ve bunların sayısına, şehir merkezinde bulunup bulunmamasına, sulama yapılıp yapılmamasına (yeşil alan bulunması veya bulunmaması) ve diğer özelliklerine göre ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir.

ÖNERİ:

Bu çalışmanın otellere yerleştirilecek debi ölçüm cihazları ile su tüketimlerinin saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak ölçülmesi ve bunun en az iki yıllık bir dönem için yapılması, bu ölçümler yapılırken otellerdeki mevcut kişi sayısının belirlenerek ortalama kişi başı günlük su tüketim değerlerinin belirlenmesi ve elde edilen sonuçların bu değerlere göre değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] <http://www.antalya.bel.tr>
- [2] ASAT (Antalya Su ve Atıksu Dairesi)
- [3] Kentsel Altyapı Sistemlerinin Hidroliği Ders Notları (Basılmamış), Hayrullah AĞAÇCIOĞLU, Ali COŞAR
- [4] İçme Suyu Projesine Ait Şehir ve Kasaba İçmesuyu Projelerinin hazırlanmasına ait yönetmelik, , İller Bankası,1992.
- [5] Linsley, R. K. ve diğ., Water Resources Engineering, McGraw-Hill, 1992.
- [6] Yücel, M. ve Aksoğan, S., Su Getirme-Kanalizasyon ve Suların Arıtılması, Cilt 1, Pimaş Yayınları, 1987.
- [7] Yücel, M. ve Aksoğan, S., Su Getirme-Kanalizasyon ve Suların Arıtılması, Cilt 2, Pimaş Yayınları, 1987.

ANTALYA KANALİZASYON SİSTEMİ

Necdet EROL

Antalya Büyükşehir Belediyesi Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü, Kanalizasyon Şube
Md. Antalya, necderol@hotmail.com

ÖZET

Antalya Büyükşehir Belediyesi Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü kuruluş yılından günümüze geçen yıllar içerisinde Antalya halkına hizmeti asli görev olarak bilmiştir. Antalya ilinin su kaynaklarının korunmasına, denizin bütünsel güzelliğinin bozulmamasına, doğal bir yapısı bulunan ve Antalya'yı Antalya yapan falez yapısının korunarak kanalizasyon sistemi inşa etmeye, dolayısıyla kullanılan suyu, kullanılmamış saf haline getirmeye çalışarak ilk kalitesine ulaştırmaya ve Antalya halkına olan sorumluluğunun bilincinde görevini yerine getirmeye devam etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kanalizasyon, İşletme, İmalat

1.GİRİŞ

Kullanılmış suları ve yağmur sularını toplayıp yerleşim bölgesinden uzaklaştıran sistemlere kanalizasyon sistemleri denir. İki tür kanalizasyon sistemi bulunmaktadır.

- Kanalizasyon sistemlerinde kullanılmış sular yağmur suları ile aynı kanal içerisinde beraberce taşınıyor ise, BİRLEŞİK sistem kanalizasyon şebekesi;
- Kullanılmış sular yağmur suları ile aynı kanal içerisinde beraberce taşınmıyor ise, AYRIK sistem kanalizasyon şebekesi olarak adlandırılmaktadır.

Antalya Kanalizasyon Sistemi Ayrık sistem olarak planlanmış olup, sadece kullanılmış sular kanalizasyon hatlarında toplanmakta ve bertaraf edilmektedir.

1.1 Antalya Kanalizasyon Sisteminin Tarihçesi

Antalya Büyükşehir Belediyesi Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü kuruluş yılından günümüze kadar geçen yıllar içerisinde Antalya halkına hizmeti asli görev olarak bilmiştir. Antalya ilinin su kaynaklarının korunmasına, denizin bütünsel güzelliğinin

bozulmamasına, doğal bir yapısı bulunan ve Antalya'yı Antalya yapan falez yapısının korunarak kanalizasyon sistemi inşa etmeye, dolayısıyla kullanılan suyu, kullanılmamış saf haline getirmeye çalışarak ilk kalitesine ulaştırmaya ve Antalya halkına olan sorumluluğunun bilincinde görevini yerine getirmeye devam etmektedir.



Şekil 1. Antalya Kanalizasyon Toplayıcı Hatları

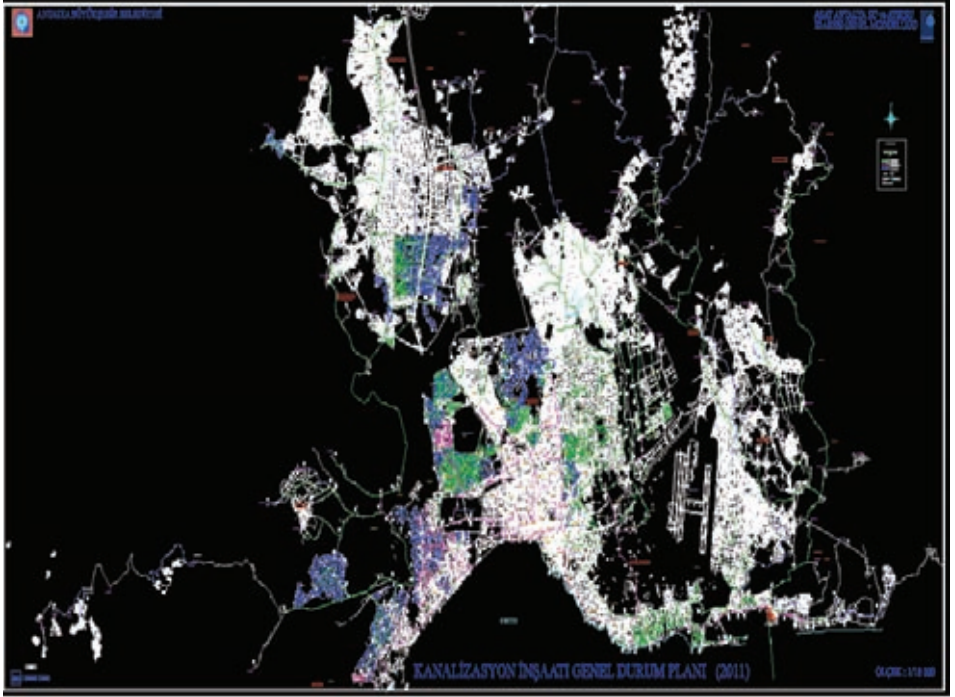
2.BULGULAR

2.1 Kanalizasyon Yatırımları

Antalya Kanalizasyon Şebekesinin yatırımı ilk olarak 1996 yılında kolektör hattı yapımı ile başlamıştır. Günümüzde kanalizasyon şebeke yatırımları devam etmektedir.

Antalya Kanalizasyon Şebekesi, Antalya ilinin sosyo ekonomik, turistik, her türlü çevresel ve meteorolojik riskleri analiz edilerek planlanmış olup, ilin fonksiyon, kapasite ve hatların yapılacağı konuma göre plan, proje ve imalat çalışmaları yapılmaktadır. Antalya İli Büyükşehir Mücavir alan sınırları içerisinde toplam 5200 km kanalizasyon hattı planlaması yapılmıştır.

Sırasıyla C25-C28-C20A-C20B-C20C-C21-C22-C200_1-İller Bankası Sözleşmesi-A41-A42-A43-A44 sözleşmeleri ile Antalya il mücavir alan sınırlarında planlanan toplam 5200 km' lik hattın %32' lik kısmının yapımı tamamlanmıştır; ki bu oran şehir merkezi değerlendirildiğinde kent nüfusunun %80' lik kısmını oluşturmaktadır. İşletmedeki kanalizasyon şebekemiz 10 yıl gibi kısa zaman içerisinde Şehir merkezi nüfusunun %72' sine hizmet verir hale gelmiştir.



Şekil 2. Antalya Kanalizasyon Projesi

2.2 İşletmedeki Kanalizasyon Hatları

Yukarıda sözü edilen oranlar ilçe bazında değerlendirilecek olursa;

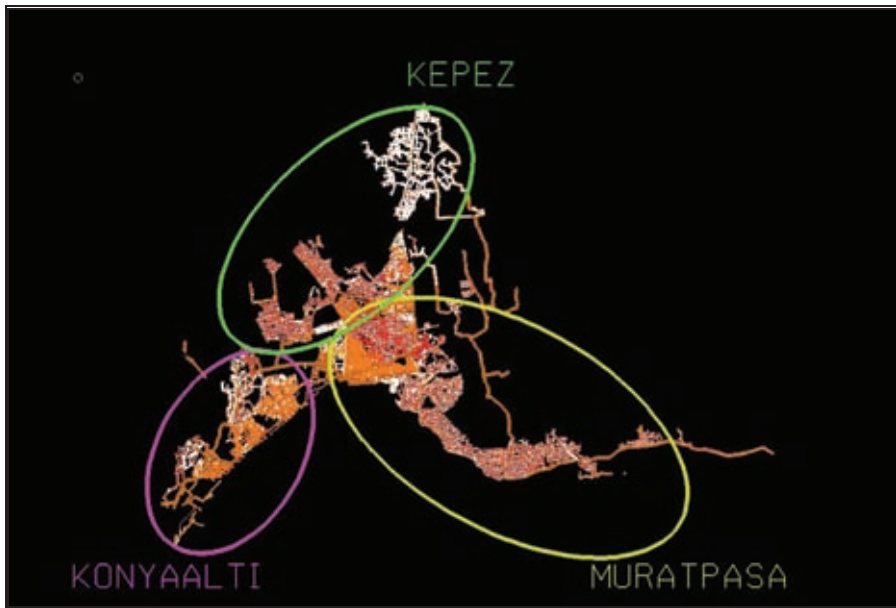
- Muratpaşa ilçe nüfusunun % 75' inde,
- Kepez İlçe nüfusunun %55' inde
- Konyaaltı nüfusunun %86'sında

Kanalizasyon şebekesi faal durumda olup hizmet vermektedir.

Bugün itibarı ile toplamda 1467 km kanalizasyon şebeke hattı imalatı yapılmıştır. 2011 yılı başında 1200 km' lik kısmı işletmede bulunan kanalizasyon şebekesine 2011 yılı içerisinde 117 km⁷ lik kısmı daha işletmeye alınarak faal duruma getirilmiştir. Kalan 150 km' lik kısım ise 2012 yılı içerisinde faaliyete geçecektir.

Çizelge 1. 2011 Yılı İtibari ile Toplam Kanalizasyon Hat Çap ve Metraj Bilgileri

2011 YILI ASAT GENEL MÜDÜRLÜĞÜ KANALİZASYON ŞEBEKE DURUMU							
DIŞ ÇAPI (mm)	CİNSİ	TOPLAM (metre)	TOPLAM (metre)	DIŞ ÇAPI (mm)	CİNSİ	TOPLAM (metre)	TOPLAM (metre)
100	PVC	127	127	500	BB	16950	15
150	BB	82327	81		HDPE		2
	HDPE		2	600	BB	13068	12
200	BB	996966	917		HDPE		1
	HDPE		66	700	BB	226	226
	PVC		6	800	BB	39875	35
	PE		8		HDPE		3
300	AÇB	102301	125		CTP		2
	BB		90	1000	BB	25542	25
	HDPE		9		HDPE		872
	PVC		386	1200	BB	27877	26
	PE		3		ÇELİK		337
400	AÇB	50157	550		HDPE		1
	BB		43	1400	BB	2510	2
	ÇELİK		7		HDPE		87
	HDPE		6	1600	BB	19522	19
	PE		1		HDPE		26
				2000	BB	89	89
				TOPLAM		1,466,683	1,466,684



Şekil 3. İlçe Bazında İşletmede Olan Kanalizasyon Şebekesi

2.3 Planlanan Kanalizasyon Hatları

Henüz hizmet gitmemiş bölgelerin bir çoğunda imar uygulama problemleri bulunmaktadır.

Yeni imara açılan bölgeler için kanalizasyon altyapı planları yapılmış ve hazır halde olup, yatırım programına dahil edilmiştir.



Şekil 4. 2012 Yılında Yapılması Planlanan Kanalizasyon Şebekesi (sarı)

2.4 Kanalizasyon İşletme Şefliği

Kanalizasyon şebekesi ayırık sistem olmakla beraber, batı bölgesi ve doğu bölgesi olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Çeşitli çap ve özelliklerde kentin topoğrafik yapısından dolayı doğu ve batı kolektör sistemi ile toplanan atıksular doğu ve batı bölgesi ileri atıksu arıtma tesislerinde arıtılarak derin deniz deşarj hatları ile uzaklaştırılmaktadır.

Kanalizasyon İşletme şefliğimizde günlük kanalizasyon acil bakım, müdahale ve onarım işleri 49 personel ile yürütülmektedir. Hatların periyodik bakımları günlük ve düzenli olarak yapılmakta ve raporlanmaktadır.



Fotoğraf 1. Kanalizasyon İşletme Şefliği

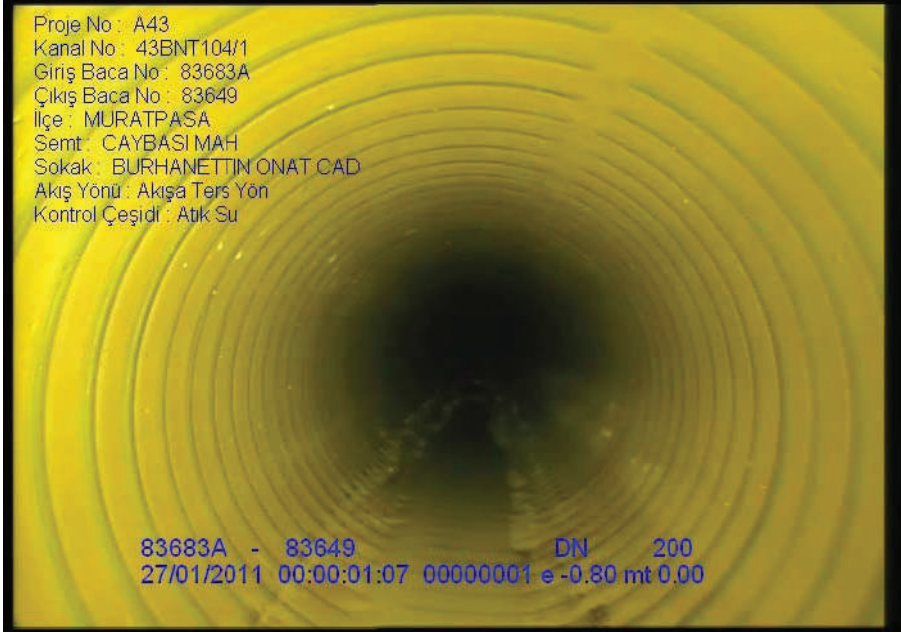
EKLER



Fotoğraf 2. Kanal Temizleme Aracı



Fotoğraf 3. Kapak Yükseltme Çalışması



Fotoğraf 4. Kamera Görüntüleme Sistemi



Fotoğraf 5. Kanalizasyon Hat İmalatı



Fotoğraf 6. Kanalizasyon Baca İmalatı



Fotoğraf 7. İş Bitim Sonrası Kanalizasyon Hattı

KANALİZASYON SİSTEMLERİNDEKİ TIKANMA PROBLEMLERİNİN TUVALET KAĞITLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ

Beytullah EREN, Cemile DEDE ve Fatih KARADAĞLI

Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 54187 Esentepe Sakarya
beren@sakarya.edu.tr, cdede@sakarya.edu.tr, fkaradagli@sakarya.edu.tr

ÖZET

Günümüzde kişisel temizlik ürünlerinin sayısı ve çeşitleri oldukça artmıştır. Bu ürünlerin başında gelen tuvalet kağıtları dünyada ve ülkemizde en çok tüketilen kişisel temizlik ürünüdür. Kullanılmış tuvalet kağıtları eğimi düşük ve su akışı az olan kanalizasyon sistemlerinde tıkanma problemlerine sebep olabilmektedir. Tıkanma problemleri sonucunda atıksular cadde ve sokaklara taşmakta ve böylece insan sağlığı ve çevre olumsuz etkilenmektedir. Tuvalet kağıtları kanalizasyon sistemine atıldıktan sonra sudaki türbülansa ve kağıdın yapısına bağlı olarak fiziksel parçalanmaya uğramaktadır. Sudaki türbülans Reynolds sayısı (Re) ile ve kağıdın yapısal özellikleri özgün parçalanma katsayısı (k) ile ifade edilmektedir. Bu çalışmada, tuvalet kağıtlarının fiziksel parçalanması deneysel ve matematiksel modelleme yoluyla incelenmiştir. Bu amaçla, fiziksel parçalanma için geliştirilen matematiksel model laboratuvar ölçeğinde yapılan deneylerle test edilmiştir. Modelleme ve deneysel çalışmalardan elde edilen verilerin uyumlu olması sonucunda tuvalet kağıtlarının fiziksel parçalanmasının izlenebildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kanalizasyon sistemi, Tuvalet kağıdı, Fiziksel parçalanma, Modelleme.

1. GİRİŞ

Günümüzde tüketicilerin talepleri doğrultusunda, çok çeşitli tuvalet kağıtları üretilmektedir. Çok katlı, renkli, desenli, parfümlü ve baskılı tuvalet kağıdı gibi bir çok ürün tüketiciye sunulmaktadır. Tüketiciler tuvalet kağıtlarının dayanıklı ve yumuşak olmasına dikkat etmektedirler. Bu nedenle, kağıttaki selüloz miktarı artırılarak veya katkı maddeleri ilave edilerek dayanıklı ve yumuşak tuvalet kağıtları elde edilmektedir. Ancak, bu tür kağıtların suda parçalanması çabuk olmamaktadır. Bu nedenle, bu ürünlerin

kanalizasyon sistemlerindeki davranışları ve oluşturacakları etkilerin belirlenmesi gerekmektedir.

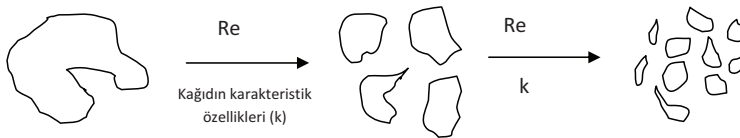
Tuvalet kağıtları genellikle kanalizasyon sistemi aracılığı ile bertaraf edilmektedir. Kanalizasyon sistemlerinde su akımı ve boru eğiminin yetersiz olduğu yerlerde kağıtlar birikim yaparak, tıkanma problemlerine sebep olabilmektedirler. Tıkanmalar üç temel problemi beraberinde getirmektedir. Bunlar, koku ve görüntü problemleri, insan sağlığını tehdit edecek mikrobiyal ve kimyasal tehlikeler ve finansal problemlerdir. Ülke çapında, tüketiciler ve belediyeler kanalizasyonlardaki tıkanmaların giderimi için önemli ölçüde harcama yapmaktadırlar. Bu tür olumsuzlukları minimize etmek için, konuyla ilgili bilimsel çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, tarafımızdan yürütülen çalışmalarda tuvalet kağıtlarının kanalizasyon sistemlerindeki durum ve davranışları araştırılmaktadır. Bu ana hedef doğrultusunda, tuvalet kağıtlarının fiziksel parçalanması araştırılmış ve elde edilen sonuçlar bu bildiride sunulmuştur.

Konuyla ilgili olarak 1990'lı yıllarda, atık su içerisinde bulunan katı maddelerin taşınımı üzerine bazı bilimsel çalışmalar yapılmıştır [1]. Bu çalışmalarda, katıların suyla taşınımının evlerden sifonlamayla dalga şeklinde gelen atıksu miktarlarına bağlı olduğu gösterilmiştir. Katı maddeler sifonlama ile birlikte hareket etmekte olup, daha sonra su dalgasının enerjisinin azaldığı noktada boru tabanına oturmaktadırlar. Bu atıklar, zamanla gelen yeni su dalgalarıyla bir miktar daha ilerleyerek, su akımının bol olduğu bir noktaya geldikten sonra su akımıyla taşınmaktadırlar.

Bir diğer çalışmada, boru çapının ve su akım hızının atık kağıt ve hijyenik ürünlerin taşınımını nasıl etkilediği araştırılmıştır [2,3]. Bu çalışmada tuvalet kağıdının taşınımı için, su debisi ve boru çapı arasındaki ilişki detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Buna göre, akımın hızı düştüğünde, kağıtların boru içerisinde kayarak ilerleyen bir baraj şeklinde hareket ettiği gözlemlenmiştir. Bu şekilde yavaş yavaş ilerleyen atık kağıtlar, atık su içerisindeki diğer maddelerin, örneğin hidrofobik yağ vb. atıklar, kağıtlara absorbe olmasına ve o noktada birikimin artmasına neden olmaktadır. Bu durumda, atık maddelerin taşınım ve parçalanmalarının zorlaştığı gözlemlenmiştir.

Karadağlı ve diğerleri [4] hijyenik ürünlerin kanalizasyon sistemlerindeki parçalanmaları üzerine ilk çalışmaları gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalarda, bayanların kullanmakta olduğu hijyenik ürünlerin kesikli reaktörlerde ve belirli bir karıştırma hızı altında parçalanması incelenmiştir. Bu çalışmalarda sudaki türbülansın ve ürünün karakteristik özelliklerinin, (mukavemet ve yoğunluk gibi) parçalanma üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu gözlemlere bağlı olarak, parçalanma ile ilgili teorik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım genel olarak aşağıdaki gibi temsil edilmektedir.

Zaman (t) = 0	$t = t_1$	$t = t_2$
$L = 4-5 \text{ cm}$ - - - - -	$L = 1-2 \text{ cm}$ - - - - -	$L \leq 1 \text{ cm}$



Burada L boyutundaki bir atık ürün sudaki türbülansa ve ürünün karakteristik özelliklerine bağlı olarak zamanla parçalanacaktır. Sudaki türbülans Reynolds sayısı (Re) ile temsil edilmekte ve Re sayısı aşağıdaki denklemle hesaplanabilmektedir.

$$Re = \rho * v * d / \mu \quad (1)$$

Burada ρ = suyun yoğunluğu (kg/m³), v = ortalama suyun akış hızı (m/s), d = suyun derinliği (m), ve μ = suyun vizkozitesidir (kg/s-m). İlgili işlemler yapıldığında Reynolds sayısı birimsiz bir değer olarak hesaplanmaktadır.

Buna paralel olarak, atık ürünlere ait karakteristik özellikler özgün parçalanma hızı katsayısı (k) ile ifade edilebilir. Bu özgün parçalanma hız katsayısı deneysel yollarla tespit edilir. Bu parametrelere bağlı olarak, fiziksel parçalanma olayı için aşağıdaki matematiksel denklem geliştirilmiştir [4].

$$\frac{dL}{dt} = k * Re * L \quad (2)$$

Burada;

L = Herhangi bir boyuttaki kağıt parçalarının sudaki kütleli konsantrasyonu (mg/L), t = zaman (dakika), k = atık kağıdın yapısal ve parçalanma özelliklerini temsil eden özgün parçalanma hızı katsayısı (1/dakika), Re = Reynolds sayısı (birimsiz), dL/dt = birim zamanda atık kağıdın konsantrasyonundaki değişimdir ((mg/L)/dakika).

Bu çalışmada, yukarıda sunulan teorik yaklaşım esas alınarak, tuvalet kağıtlarının fiziksel parçalanması deneysel ve matematiksel modelleme yoluyla incelenmiştir. Tarafımızdan yapılan ilk deneysel çalışmalarda, içerisinde 1 L su bulunan 2 L'lik bir behere belirli bir miktar tuvalet kağıdı koyularak, beher manyetik balık karıştırıcı vasıtasıyla sabit bir hızla karıştırılmıştır. Bu ilk testlerde, deney düzeneği ile ilgili bir problem tespit edilmiştir. Beher içerisinde kullanılan manyetik balığın dönmesi sonucu su içerisinde bir vorteks ve santrifüj etki gözlemlenmiştir. Bu durumda, beher içerisindeki tuvalet kağıdı beherin dip tarafında toplanmakta ve burada balık tarafından parçalanmaktadır. Bu nedenle, deney düzeneğindeki hatalı kısımlar düzeltilmiş ve sağlıklı deneysel sonuçlar elde edilmiştir. Bununla birlikte, tuvalet kağıtlarının parçalanması için bir matematiksel modelleme çalışması yapılmış ve model tahminleriyle deneysel veriler karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar, geliştirilen deneysel düzeneğin, teorik yaklaşımın ve matematiksel modelin tuvalet kağıtlarının kanalizasyon sistemlerindeki davranışlarını açıklığa kavuşturmak için kullanılabileceğini göstermektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Matematiksel Model

Tuvalet kağıtları fiziksel parçalanma sırasında türbülansın etkisi ile daha küçük parçalara dönüşecektir. Bu olay, standart gözenek çapına sahip elekler kullanılarak izlenebilir. Örneğin, ana kağıt (>11 mm) ve küçük parçacıklar mm olarak, 8-11, 5-8, 2-5 ve < 2 şeklinde tanımlanabilir. Bu aralıkları temsil eden standart elekler deneylerde kullanılmıştır. Ayrıca, (< 2) mm parçacıklar deneysel çalışmalarda 1-2 µm gözenek çaplı filtre kağıtları kullanılarak vakumlamayla toplanmıştır.

Büyük kağıtların parçalanması sırasında daha küçük boyut aralığında parçacıklar oluşacaktır. Örneğin, 5-8 mm boyut aralığındaki parçacıklar 2-5 mm ve < 2 mm'lik parçacıklara dönüşecektir. Bu dağılımı takip edebilmek için, matematiksel olarak fiziksel parçalanma denkleminde (Denklemler 2) dağılım katsayıları (f_i) eklenmelidir [5]. Bu düzenlemeyle birlikte, ana kağıdın parçalanması ve ara ürünlerin oluşumlarına ait kütle dengesi denklemleri Denklem 3-7'de gösterildiği gibi yazılabilir [5].

$$\frac{d[> 11mm]}{dt} = -k_1 * Re^*[> 11mm] \quad (3)$$

$$\frac{d[(8-11)mm]}{dt} = f_1 * k_1 * Re^*[> 11mm] - k_2 * Re^*[(8-11)mm] \quad (4)$$

$$\frac{d[(5-8)mm]}{dt} = f_2 * k_1 * Re^*[> 11mm] + f_3 * k_2 * Re^*[(8-11)mm] - k_3 * Re^*[(5-8)mm] \quad (5)$$

$$\frac{d[(2-5)mm]}{dt} = f_4 * k_1 * Re^*[> 11mm] + f_5 * k_2 * Re^*[(8-11)mm] + f_6 * k_3 * Re^*[(5-8)mm] - k_4 * Re^*[(2-5)mm] \quad (6)$$

$$\frac{d[< 2mm]}{dt} = f_7 * k_1 * Re^*[> 11mm] + f_8 * k_2 * Re^*[(8-11)mm] + f_9 * k_3 * Re^*[(5-8)mm] + f_{10} * k_4 * Re^*[(2-5)mm] \quad (7)$$

Bu denklemlerdeki 11, 8, 5, 2 mm rakamları parçacıkların boyutlarını ve [...] ibaresi o boyuttaki kağıtların konsantrasyonunu temsil etmektedir. Bu denklemlerde, (k) her bir kağıt türüne ait özgün parçalanma hızı sabiti, (Re) Reynolds sayısı, (f) katsayıları parçacıklar arası dağılım oranlarıdır. Bu dağılım katsayıları Tablo 1'de gösterilmekte olup, değerleri deneysel çalışmalarla ve matematiksel modelleme yoluyla tespit edilmiştir. Yukarıda verilen denklemlerin çözümü nümerik metotlar kullanılarak Microsoft Excel programı ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Dağılım katsayıları (f_i) tablosu

Parçacık boyutu	Dağılım katsayıları (f_i)			
	8-11 mm	5-8 mm	2-5 mm	< 2 mm
>11 mm	f_1			
8-11 mm	f_2	f_3		
5-8 mm	f_4	f_5	f_6	
2-5 mm	f_7	f_8	f_9	f_{10}

2.2. Deneysel Çalışmalar

Tuvalet kağıtlarının fiziksel parçalanma deneyleri 2 L hacimli beherlerle gerçekleştirilmiştir. Bu düzenek içerisine 1 L çeşme suyu ve 4 yaprak tuvalet kağıdı konulmuş ve bu karışım 200 devir/dakika hızında karıştırılmıştır. Deneylerde kullanılan tuvalet kağıdı piyasadaki kaliteli ürünler arasından seçilmiştir. Tuvalet kağıtları 104

°C'deki etüvde 24 saat bekletilerek nemden arındırılmış ve kuru olarak deney düzeneğine koyulmuştur. Belirli zamanlarda (30, 60, 120, 240, 480, 720, 1440, 2880 dakika) beherdeki tuvalet kağıdı-su karışımına elek analizi yapılarak deneysel sonuçlar elde edilmiştir. Eleklerde biriken parçalanmış kağıtların miktarı etüvde kurutma yoluyla tespit edilmiştir. Bu şekilde fiziksel parçalanma deneysel olarak izlenebilmiştir. Deneysel çalışmaların yapıldığı deney seti Şekil 1'de gösterilmektedir.



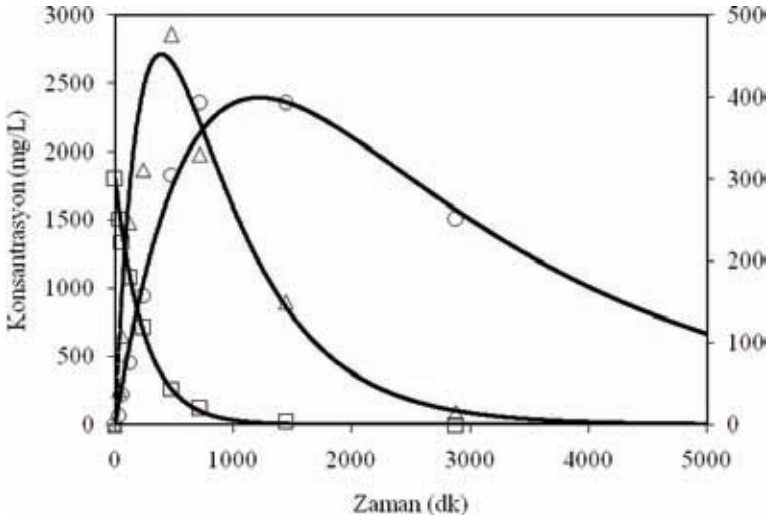
Şekil 1. Fiziksel parçalanma deneylerinin gerçekleştirildiği deney seti

3.BULGULAR

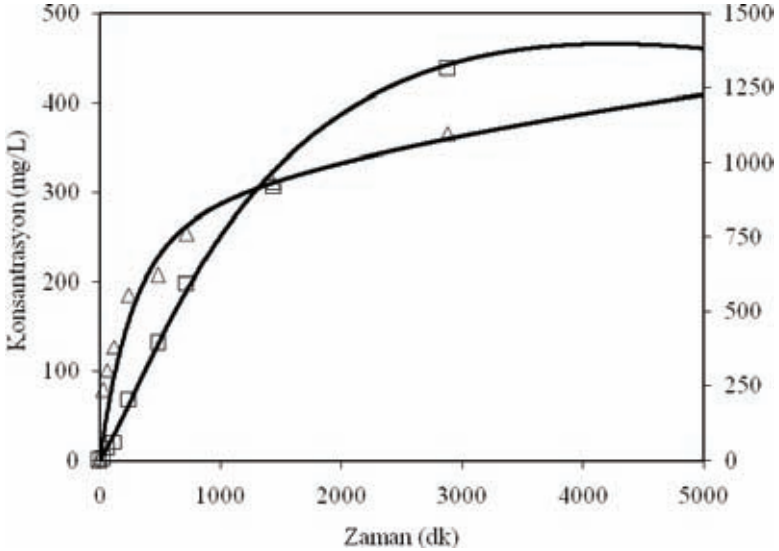
Tuvalet kağıdının kesikli reaktörde 200 devir/dakika hızla karıştırılmasıyla fiziksel parçalanma meydana gelmiştir. Bu olay sırasında oluşan ara ürünlerin miktarları standart eleklerle tutularak tespit edilmiştir. Deneysel çalışmalara paralel olarak, matematiksel modelleme çalışmaları yapılmış ve modelleme tahminleri ile deneysel veriler karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki Tablo 2'de, ve ayrıca, Şekil 2 ve 3'de grafiksel olarak sunulmaktadır.

Tablo 2. A marka tuvalet kağıdının kesikli reaktörde 200 devir/dakika hızla karıştırılması durumunda gerçekleştirilen deneylerden elde edilen veriler ve modelleme tahminleri.

Zaman (dakika)	Kütle (mg)											
	> 11 mm		8-11 mm		5-8 mm		2-5 mm		< 2 mm		Toplam	
	Deney	Model	Deney	Model	Deney	Model	Deney	Model	Deney	Model	Deney	Model
0	1800	1800	0	0	0	0	0	0	0	0	1800	1800
30	1509,4	1594,5	42,2	90,7	9,8	25,5	2,9	6,7	235,7	82,6	1800	1800
60	1338,4	1412,5	108,5	167,1	36,0	49,9	13,7	13,8	303,3	156,7	1800	1800
120	1075,5	1108,4	246,9	283,7	76,1	95,7	20,0	29,1	381,6	283,0	1800	1800
240	709,7	682,5	311,0	411,5	156,8	175,0	68,3	62,2	554,2	468,7	1800	1800
480	264,0	258,8	476,0	442,8	305,0	289,5	131,4	129,3	623,6	679,6	1800	1800
720	119,7	98,1	329,6	367,7	392,5	356,7	198,5	190,4	759,8	787,2	1800	1800
1440	17,6	5,4	149,7	144,4	393,0	394,3	306,6	324,0	933,1	932,0	1800	1800
2880	0,4	0,0	14,5	16,9	250,9	262,2	438,3	442,6	1095,9	1078,2	1800	1800



Şekil 2. Fiziksel parçalanma deney sonuçları (sembol) ve modelleme tahminleri (çizgi). Birincil y eksenini 11 mm ve daha büyük parçalar (kare), ikincil y eksenini 8-11 mm'lik parçalar (üçgen), 5-8 mm'lik parçalar (daire).



Şekil 3. Fiziksel parçalanma deney sonuçları (sembol) ve modelleme tahminleri (çizgi). Birincil y eksenini 2-5 mm'lik parçalar (kare), ikincil y eksenini (< 2 mm) parçalar (üçgen).

Tablo 2 ile birlikte Şekil 2 ve 3’de sunulan veriler, ana kağıdın ve ara ürünlerin kütlelerindeki zamana bağlı değişimleri göstermektedirler. Bu veriler incelendiğinde, deneysel verilerle modelleme tahminleri arasında büyük oranda benzerlik olduğu anlaşılmaktadır. Bu benzerlik, genel olarak model tahminlerinin kabul edilebilir düzeyde olduğuna işaret etmektedir.

Ana kağıt (> 11 mm) için elde edilen deneysel sonuçlar incelendiğinde, deney başlangıcında kullanılan kağıt miktarının 240. dakikada % 60’ının, 480. dakikaya gelindiğinde % 85’inin, 1440. dakikaya gelindiğinde ise yaklaşık % 99’unun parçalanmış olduğu anlaşılmaktadır. Ana kağıdın % 99’u parçalandıktan sonra geriye çok az bir miktar kalmaktadır. Geriye kalan parçacıkların selüloz fiberleri arasındaki bağlar kırılmadığından türbülans kuvvetlerinden çok az etkilenecek suyla hareket etmeye devam ettikleri düşünülmektedir.

8-11 mm boyut aralığındaki parçacıkların davranışları incelendiğinde, bunların 480. dakikaya kadar artış gösterdikleri, ve bu süreden sonra azalmaya başladıkları model tahminleri ve deneysel verilerden anlaşılmaktadır. Bu durumda, bu parçacıklar 480. dakikada maksimum bir seviyeye ulaşmaktadırlar. Deneyin 0-120 dakika aralığında, deneysel veriler ile model tahminleri arasında farklılıklar meydana gelmiştir, ancak bu farklılıklar kısa zamanda ortadan kalkmıştır. Örneğin, deneyin 30. dakikasında deneysel ve modelleme verileri arasında belirli fark mevcut iken, bu farklılık çok hızlı bir şekilde 120. dakikada kapanmakta ve daha sonra model tahminleri ile deneysel veriler yakın bir şekilde devam etmektedir. Deneyin son kısımlarında, örneğin, 2880. dakikada, 8-11 mm boyut aralığındaki parçacıkların tamamına yakın bir kısmının parçalanarak daha küçük boyutlara geçişinin tamamlandığı görülmektedir.

Benzer şekilde, 5-8 mm boyut aralığındaki parçacıklarla ilgili sonuçlar arasında farklılıklar görülmektedir. Örneğin, deneyin ilk 30 dakikalık bölümü için elde edilen model tahminleri deneysel verilerden biraz daha yüksektir. Bunun sebebi, modelde kağıdın doğrudan doğruya parçalanmaya başlaması kabul edilirken, gerçekte ise suya girdikten sonra selüloz fiberleri arasındaki bağların zayıflaması için bir miktar zamana ihtiyaç duyulmasıdır. Bu nedenle, deney sonuçları belirli bir süre sonra model tahminleri ile paralel hale gelmektedir.

2-5 mm boyut aralığındaki ve 2 mm’den daha küçük kağıtlar için oluşan parçacıkların konsantrasyonlarının deney süresi boyunca sürekli olarak artış gösterdiği yukarıdaki verilerden görülmektedir. Bu artış, daha büyük kağıtların parçalanmaları tamamlanıncaya kadar devam edecektir. Bu iki aralık için, model tahminleri ve deney verileri büyük oranda benzerlik göstermektedir.

Tablo 3’de modelleme tahminlerinin deneysel verilere en iyi şekilde yaklaşımını sağlayan parçalanma hızı katsayıları, ($k_p Re$) şeklinde, tablonun ikinci kolonunda gösterilmektedir. Deney düzeneğindeki Reynolds sayısı, bilgisayar ortamında yapılacak simülasyon çalışmaları ile belirlenecektir ve konu üzerindeki çalışmalarımız devam etmektedir. Bu nedenle, parçalanma sabitleri burada ($k_p Re$) şeklinde sunulmuştur. Bununla birlikte, büyük kağıtların hangi oranlarda ve hangi boyut aralıklarında parçacık oluşturdıklarını gösteren dağılım katsayıları (f_i) Tablo 3’ün diğer kolonlarında sunulmaktadır. Bu katsayılar matematiksel modelleme yoluyla hesaplanmıştır. Tablodaki $k_p Re$ değerleri incelendiğinde, bu katsayıların parçacık büyüklüğüne bağlı olarak büyüktен küçüğe doğru ilerlediği görülmektedir. Örneğin, >11 mm olan kağıt parçacıkları için $4 \times 10^{-3} (dk^{-1})$ olan

parçalanma katsayısı 2- 5 mm aralığı için 10^{-4} (dk^{-1}) değerine ulaşmaktadır. Kağıdın yapısal anlamda aynı olması nedeniyle, bu farklılık parçacık büyüklüğüne bağlı olmaktadır. Yani, büyük parçacıklar daha fazla yüzey alanına sahip olup, suda türbülansla oluşan kırılma kuvvetlerinden daha fazla etkilenmektedirler. Küçük parçacıklar ise suyla birlikte hareket ettiklerinden dolayı daha az oranda etkilenmektedirler. Bu durumun bir sonucu olarak, küçük parçacıklar daha küçük parçalanma hız sabitlerine sahip olmaktadır.

Tablo 3. Tuvalet kağıdının kesikli reaktörde 200 devir/dakika fiziksel parçalanması için modellemenden elde edilen dağılım oranları (f_i) ve parçalanma hızı katsayıları ($k_i Re$).

Parçacık boyutu	$k_i Re$ (dk^{-1})	Dağılım oranları (f_i)			
		8 - 11 mm	5 - 8 mm	2 - 5 mm	< 2 mm
> 11 mm	4×10^{-3}	0,45	0,12	0,03	0,40
8 - 11 mm	$1,5 \times 10^{-3}$	—	0,55	0,25	0,20
5 - 8 mm	$4,25 \times 10^{-4}$	—	—	0,70	0,30
2 - 5 mm	1×10^{-4}	—	—	—	1,00

4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, tuvalet kağıtlarının fiziksel parçalanması deneysel ve matematiksel modelleme yoluyla incelenmiştir. Deneysel çalışmalar için kullanılan beher ve manyetik karıştırıcı sisteminde bazı problemlerle karşılaşmıştır. Bu problemler, manyetik karıştırıcıdan kaynaklanan vorteks oluşumu ve kağıdın manyetik karıştırıcı tarafından parçalanması şeklindedir. Bu nedenle, deneylerde manyetik karıştırıcı yerine orbital karıştırıcı kullanılmıştır. Bu yeni düzenlemeyle deneysel veriler ile model tahminleri büyük oranda uyum sağlamış ve karıştırıcıdan kaynaklanan deneysel hatalar giderilmiştir.

Elde edilen deneysel veriler modelleme tahminleri ile birleştirilerek, tuvalet kağıtların parçalanmaları hakkında detaylı bulgular elde edilmiştir. Bu değerlendirmeler fiziksel parçalanma için geliştirilen teorik hipotezin doğruluğuna işaret etmektedir. Bu nedenle, geliştirilen matematiksel denklemlerin tuvalet kağıtlarının parçalanmasını izlemek için kullanılabilir düzeyde olduğu anlaşılmaktadır. Geliştirilen teorik yaklaşımın sağlıklı olması nedeniyle, deneysel verilerle modelleme tahminlerinin büyük oranda uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2 ve 3).

Deneylerde kullanılan kağıt türü için parçalanma hızı katsayıları ($k_i Re$) matematiksel modelleme yoluyla elde edilmiştir (Tablo 3). Bu katsayılar incelendiğinde, büyük parça kağıtların daha hızlı parçalandığı, orta boylardaki parçaların birbirlerine yakın hızlarda parçalandığı ve küçük parçaların ise daha yavaş parçalandığı anlaşılmaktadır. Bu gözlem beklenen bir durum olup, büyük kağıt parçalarının daha geniş yüzey alanına sahip olması nedeniyle fiziksel kuvvetlerden daha fazla etkilendiklerini göstermektedir. Küçük parçalar ise suyla birlikte hareket ettikleri için türbülans kaynaklı kuvvetlerden daha az etkilenmektedir, ve doğal olarak, daha yavaş parçalanmaktadır.

Kağıtların parçalanma hızı katsayılarının yanı sıra, küçük parçaların hangi miktarlarda oluştuğunu belirleyen dağılım katsayıları (f_i) da bu çalışma sonucunda tespit edilmiştir. Bu dağılım katsayılarına (Tablo 3) bakıldığında ana kağıdın parçalanmasıyla ilgili mantıksal

bir durum görülmektedir. Buna göre, ana kağıt parçalanırken büyük oranda (%45) yine büyük parçalar (8-11 mm) oluşturmaktadır. Bununla birlikte, ana kağıttan yüksek oranda çok küçük parçacıklar (<2 mm ve %40 oranında) meydana gelmektedir. Bu durum ara ürünler için daha farklıdır. Tablo 3'deki dağılım katsayılarına göre, ara ürünler bir sonraki kategoriye veya daha küçük parçalara birbirlerine yakın oranlarda dönüşmektedirler.

Bu çalışmada tespit edilen parçalanma hız sabitleri ve dağılım katsayıları, tuvalet kağıtlarının pis su borularında gösterecekleri davranışları anlamak adına atılan ilk adımlardır. Karadağlı ve diğerleri [4] tarafından geliştirilen teorik yaklaşımın tuvalet kağıtları için uyarlanması, konuyla ilgili deneysel düzenegin geliştirilmesi ve sağlıklı sonuçların elde edilmesi teşvik edicidir. Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında, geliştirilen matematiksel model kanalizasyon borularındaki akıma uyarlanacaktır. Bunun için, kanalizasyon boruları seri-bağlı-sürekli reaktörler olarak düzenlenecek ve ilgili matematiksel modelleme çalışmaları yapılacaktır. Bu çalışmalarla birlikte, tuvalet kağıtlarının kanalizasyon borularındaki taşınım ve parçalanmaları izlenebilecektir. Bu çalışmalar, tuvalet kağıtlarının hangi noktalarda kritik birikimler yapacağını ve bunları önlemek için gerekli minimum su akış hızı, su derinliği, boru eğimi, atık su debisi gibi ana ölçütler hakkında detaylı bilgiler verecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu tarafından 2007-01-12-002 numaralı bilimsel araştırma projesi (BAP) ve 2009-50-02-010 numaralı doktora tez projesi kapsamında desteklenmiştir. Birinci yazar Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na doktora eğitimi süresince verdiği desteklerden dolayı teşekkür eder.

KAYNAKÇA

- [1] B.D.M. Brown, D. Butler, N.R. Orman, J.W. Davies, 1996, "Gross solids transport in small diameter sewers", *Water Science and Technology*, 33(9), 25-30.
- [2] K. Littlewood, D. Butler, 2003, "Movement mechanics of gross solids in intermittent flow", *Water Science and Technology*, 47(4), 45-50.
- [3] D. Butler, K. Littlewood, N. Orman, 2005, "A model for the movement of large solids in small sewers". *Water Science and Technology*, 52(5), 69-76.
- [4] F. Karadağlı, D.C. McAvoy, B.E. Rittmann, 2009, "Development of a mathematical model for physical disintegration of flushable consumer products in sewerage systems", *Water Environment Research*, 81(5), 459-465.
- [5] C. Dede, 2009, "Tuvalet kağıtlarının parçalanmasının modellenmesi", Y.Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

TRABZON İLİ İÇME VE KULLANMA SUYU KALİTESİNİN ATASU ARITMA TESİSLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ

Adem BAYRAM*, Hızır ÖNSOY**, İsmail YAĞTU***, Murat KANKAL****

Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Trabzon - abayram@ktu.edu.tr
Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Trabzon - honsoy@ktu.edu.tr
Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Trabzon - i.yagtu@hotmail.com
Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Trabzon - mkankal@ktu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Trabzon İli şehir merkezi içme ve kullanma suyu ihtiyacı temininde yararlanılan Değirmendere akarsuyunun arıtmadan önceki ve Trabzon Belediyesi Atasu Arıtma Tesisleri'nde arıtıldıktan sonraki su kalitesini belirlemek, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY) ve TS 266'ya göre değerlendirmektir. 2009 Eylül ile 2010 Ağustos dönemini kapsayan bir yıllık süreçte gerek yüzeysel ham suda gerekse arıtılmış suda düzenli olarak gerçekleştirilen ölçüm ve analizlerde; sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, alkalinite, kalsiyum, toplam demir, nitrat azotu, alüminyum, sülfat, klorür, bakiye klor, nitrit azotu, amonyum azotu ve mangan parametreleri incelenmiştir.

Yapılan incelemeler ve değerlendirmeler sonucunda, Değirmendere akarsuyundan temin edilen ham suyun ve arıtılmış suyun, incelenen su kalite parametreleri bakımından SKKY'ye göre I. sınıf su kalitesine sahip olduğu ve gerek İTASHY gerekse TS 266'ya göre herhangi bir sakıncalı durumun olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca arıtım sonucunda yüzeysel ham sudaki toplam demirin % 95'inin uzaklaştırıldığı görülmüştür. Ancak takip edilen su kalite parametreleri yeterli görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Atasu Arıtma Tesisleri, Değirmendere, Su Kalitesi

1. GİRİŞ

Trabzon şehri içme ve kullanma su ihtiyacı, 1992 yılına kadar Değirmendere Çayı mansap akiferinin en verimli bölümünü oluşturan Belediye Kuyular Sahasından temin edilmiştir. Bu alanın uzunluğu 1 km, genişliği 300 m kadardır. Yapılan jeofizik incelemeler neticesinde alüvyon kalınlığı 30-35 m olarak belirlenmiştir. Belediye Kuyular Sahası'nda

Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından 30-39 m derinliğinde 27 adet su sondaj kuyusu açılmıştır. Kuyu verimleri 4.50-63.20 L/sn olarak ölçülmüştür. Akiferin özgül debisi de 4.08-33.31 L/sn olarak belirlenmiştir. Ancak, yeraltı suyu işletmesi için oldukça uygun olan bu alan çeşitli nedenlerden dolayı yerleşime açılmış ve bundan dolayı maalesef kullanılamaz hale gelmiştir [1,2,3].

Bu tarihten sonra, Trabzon İli şehir merkezi içme ve kullanma suyu ihtiyacı, Esiroğlu mevkiinde Değirmendere akarsuyundan (Şekil 1) alınan yüzey sularının, şehrin 15 km uzağında bulunan Trabzon Belediyesi Atası Arıtma Tesisleri'nde arıtılarak şehre ulaştırılmasıyla karşılanmıştır. Ancak, yerleşim alanlarından deşarj edilen atık sular, gaz istasyonlarından medyana gelen sızmalar, katı atıklar, deterjanlar, atık otomobil yağları ve havza boyunca tarımsal faaliyetlerde kullanılan zirai pestisitlerden dolayı Değirmendere akarsuyu zamanla kirlenmiştir [1,2,3].



Şekil 1. Değirmendere ve Esiroğlu regülatörü genel görünüm (19.09.2010/14:21, Trabzon)

Değirmendere akarsuyunun aşırı kirlenmesinin sonucu olarak şehrin temiz su ihtiyacını karşılamak üzere Değirmendere akarsuyunun yan kolu olan Galyan akarsuyu kullanılmaya başlanmıştır. Galyan akarsuyundan alınan yüzeysel ham suların arıtma tesislerine ulaştırılması amacıyla Galyan regülatörü ve 2,316 m uzunluğa sahip bir iletim hattı inşa edilmiştir (Şekil 2). 2001 yılından beri Galyan akarsuyu kullanılmakta olup su ihtiyacının arttığı fakat akarsuyun debisinin azaldığı yaz aylarında Değirmendere akarsuyundan da faydalanılmaktadır. Fakat bu durumda arıtma tesisleri hem teknik hem de ekonomik bakımdan yetersiz kalabilmektedir [1,2,3,4].

Yukarıda sözü edilen nedenlerden dolayı bir baraja ihtiyaç duyulmuştur. DSİ 22. Bölge Müdürlüğü tarafından Galyan akarsuyu üzerinde 27.04.1998 tarihinde Atası barajının yapımına başlanmıştır (Şekil 3). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Veri Tabanı 2011 verilerine göre [5] 234,063 nüfusa sahip Trabzon şehir merkezinden başka, 38,681 nüfuslu Akçaabat ve 11,538 nüfuslu Yomra ilçelerine de içme ve kullanma suyu temin edilmesi ve hidroelektrik enerji üretilmesi hedeflenmektedir.



Şekil 2. Galyan akarsuyu ve regülatörü genel görünüm (19.09.2010/13:34, Trabzon)



Şekil 3. Atasu barajı memba ve mansaptan görünüm (19.09.2010/14:10, Trabzon)

Yapımın tamamlanması ile birlikte 28.12.2010 tarihinde su tutulmasına başlanılan barajda 30.04.2011 tarihinde % 100 doluluk oranı ulaşılarak dolu savak çalışmaya başlanmıştır (Şekil 4). Barajının tamamlanması ile birlikte 17.05.2011 tarihinden itibaren Trabzon halkı daha güvenilir ve sağlıklı bir suya ulaşma imkanı bulmuştur. Atasu barajı kapasitesi 91.3 hm³/yıl'dır.

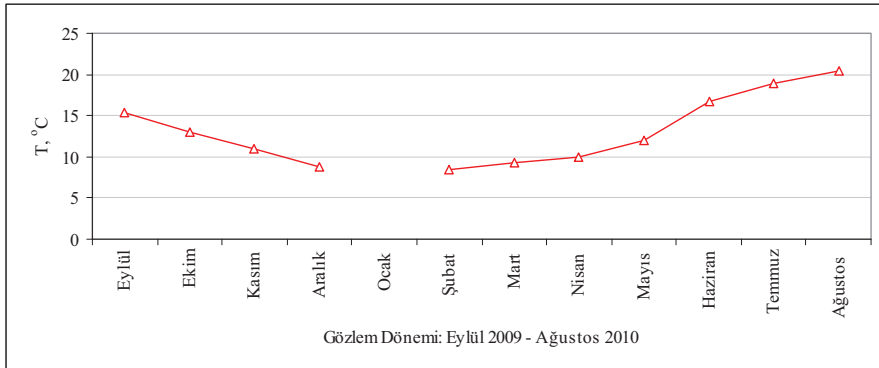


Şekil 4. Atasu barajı (13.05.2011/16:48, Trabzon)

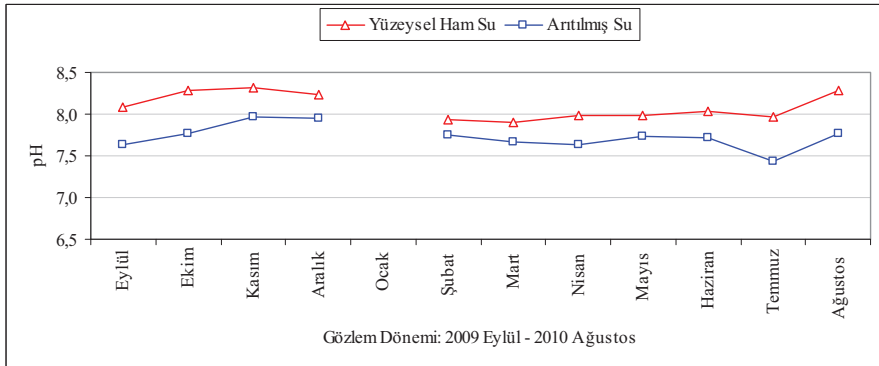
Bu çalışmanın amacı Trabzon şehri içme ve kullanma su ihtiyacı temininde yararlanılan Değirmendere akarsuyunun gerek arıtmadan önceki gerekse Trabzon Belediyesi Atası Arıtma Tesisleri'nde arıtıldıktan sonraki su kalitesinin sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, alkalinite, kalsiyum, sülfat, beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, nitrat azotu, klorür, alüminyum ve toplam demir parametreleri bakımından belirlenmesi amaçlanmaktadır. Elde edilen veriler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY) ve TS 266'ya göre [6,7,8] değerlendirilmektedir.

2. BULGULAR

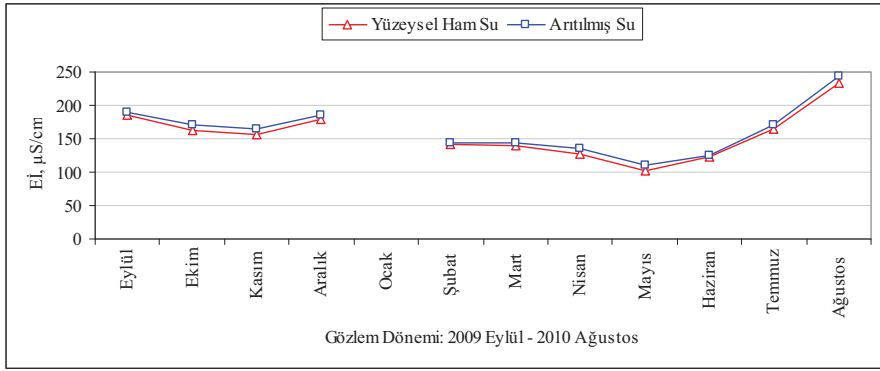
Değirmendere akarsuyundan Esiroğlu regülatörü aracılığıyla alınan yüzeysel ham sularda, 2009 Eylül ile 2010 Ağustos tarihleri arasında gerek arıtım öncesi gerekse arıtım sonrası yapılan fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda elde edilen bulgular sırasıyla sıcaklık için Şekil 5'te, pH için Şekil 6'da, elektriksel iletkenlik için Şekil 7'de, alkalinite için Şekil 8'de, kalsiyum için Şekil 9'da, sülfat için Şekil 10'da, beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı için Şekil 11'de, nitrat azotu için Şekil 12'de, klorür için Şekil 13'te, alüminyum için Şekil 14'te ve son olarak da toplam demir için Şekil 15'te verilmektedir.



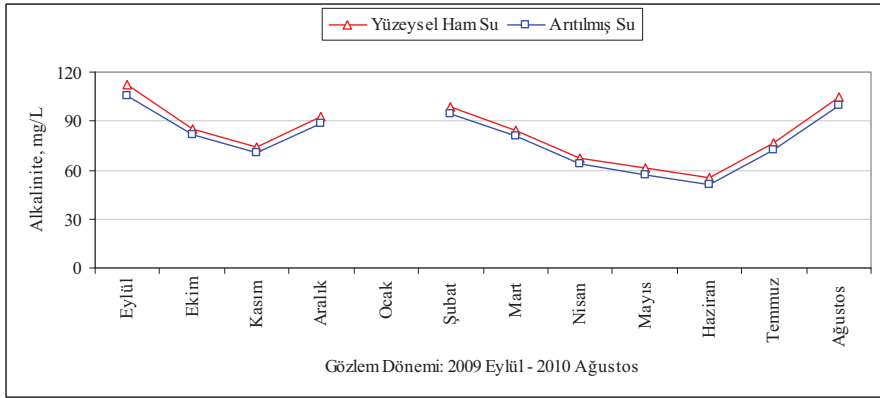
Şekil 5. Yüzeysel suda yıl boyunca sıcaklık değişimi



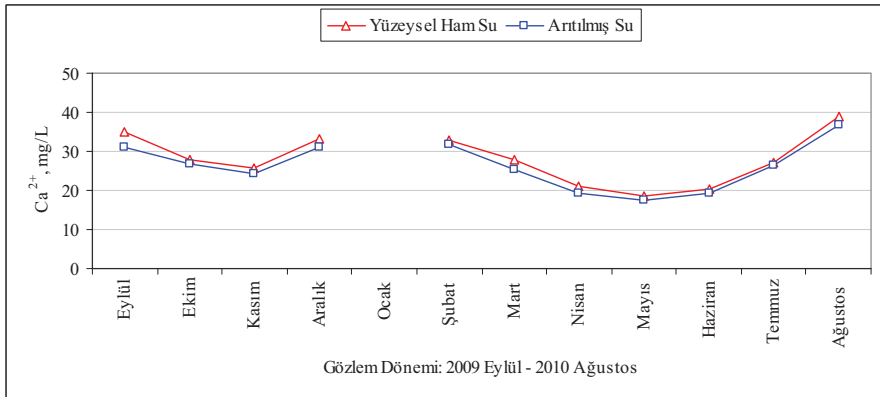
Şekil 6. Yüzeysel suyun arıtım öncesi ve sonrası pH'sının yıl boyunca değişimi



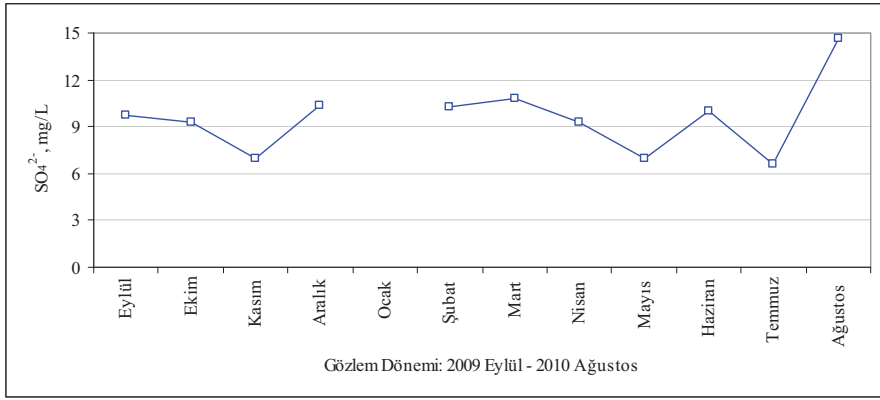
Şekil 7. Yüzeysel suyun arıtım öncesi ve sonrası iletkenliğinin yıl boyunca değişimi



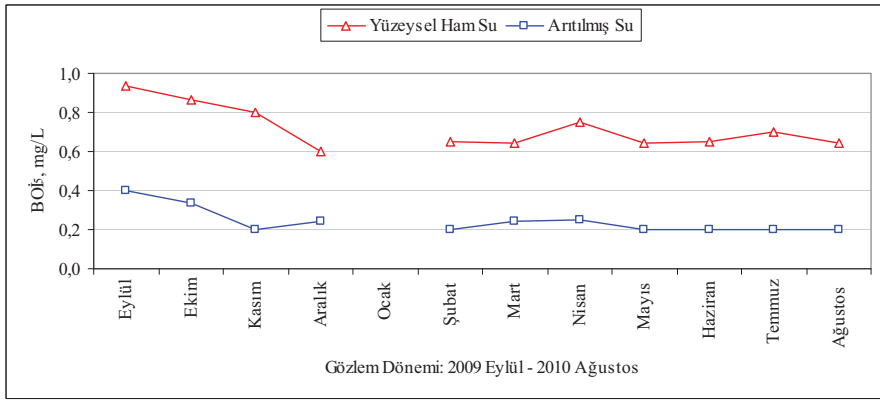
Şekil 8. Yüzeysel suyun arıtım öncesi ve sonrası alkalinitesinin yıl boyunca değişimi



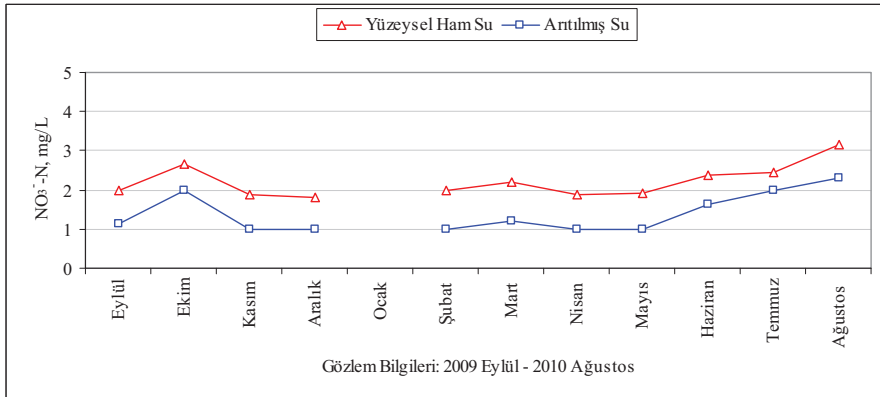
Şekil 9. Yüzeysel suyun arıtım öncesi ve sonrası kalsiyum içeriğinin yıl boyunca değişimi



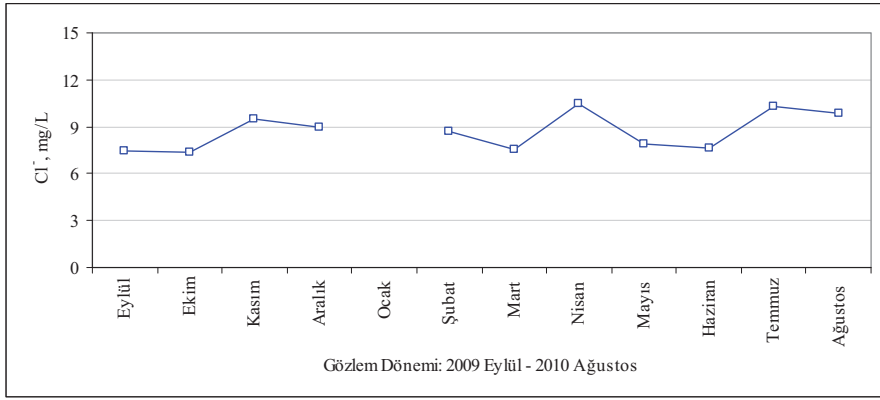
Şekil 10. Yüzeysel suyun arıtım sonrası sülfat içeriğinin yıl boyunca değişimi



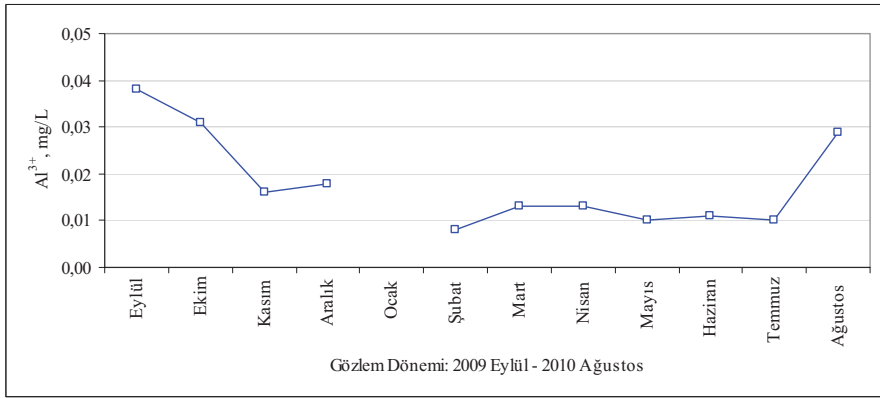
Şekil 11. Yüzeysel suyun arıtım öncesi ve sonrası BOİ₅ konsantrasyonu değişimi



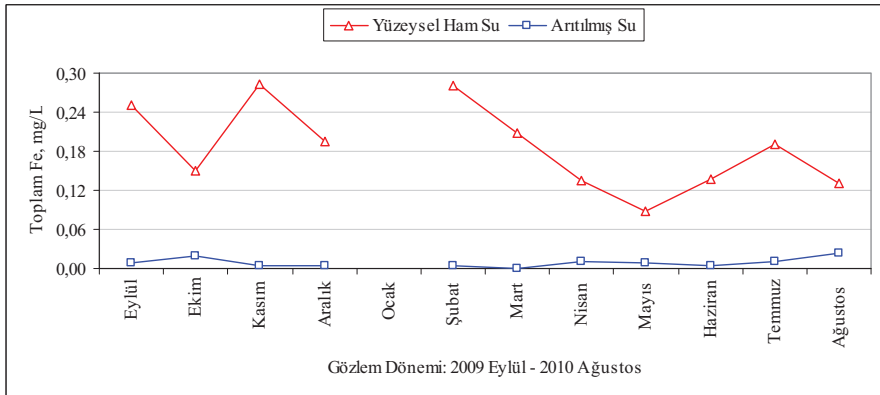
Şekil 12. Yüzeysel suyun arıtım öncesi ve sonrası nitrat azotu konsantrasyonu değişimi



Şekil 13. Yüzeysel suyun arıtım sonrası klorür konsantrasyonunun yıl boyunca değişimi



Şekil 14. Yüzeysel suyun arıtım sonrası alüminyum içeriğinin yıl boyunca değişimi



Şekil 15. Yüzeysel suyun arıtım öncesi ve sonrası demir içeriğinin yıl boyunca değişimi

3. İRDELEME

Gerek yüzeysel ham su gerekse arıtılmış su örneklerinde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlar, ayrıntıları bulgular bölümünde verilmek üzere aşağıda irdelenmektedir.

Yüzeysel ham suda tespit edilen sıcaklık değerleri 8.4-20.5 °C arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 13.1 °C'dir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre yüzeysel ham su, sıcaklık bakımından 1. sınıf su kalitesindedir.

Yüzeysel ham suda belirlenen pH değerleri 7.90-8.32 arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 8.09'dur. Arıtılmış suda belirlenen pH değerleri ise 7.44-7.96 arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 7.73'tür. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre gerek yüzeysel ham su gerekse arıtılmış su, pH bakımından 1. sınıf su kalitesine sahiptir. Ayrıca TS 266'da hem Sınıf 1 ve Sınıf 2 Tip 1 hem de Sınıf 2 Tip 2 için verilen $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$ aralığı dikkate alındığında yine yüzeysel ham suyun ve arıtılmış suyun pH bakımından uygun olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik tarafından da $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$ aralığı verilmektedir.

Yüzeysel ham suda ölçümü gerçekleştirilen Eİ değerleri 101.4-233.4 µS/cm arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 156 µS/cm'dir. Arıtılmış suda belirlenen Eİ değerleri ise 110.4-242.8 µS/cm arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 162.2 µS/cm'dir. TS 266'da Sınıf 1 ve Sınıf 2 Tip 1 için izin verilen 650 µS/cm'lik Eİ değeri göz önüne alındığında hem yüzeysel ham suyun hem de arıtılmış suyun uygun olduğu görülmektedir.

Yüzeysel ham suda analizi gerçekleştirilen alkalinite 55.6-112.67 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 82.9 mg/L'dir. Arıtılmış sudaki alkalinite ise 51.44-105.89 mg/L arasında değişim göstermekte ve yıllık ortalama değer 78.67 mg/L olmaktadır.

Yüzeysel ham suda analizi gerçekleştirilen Ca^{2+} konsantrasyonu 18.56-39.00 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer yaklaşık olarak 28 mg/L'dir. Arıtılmış suda belirlenen değerler ise 17.60-36.96 mg/L aralığında değişmekte olup yıllık ortalaması 26.4 mg/L'dir. Gerek Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde gerekse TS 266'da Ca^{2+} bakımından bir sınıflandırma yapılmadığı için bulunan değerler irdelenememiştir.

Arıtılmış suda analizi gerçekleştirilen SO_4^{2-} konsantrasyonu 6.58-14.60 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 9.54 mg/L'dir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde 1. sınıf su kalitesi için müsaade edilen 200 mg/L'lik SO_4^{2-} konsantrasyonu ve TS 266'da Sınıf 2 Tip 2 için müsaade edilen 250 mg/L'lik değer göz önüne alındığında arıtılan suyun SO_4^{2-} konsantrasyonu bakımından uygun olduğu görülmektedir.

Yüzeysel ham suda analizi gerçekleştirilen BOI_5 değerleri 0.600-0.933 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 0.715 mg/L'dir. Arıtılmış suda analizi gerçekleştirilen BOI_5 değerleri ise 0.200-0.400 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 0.242 mg/L'dir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre gerek yüzeysel ham su gerekse arıtılmış su BOI_5 bakımından 1. sınıf su kalitesine sahiptir. TS 266'da BOI_5 parametresi için bir değerlendirme yapılmadığından dolayı elde edilen analiz sonuçları TS 266'ya göre ayrıca irdelenememiştir.

Yüzeysel ham suda analizi gerçekleştirilen NO_3^- -N konsantrasyonu 1.80-3.14 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 2.21 mg/L'dir. Arıtılmış suda analizi gerçekleştirilen NO_3^- -N konsantrasyonu ise 1.00-2.30 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 1.38 mg/L'dir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre gerek yüzeysel ham su gerekse arıtılmış su, NO_3^- -N konsantrasyonu bakımından 1. sınıf su kalitesine sahiptir. TS 266'da Sınıf 2 Tip 2 için müsaade edilen 50 mg NO_3^- /L değeri 13.2 mg NO_3^- -N/L'ye karşılık gelmektedir. Dolayısı ile gerek yüzeysel ham su gerekse arıtılmış suyun NO_3^- -N konsantrasyonu bakımından TS 266'nın sınır değerlerine uygun olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik tarafından müsaade edilen değer de 50 mg NO_3^- /L'dir.

Arıtılmış suda analizi gerçekleştirilen Cl^- konsantrasyonu 7.33-10.50 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 8.70 mg/L'dir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde 1. sınıf su kalitesi için müsaade edilen 25 mg/L'lik değer dikkate alındığında, arıtılan suyun Cl^- konsantrasyonu bakımından oldukça uygun olduğu sonucuna varılmaktadır. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik tarafından müsaade edilen değer ise 250 mg Cl^- /L.

Arıtılmış suda analizi gerçekleştirilen bakiye klor değerlerinin ise 0.75-1.20 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Arıtılmış suda analizi gerçekleştirilen Al^{3+} konsantrasyonu 0.008-0.038 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 0.018 mg/L'dir. Gerek Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde 1. sınıf su kalitesi için müsaade edilen 0.300 mg/L'lik değer, gerekse TS 266'da Sınıf 2 Tip 2 için müsaade edilen 0.200 mg/L'lik değer dikkate alındığında arıtılan suyun Al^{3+} konsantrasyonu bakımından bir sakınca teşkil etmediği sonucuna varılmaktadır. Arıtılmış sudaki Al^{3+} konsantrasyonunun, koagülant olarak kullanılan Poli Alüminyum Clorür (PAC) ve alüminyum sülfat dan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yüzeysel ham suda analizi gerçekleştirilen toplam Fe konsantrasyonu 0.088-0.283 mg/L arasında değişmekte olup yıllık ortalama değer 0.186 mg/L olarak hesap edilmiştir. Arıtılmış sudaki toplam Fe konsantrasyonu değerlerine bakıldığında ise 0.008-0.024 mg/L arasında değişkenlik göstermekte olup yıllık ortalama değer 0.009 mg/L olarak tespit edilmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre gerek yüzeysel ham su gerekse arıtılmış su, toplam Fe konsantrasyonu bakımından 1. sınıf su kalitesine sahiptir. Ayrıca toplam Fe konsantrasyonu için TS 266'da Sınıf 1 ve Sınıf 2 Tip 1 için müsaade edilen 0.050 mg/L'lik değer ve Sınıf 2 Tip 2 için müsaade edilen 0.200 mg/L'lik değer dikkate alındığında arıtılmış suyun toplam Fe konsantrasyonu bakımından uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca arıtım sonucunda yüzeysel ham sudaki toplam demirin % 95'inin uzaklaştırıldığı anlaşılmaktadır.

Arıtılmış suda analizi gerçekleştirilen nitrit azotu (NO_2^- -N), amonyum azotu (NH_4^+ -N), mangan (Mn^{2+}) ve askıda katı madde (AKM) parametrelerinde herhangi bir bulguya rastlanmadığı için bu parametreler bakımından da arıtılmış suyun yüksek kaliteye sahip olduğu kanısına ulaşılmaktadır.

4. SONUÇLAR

2009 Eylül ile 2010 Ağustos dönemini kapsayan bir yıllık süreçte gerek yüzeysel ham suda gerekse arıtılmış suda düzenli olarak gerçekleştirilen ölçüm ve analizlerde; sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, alkalinite, kalsiyum, sülfat, beş günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, nitrat azotu, klorür, alüminyum, toplam demir, bakiye klor, nitrit azotu, amonyum azotu ve mangan parametreleri takip edilmiştir. Elde edilen veriler SKKY'ye göre irdelendiğinde Değirmendere akarsuyunun I. sınıf su kalitesine sahip olduğu, Atasu Arıtma Tesislerinde arıtılan suyun da gerek İTASHY gerekse TS 266'ya göre uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, arıtılan suyun içilebilirliğine karar verilebilmesi için tüm bu incelenen parametreler yeterli olamamaktadır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde Tablo 1'de (Kıtaçı Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri) verilen tüm parametrelerin düzenli aralıklarla incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Anonim, 2004, “Trabzon İl Çevre Raporu”, Trabzon Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Trabzon.
- [2] A. Bayram, V.N. Bulut, H. Onsoy, M. Tufekci, 2009, “Investigation of water quality parameters in the Stream Galyan (Trabzon, Turkey)”, 3rd International Conference on Water Management, Tipaza, Alger, 178-187.
- [3] V.N. Bulut, A. Bayram, A. Gundogdu, M. Soylak, M. Tufekci, 2010, “Assessment of Water Quality Parameters in the Stream Galyan, Trabzon, Turkey”, Environmental Monitoring and Assessment, 165, 1-13.
- [4] H. Önsoy, A. Bayram, V.N. Bulut, M. Tüfekçi, 2009, “Trabzon Kuşul ve Galyan Akarsularında Çözünmüş Oksijen Eksikliğinin İncelenmesi”, IV. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 525-533.
- [5] TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı, http://report.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?adnksdb2=&ENVID=adnksdb2Env&report=idari_yapi_09sonrasi.RDF&p_il=61&p_yil=2010&p_dil=1&desformat=html, 10.06.2011.
- [6] T.C. Resmi Gazete, 2004, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, Başbakanlık Basımevi 25687.
- [7] T.C. Resmi Gazete, 2005, “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”, Başbakanlık Basımevi 25730.
- [8] TS 266, 2005, “Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular, Türk Standartları Enstitüsü”, Ankara.

BÖLÜM 6

KATI ATIK YÖNETİMİ

ANTALYA KENTİ ATIK KARAKTERİZASYONU ve ENTEGRE KATI ATIK YÖNETİMİ ÖNERİLERİ

Arş. Gör. İpek YILMAZ, Arş Gör. Mehmet YURDAKUL, Prof. Dr. Bülent TOPKAYA

Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
ipekyilmaz@akdeniz.edu.tr, myurdakul@akdeniz.edu.tr, btopkaya@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Düşük değerde, kullanım dışı ya da faydasız kalıntı olarak ifade edilen veya başka bir deyimle sahibinin istemediği, ihtiyacı olmadığı, kullanmadığı, arıtma ve uzaklaştırılması gerekli maddeler olarak tanımlanan “katı atık” yerleşim birimlerinde insanların karşılaştığı en büyük çevre sorunlarından bir tanesidir. Uygun şekilde depolanmamış katı atıklar yeraltı ve yüzeysel su kirliliğine, haşerelerin üremesine, çevreye kötü kokuların yayılmasına, görüntü kirliliğine ve çeşitli hayvanlar vasıtasıyla mikropların yayılmasına neden olmaktadır.

Türkiye’nin önemli turizm merkezlerinden biri olan Antalya Kenti’nde oluşan katı atıklar karışık halde toplanarak, Kızıllı Düzenli Depolama sahasında gömülerek bertaraf edilmektedir. Düzenli depolama, katı atıkların bertarafında Türkiye’de oldukça yaygın kullanılan fakat sürdürülebilirlik esas alındığında en son tercih edilmesi gereken bir yöntemdir. Bu çalışma kapsamında, entegre katı atık yönetiminin uygulanabilmesinin temel aşaması olan Antalya Kenti atık özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar kelimeler: Katı atık, Atık karakterizasyonu, Entegre katı atık yönetimi.

1. GİRİŞ

İnsan yaşamının doğal bir sonucu olarak oluşmakta olan katı atıklar ve yaşam kalitesini yükseltmek için bu atıkların ortadan kaldırılması gerekmektedir. Katı atık yönetimi ile başlangıçta halk sağlığının korunması bağlamında meskün bölgelerden atıkların basit bir teknoloji ile uzaklaştırılması amaçlanırken, sonraları sağlıklı depolama alanlarında modern sistemlerle gerçekleştirilen, enerji ve maddenin geri kazanıldığı uygulamaya yönelik bir anlayış benimsenmiştir. Günümüzde ise küresel çabalar katı atık yönetimini, kent yaşamında sürdürülebilirliğe doğru yönlendirilmiş bir güç haline getirmiştir.

İlerlemekte olan günümüz teknolojisi, nüfus artışı, sanayileşme, kaynakların hızlı ve geri dönülemez şekilde tüketilmesi gibi etkenlerden dolayı, geleneksel sınırsız kalkınma ve tüketim modelleri yerini sürdürülebilir ve dengeli kalkınma modellerine bırakmak zorunda

kalmıştır. Ürünlerin tasarımı, üretimi ve kullanımı sırasında uygulanan yöntemleri değiştirilerek daha az atılacak madde elde edilmesi, üretilen atıkların kaynağında ayrıştırılma ile başlayıp yeni bir ürün gibi tekrar kullanılması veya atılması düşünülen, artık işe yaramayan eşyaların başka bir amaçla değerlendirilmeye alınması kısacası atıkların ekonomik bir girdiye dönüştürülmesi “sürdürülebilir katı atık yönetimi” nin temel adımlarını oluşturmaktadır. Çevresel olarak etkili, ekonomik olarak katlanılabilir ve sosyal olarak kabul edilebilir olması gereken sürdürülebilir atık yönetiminde amaç oluşturulan atık miktarının azaltılması ve oluşacak atıklarla baş edebilmek için Entegre Katı Atık Yönetiminin (EKAY) geliştirilmesidir. Atık azaltma, geri dönüşüm ve kompostlaştırma, geri kazanma, yakma ve düzenli depolama aşamalarını içeren EKAY, bütüncül bir sistem olmalı ve ekonomik değer oluşturabilmelidir.

Türkiye’nin turizm başkenti olarak nitelendirilen, 640 km kıyı şeridinde sahip olan Antalya Kenti, turizm sektörünün sağladığı iş olanakları dolayısıyla Türkiye’nin en çok iç göçe maruz kalan illerinden birisidir. 1990 – 2000 yılları arasında yapılan nüfus sayımlarına göre Türkiye’de kent merkezlerindeki ortalama yıllık nüfus artışı % 26,98 iken Antalya Kenti’nde bu artış % 46,67 olmuştur [1]. Hızlı nüfus artışı ve bilinçsiz aşırı tüketim sebebiyle doğal kaynaklar hızla azalmakta, nüfus artışı ile birlikte artış gösteren katı atık oluşumu ve düzgün şekilde bertaraf edilememesi de mevcut doğal kaynaklarda oldukça büyük zararlar oluşturmaktadır. 2003 yılına kadar atık bertarafında vahşi depolama yöntemi uygulanan şehirde, doğal kaynaklar ve insan sağlığı üzerinde oluşabilecek zararların önlenmesi amacı ile 2003 yılında düzenli depolama sahası inşa edilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Toplam 100 hektar alan üzerine kurulmuş ve 30 yıl kullanım ömrü ile planlanmış olan tesise gelen çöp miktarı yaz aylarında ortalama 1200 t/gün, kış aylarında ise ortalama 1000 t/gündür. Düzenli depolamanın, katı atıkların bertarafında Türkiye’de oldukça yaygın kullanılan fakat sürdürülebilirlik esas alındığında en son tercih edilmesi gereken bir yöntem olduğu bilinmektedir. Günümüz modern katı atık yönetim sistemleri üretim-biriktirme-toplama/taşıma-depolama kısa yolunu tercih etmemekte, mutlaka bir işleme-geri kullanım/geri dönüşüm/geri kazanım aşaması dahil edilmesini önermektedir. Bu doğrultuda, yerleşim yerlerinde sürdürülebilir olan uygun entegre katı atık yönetim aşamalarının gerçekleştirilebilmesi amacı ile atık karakterizasyonunun bilinmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Atık karakterizasyonu, bir bölgede üretilen katı atığın hangi bileşenlerden oluştuğunun belirlenmesi anlamına gelmektedir. Üretilen atığın miktarı, üretildiği bölgenin sosyoekonomik yapısı, hangi mevsimde üretildiği atık bileşenlerini etkileyen en önemli parametrelerdir. Oldukça zor olan bileşen belirleme çalışmaları çeşitli şekillerde yapılmakta olup, literatürde oldukça farklı bileşen grupları ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Çizelge 1.1’ de söz konusu bileşen belirleme çalışmaları ile ilgili literatür araştırması gösterilmektedir. Bu çalışmada

1.1 Entegre Katı Atık Yönetimi (EKAY)

Entegre Katı Atık Yönetimi (EKAY), toplum yaşantısına engel olmadan en az atığın üretildiği, atık oluşumunu azaltarak atık kaynaklarının dikkatli bir şekilde yönetiminin sağlandığı, atık bileşenlerinin belirlenerek enerji ve/veya materyal olarak geri kazanımının sağlandığı, çevre ve ekonomik yüklerin minimize edildiği bir sistemdir. Kısacası, kaynağında azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve bertaraf EKAY’ nin ana hatlarını oluşturmaktadır. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından önerilen bileşen sayısı esas alınmıştır.

Çizelge 1.1 Karakterizasyon çalışmaları [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]

	KAYNAK	BİLESEN SAYISI	AÇIKLAMA
1	Rugg (1997)	2	Organik Atıklar/Yanılabilenler (Kağıt, bulaşık atığı, yiyecek atığı, plastik, diğer organikler) İnorganikler/Yanımayanlar (Metal, cam, piller, diğer inorganikler)
2	Mbunde (2003)	8	Organik, kağıt, cam, plastik, diğer organikler, inşaat ve yıkım atıkları, tehlikeli evsel atıklar, özel atıklar
3	CTWMB (1999)	9	Kağıt, cam, metal, plastik, diğer organikler, inşaat ve yıkım atıkları, tehlikeli evsel atıklar, diğer atıklar, karışık kalıntı
4	Franklin and Associates (1999)	9 9	Kağıt-karton, bulaşık atıkları, diğer, losit-deri-tekstil, yiyecek, tahta-ağaç, plastik, metal, cam
5	RVF (2003b)	9	Biyoatıklar, kağıt, plastik, cam, metal, diğer inorganikler, tehlikeli atıklar, elektrik-elektronik atıklar, diğer herşey
6	Scott (1995)	9	Mutfak ve bulaşık atıkları, kağıt ve karton, plastik, metal, tekstil, karışık yanabilenler, cam, karışık yanmayanlar, ince atıklar
7	Petersen (2004)	10	Biyoatıklar, yanabilenler, ineri atıklar, bebek bezleri, kağıt ambalaj, plastik ambalaj, metal ambalaj, kağıt/gazete, tehlikeli atıklar
8	Nordtest (1995)	11	Kağıt, karton, purçalanabilir atıklar, plastikler, bebek bezleri ve adet bezleri, diğer yanabilenler, cam, metal, diğer yanmayanlar, tehlikeli atıklar, kalıntı (ince atıklar)
9	European Commission (2004)	12	Organik, tahta-ağaç, kağıt-karton, plastikler, cam, tekstil, metaller, tehlikeli evsel atıklar, kompleks ürünler, ineri atıklar, diğer kategoriler, ince atıklar
10	ADEME (1998)	13	Fermente edilebilir atıklar, kağıt, karton, kompozitler, tekstiller, sağlık hizmetleri tekstilleri, plastikler, karışık yanmayanlar, cam, metaller, karışık yanmayanlar, özel atıklar, ince atıklar
11	ASTM International (2003)	13	Karışık kağıt, birinci sınıf kağıt, gazete kağıdı, corrugated, plastikler, bulaşık atıkları, yiyecek atıkları, tahta, diğer organikler, demir, alüminyum, cam, diğer inorganikler
12	Reinhart and McCaulay-Bell (1996)	13	Kağıt, plastikler, metaller, cam, organik atıklar, inşaat kalıntıları, tahta, tekstil ve deri, elektrik-elektronik atıklar, lastik, tehlikeli atıklar, tıbbi atıklar, karışık atıklar
13	Cornelissen and Oite (1995)	15	Biyoatıklar ve tanımlanmayan ince atıklar, kağıt ve karton, plastikler, cam, demir metaller, demir olmayan metaller, tekstiller, ekmecek (yiyecek) atıkları, hayvan öpleri, seramikler, halı ve paspas atıkları, deri ve lastik, tahta, özel atıklar, küçük kimyasal atıklar
14	SAEFL (2004)	17	Demir, demir olmayan metaller, cam, toprak kağıt, karton, mineraller, doğal organik ürünler, biyoatıklar, tekstiller, plastik kaplar, diğer plastikler, karışık ambalaj atıkları, elektrik/elektronikler, piller, diğer karışık atıklar, özel atıklar, kalıntı
15	Ohlsson (1998)	19	Gazete kağıdı, karton, plastik film ambalaj, yoğun plastik ambalaj atıkları, kağıt ambalaj atıkları, cam ambalaj atıkları, metal ambalaj atıkları, yiyecek atıkları, bulaşık atıklar, çocuk bezleri, ambalaj atığı olmayan kağıt, ambalaj atığı olmayan cam, ambalaj atığı olmayan metal, elektrik/elektronik atıklar, tekstiller, tahta, diğer kategoriler, tehlikeli atıklar
16	RVF (2005a)	19	Gazete kağıdı, karton, köpük plastik ambalaj atıkları, plastik film ambalaj atıkları, yoğun plastik ambalaj atıkları, kağıt ambalaj atıkları, cam ambalaj atıkları, metal ambalaj atıkları, ambalaj atığı olmayan plastik, ambalaj atığı olmayan metal, tekstiller, tahta, diğer yanabilenler, diğer yanmayanlar, tehlikeli atıklar
17	T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı	16	Mutfak atıkları, kağıt, karton, hacimli karton, plastik, cam, metal, hacimli metal, atık elektrik ve elektronikler, tehlikeli atık, park ve bulaşık atıkları, diğer yanmayanlar, diğer yanabilenler, diğer yanabilir hacimli atıklar, diğer yanmayan hacimli atıklar, diğer

1.1.1 EKAY Oluşturulması

EKAY' nin oluşturulmasında aşağıdaki adımlar izlenmektedir.

Yetkili / Sorumlu Belirleme

Atığa ait işlemlerin tek elden ve sorunsuzca yürütülebilmesi için ilk adım olarak bu konuda bir sorumlu belirlenmeli, bu kişi ya da işletme tarafından yeterli sayıda personelden oluşan bir çevre birimi oluşturulmalı, sorumlu tarafından atık toplamakla görevli personeller, atık geçici depolama alanı sorumlusu gibi diğer görev paylaşımları da yapılmalıdır.

Atığın Tanımlanması

Bölgedeki atık oluşum noktaları belirlenmeli, (Evsel, endüstriyel, ticari, tarım, havalimanı, oteller, organize sanayi bölgesi, hastaneler vb.), bu noktalardan oluşabilecek tüm atıklar ilk önce tanımlanmalı ve kaynakları belirlenmeli, evsel nitelikli katı atıklar, ambalaj atıkları ve endüstriyel nitelikli atıklar (tehlikeli atıklar, atık yağlar, kontamine (herhangi bir tehlikeli atık/atık yağ bulaşmış), bitkisel atık yağlar, atık piller, tıbbi atıklar) belirlenmeli, bunların oluşum sıklığı ve miktarları tespit edilmeli, bu atıkların hangi mevzuata tabi olduğu, nasıl toplanması, taşınması, geçici depolanması gerektiği, maksimum depolama süresi gibi hususlar belirlenmelidir.

Kaynağında Ayrı Toplama

Tüm atıkların kaynağında ayrı toplanması için bu atıkların oluştuğu yerlere yeterli büyüklükte ve sayıda atığın türüne ve niteliğine uygun konteynerler konmalı, tehlikeli atıklar için kapalı konteynerler kullanılmalı, her bir konteynerler üzerine - içerisine atılacak atığın türünü belirten bilgi ve uyarı etiketleri yazılmalı, eğer mümkünse farklı atıklar için farklı renklerde konteynerler da kullanılmalıdır.

Geri Dönüşüm

Geri Dönüşüm, kullanım dışı kalan nesnenin yani atığın ham madde olarak kullanılıp yeniden imalata katılmasıdır. Toplanan ve içeriği belirlenen atıkların bertaraf/geri kazanımında uygulanması gereken yöntemler araştırılmalı, uygun geri dönüşüm metodu belirlenerek gerekli işlemlere tabi tutulmalıdır.

Depolama

Günümüz modern katı atık yönetim sistemlerinde atığın direkt depolanması değil de değerlendirilebilecek atıkların değerlendirilmesi, herhangi bir şekilde yeniden kullanılamayacak ve geri dönüştürülemeyecek atıkların depolanması tercih edilmektedir.

Personel Eğitimi

Gerek atık yönetiminden sorumlu ekibe, gerekse tüm personele atık yönetimi konusunda eğitim/bilgi verilmeli, herkesin üzerine düşen vazifeler bildirilmeli ve atıkların ayrı toplanması konusunda herkesin hassasiyet göstermesi hususları hatırlatılmalıdır.

2. MATERYAL METOT

2.1 Araştırma Bölgesi

2010 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi veri tabanına (ADNKS) göre toplam 1 392 974 kişi nüfusa sahip olan Antalya Kenti, 2008 yılına kadar Kepez, Muratpaşa ve Konyaaltı

olmak üzere üç merkez ilçe belediyesinden oluşmakta iken, 5747 sayılı “Büyükşehir Belediyesi Sınırları İçerisinde İlçe Kurulması ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması” Kanuna göre 2008 yılında Döşemealtı ve Aksu ilçe belediyelerinin de katılımı ile beş merkez ilçe belediyesine sahip olmuştur.

2.2 Örneklemeye çalışmaları

Çalışma kapsamında yapılması planlanan atık karakterizasyon çalışmalarında, örneklemeye bölgelerinin ve örnek sayılarının belirlenmesi amacı ile Kepez, Muratpaşa ve Konyaaltı Belediyeleri Temizlik İşleri Şube Müdürlükleri ile ön görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler esnasında, belediye mücavir alan sınırları içerisinde olan sokaklarda bulunan konteyner sayıları ve belediyelerin düşük, orta ve yüksek gelir seviyeli mahalleleri hakkında bilgi alınmıştır. Bu bilgiler ışığında ve Büyükşehir Belediyesi karakterizasyon çalışma bölgeleri de esas alınarak, Kepez ve Muratpaşa Belediyeleri sınırları içerisinde olan bölgelerden alınacak atık örneklerinin Antalya atık karakterizasyonunun %80 ini temsil edeceği sonucuna varılmıştır. Örneklemeye çalışmaları Eylül 2010 – Haziran 2011 tarihleri arasında 4 kez yapılmış olup bu çalışma kapsamında kış çalışması sonuçları sunulmaktadır. Karakterizasyon çalışması yapmak amacıyla alınan örneklerin bölgeleri Çizelge 2.1’ de belirtilmektedir.

Çizelge 2.1 Karakterizasyon çalışması için örnek alınan bölgeler

	MURATPAŞA BELEDİYESİ	KEPEZ BELEDİYESİ
YÜKSEK GELİR SEVİYESİ	Yeşilbahçe Mahallesi	Özgürlük Mahallesi Ulus Mahallesi
ORTA GELİR SEVİYESİ	Meydankavağı Mahallesi	Yeşilyurt mahallesi Ahatlı Mahallesi
DÜŞÜK GELİR SEVİYESİ	Kızıltoprak Mahallesi	Habibler Mahallesi
ÇARŞI	Bankalar Caddesi Işıklar Caddesi	Örnek alınmamıştır

Örnekler alınırken, her bir örneğin üzerine ait olduğu bölgenin baş harfi ve kaçınıcı örnek olduğunu belirten etiketler yapıştırılmıştır. Belediye çöp toplama araçlarının ve sokak toplayıcılarının erken saatlerde çalışmaya başlaması olasılığı göz önünde bulundurularak, örnekler sabah saat 5.30’dan itibaren 2 saat içerisinde toplanmıştır. Örneklemeye çalışmaları ile ilgili fotoğraflar Şekil 2.1’ de gösterilmektedir.



(a) Örnek alma



(b) Etiketleme

Şekil 2.1 (a-b) Örneklemeye çalışmaları

2.2.1 Örnek sayılarının ve toplama noktalarının belirlenmesi

Belediyeler ile yapılmış olan görüşmeler sonucu elde edilmiş olan konteyner sayıları esas alınarak hangi bölgeden kaç örnek alınacağına karar verilmiştir. Bu durumda Çizelge 2.2’ de Muratpaşa Belediyesi sınırlarından örnek alınan mahalleler ve örnek sayıları verilmiştir.

2.2.1.1 Muratpaşa Belediyesi

27.12.2010 tarihinde, Muratpaşa Belediyesi ilçe sınırları içerisinde bulunan, Çizelge 2.2’ de belirtilen sokaklardaki konteynerlerden alınmış olan toplam 85 adet çöp poşetinin atık karakterizasyonu yapılmıştır. Söz konusu çalışma döneminde yaklaşık 121 kilogram atık toplanmıştır.

Çizelge 2.2 Muratpaşa Belediyesi örnek alma noktaları

MURATPAŞA BELEDİYESİ							
YÜKSEK GELİR SEVİYESİ (YEŞİLBAHÇE MAHALLESİ)		ORTA GELİR SEVİYESİ (MEYDANKAĞI MAHALLESİ)		DÜŞÜK GELİR SEVİYESİ (KIZILTOPRAK MAHALLESİ)		ÇARŞI (BANKALAR – IŞIKLAR CADDESİ)	
Sokak	Örneklenen Konteyner Sayısı	Sokak	Örneklenen Konteyner Sayısı	Sokak	Örneklenen Konteyner Sayısı	Sokak	Örneklenen Konteyner Sayısı
Portakal Çiçeği	4 adet	1296 Sokak	3 adet	914 Sokak	2 adet	Balbey Camii önü	2 adet
1446 Sokak	2 adet	1552 Sokak	2 adet	917 Sokak	1 adet	Ziraat Bankası önü	3 adet
1470 Sokak	2 adet	1565 Sokak	2 adet	971 Sokak	1 adet	Büyükşehir Belediyesi önü	2 adet
1450 Sokak	4 adet	1593 Sokak	2 adet	982 Sokak	1 adet		
1480 Sokak	2 adet	1598 Sokak	1 adet	935 Sokak	1 adet		
1453 Sokak	2 adet	Aspendos Bulvarı	4 adet	968 Sokak	1 adet		
1461 Sokak	2 adet	1582 Sokak	2 adet	939 Sokak	1 adet		
1482 Sokak	2 adet	Şehitler Caddesi	3 adet	907 Sokak	2 adet		
1466 Sokak	2 adet	1571 Sokak	3 adet				
Çınarlı Cad.	4 adet	1561 Sokak	3 adet				
Metin Kasapoğlu Cad.	4 adet	1569 Sokak	2 adet				
1457 Sokak	2 adet	1572 Sokak	2 adet				
1475 Sokak	2 adet	1556 Sokak	1 adet				
1474 Sokak	1 adet						
TOPLAM	35 adet	TOPLAM	30 adet	TOPLAM	10 adet	TOPLAM	7 adet

2.2.1.2 Kepez Belediyesi

28.12.2010 tarihinde, Kepez Belediyesi ilçe sınırları içerisinde bulunan, Çizelge 2.3’de belirtilen sokaklardaki konteynerlerden alınmış olan toplam 75 adet çöp poşetinin atık karakterizasyonu yapılmıştır. Söz konusu çalışma döneminde yaklaşık 91 kilogram atık toplanmıştır.

Çizelge 2.3 Kepez Belediyesi örnek alma noktaları

KEPEZ BELEDİYESİ					
YÜKSEK GELİR SEVİYESİ (ÖZGÜRÜK - ULUS MAHALLESİ)		ORTA GELİR SEVİYESİ (AHATLI – YEŞİLYURT MAHALLESİ)		DÜŞÜK GELİR SEVİYESİ (HABİBLER MAHALLESİ)	
Sokak	Örneklenen Konteyner Sayısı	Sokak	Örneklenen Konteyner Sayısı	Sokak	Örneklenen Konteyner Sayısı
Sakarya Bulvarı	4 adet	3176 Sokak	2 adet	5664 Sokak	1 adet
2662 Sokak	2 adet	3168 Sokak	2 adet	5670 Sokak	1 adet
2666 Sokak	2 adet	4324 Sokak	2 adet	5565 Sokak	1 adet
2653 Sokak	2 adet	4326 Sokak	2 adet	5665 Sokak	1 adet
2668 Sokak	2 adet	4355 Sokak	1 adet	5596 Sokak	1 adet
2664 Sokak	1 adet	4356 Sokak	1 adet	5530 Sokak	1 adet
2658 Sokak	2 adet	4337 Sokak	1 adet	5539 Sokak	1 adet
2661 Sokak	1 adet	4338 Sokak	2 adet	5591 Sokak	1 adet
2659 Sokak	3 adet	4354 Sokak	2 adet	5523 Sokak	1 adet
2656 Sokak	2 adet	4320 Sokak	2 adet	5529 Sokak	1 adet
2652 Sokak	2 adet	4304 Sokak	1 adet		
2654 Sokak	2 adet	4350 Sokak	2 adet		
2651 Sokak	1 adet	4330 Sokak	2 adet		
2105 Sokak	2 adet	4332 Sokak	2 adet		
Rasih Kaptan Cad.	2 adet	4334 Sokak	2 adet		
Mehmet Akif Cad.	3 adet	4325 Sokak	2 adet		
2107 Sokak	2 adet	4336 Sokak	2 adet		
TOPLAM	35 adet	TOPLAM	30 adet	TOPLAM	10 adet

2.3 Karakterizasyon çalışmaları

Antalya Kenti'nin sosyoekonomik yapısı göz önünde bulundurularak, 27 – 28 Aralık 2010 tarihinde, Çizelge 2.1' de belirtilen farklı bölgelerden toplanan atıklar, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 15.10.2007 tarihinde yayınlanan “Katı Atık Karakterizasyonu Analiz Metodu” kullanılarak Çizelge 2.4’ de gösterildiği gibi 16 farklı madde grubuna ayrıştırılmıştır (Şekil 2.2). Bu kapsamda, düşük, orta, yüksek gelir grubu ve çarşıda üretilen atık yüzde oranları belirlenmiştir.

Çizelge 2.4 Atık bileşenleri (Madde grupları) [13]

KATI ATIK BİLEŞENLERİ	
1	Mutfak atıkları
2	Kâğıt
3	Karton
4	Hacimli karton
5	Plastik
6	Cam
7	Metal
8	Hacimli metal
9	Atık elektrik ve elektronik ekipman
10	Tehlikeli atık
11	Park ve bahçe atıkları
12	Diğer yanmayanlar
13	Diğer yanabilenler
14	Diğer yanabilir hacimli atıklar
15	Diğer yanmayan hacimli atıklar
16	Diğer (yukarıdaki gruplar hariç)



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2.2 (a-b-c-d). Atık karakterizasyon çalışmaları

3. BULGULAR

3.1 Karakterizasyon çalışması sonuçları

Karakterizasyon çalışmaları kapsamında atıklar 16 farklı madde grubuna ayrılarak bileşenleri belirlenmiştir. Atık yönetim planının oluşturulmasında yön göstermesi amacı ile atıklar bileşenlerine göre, değerlendirilebilir, değerlendirilemeyen ve organik atıklar olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Çizelge 2.5’ de gruplarda mevcut olan atık karakteristikleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.5 Atık grupları

DEĞERLENDİRİLEBİLEN ATIKLAR	DEĞERLENDİRİLEMİYEN ATIKLAR	ORGANİK ATIKLAR
Kağıt	Atık elektrik ve elektronik atıklar	Mutfak atıkları
Karton	Tehlikeli atık	Park ve bahçe atıkları
Hacimli karton	Diğer yanamayanlar	
Plastik	Diğer yanabilenler	
Cam	Diğer yanabilir hacimli atıklar	
Metal	Diğer yanmayan hacimli atıklar	
Hacimli metal	Diğer	

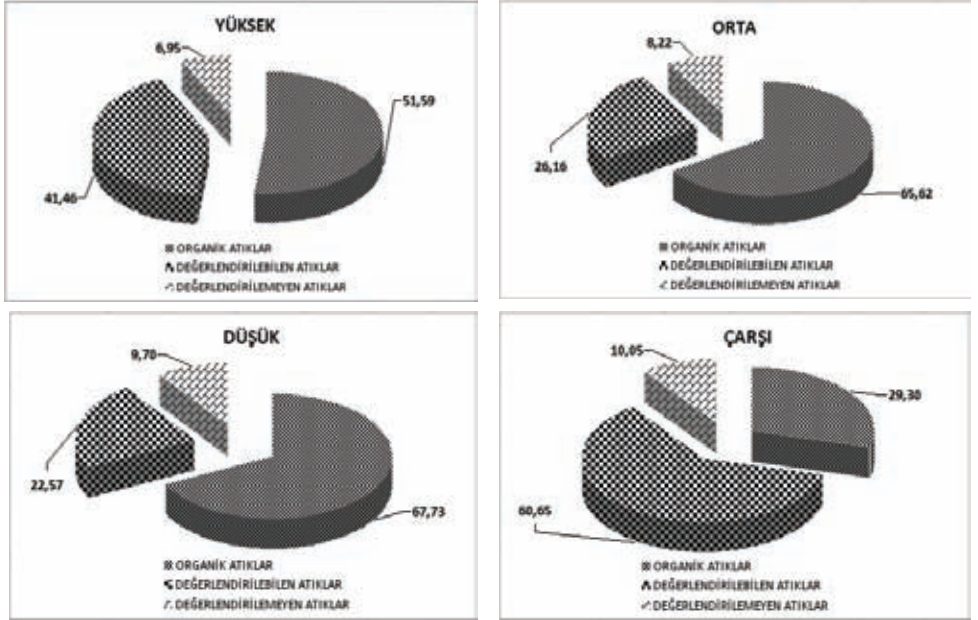
3.1.1 Muratpaşa Belediyesi

Çizelge 2.6, 27 Aralık 2010 tarihinde yapılmış olan, Muratpaşa Belediyesi atık karakterizasyon çalışması sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 2.6 Muratpaşa Belediyesi atık karakterizasyon sonuçları

	BİLEŞEN	DAĞILIM (%)				
		YÜKSEK	ORTA	DÜŞÜK	ÇARŞI	ORTALAMA
1	Mutfak atıkları	50,46	63,96	48,29	29,30	48,00
2	Kâğıt	12,31	7,05	4,39	23,56	11,83
3	Karton	3,43	4,52	6,75	4,25	4,74
4	Hacimli karton	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	Plastik	10,61	8,37	6,47	21,48	11,73
6	Cam	14,27	5,81	4,92	8,38	8,34
7	Metal	0,84	0,42	0,04	2,98	1,07
8	Hacimli metal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Atık elektrik ve elektronik ekipman	0,95	0,00	0,00	0,00	0,24
10	Tehlikeli atık	2,10	0,08	0,24	0,00	0,61
11	Park ve bahçe atıkları	1,13	1,66	19,44	0,00	5,56
12	Diğer yanmayanlar	0,00	2,12	0,00	0,00	0,53
13	Diğer yanabilenler	3,90	3,71	2,38	10,05	5,01
14	Diğer yanabilir hacimli atıklar	0,00	2,31	7,08	0,00	2,35
15	Diğer yanmayan hacimli atıklar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOPLAM		100	100	100	100	100

Şekil 2.3' de Muratpaşa Belediyesi atık karakterizasyonu sonucu elde edilmiş olan değerlendirilebilen, değerlendirilemeyen ve organik atık yüzde oranları gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Muratpaşa Belediyesi atık grubu yüzde oranları

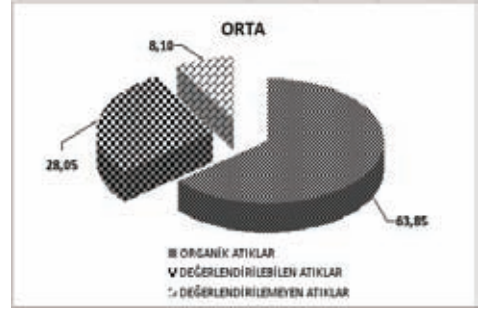
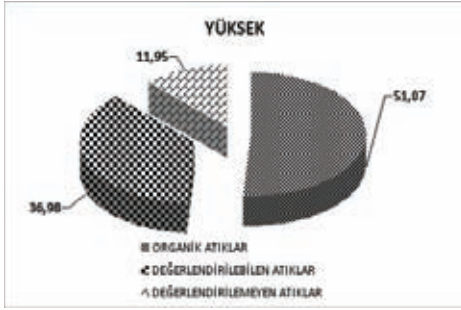
3.1.2 Kepez Belediyesi

Çizelge 2.7, 28 Aralık 2010 tarihinde yapılmış olan, Kepez Belediyesi atık karakterizasyon çalışması sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 2.7 Kepez Belediyesi atık karakterizasyon sonuçları

	BİLEŞEN	DAĞILIM (%)			
		YÜKSEK	ORTA	DÜŞÜK	ORTALAMA
1	Mutfak atıkları	49,43	56,11	56,89	55,48
2	Kâğıt	11,43	6,15	13,60	10,39
3	Karton	8,03	2,70	0,00	3,58
4	Hacimli karton	1,86	0,00	0,00	0,62
5	Plastik	10,29	8,79	13,01	10,70
6	Cam	5,16	9,98	7,83	7,66
7	Metal	0,21	0,43	0,00	0,21
8	Hacimli metal	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Atık elektrik ve elektronik ekipman	0,32	0,00	0,00	0,11
10	Tehlikeli atık	0,75	0,22	0,15	0,37
11	Park ve bahçe atıkları	1,64	3,75	5,07	3,48
12	Diğer yanmayanlar	0,00	2,89	0,00	0,96
13	Diğer yanabilenler	5,63	4,99	3,45	4,69
14	Diğer yanabilir hacimli atıklar	5,25	0,00	0,00	1,75
15	Diğer yanmayan hacimli atıklar	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00
TOPLAM		100,00	100,00	100,00	100,00

Şekil 2.4’ de Kepez Belediyesi atık karakterizasyonu sonucu elde edilmiş olan değerlendirilebilen, değerlendirilemeyen ve organik atık yüzde oranları gösterilmektedir.



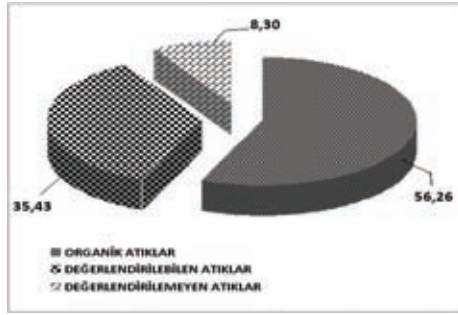
Şekil 2.4 Kepez Belediyesi atık grubu yüzde oranları

3. SONUÇLAR

Antalya Kenti'nde, Muratpaşa Belediyesi sınırlarında 2006 yılından itibaren, Kepez Belediyesi sınırlarında ise 2009 yılından itibaren atıkların kaynağında ayrı toplanması, değerlendirilemeyen atıkların düzenli depolama sahasına gömülmesi yönetim sistemi başlatılmıştır. Fakat yapılmış olan atık karakterizasyon çalışmalarında, söz konusu belediyelerin sınırlarından alınmış çöp poşetlerinin büyük çoğunluğunda değerlendirilebilen ve değerlendirilemeyen atıkların ayrı toplanmadığı, aynı poşetler içerisinde konteynerlere atıldığı gözlenmiştir.

Çalışma sonuçları göz önünde bulundurulduğunda Kepez Belediyesi sınırları içerisine üretilen yiyecek atıklarının Muratpaşa Belediyesi sınırlarında üretilenden daha yüksek orana sahip olduğu, en fazla değerlendirilebilir atığın ise Muratpaşa Belediye sınırları içerisinde bulunan ışıklar ve Bankalar Caddelerinde (Çarşı bölgesi) üretildiği görülmektedir.

Antalya Kenti genelinde kış mevsiminde ortalama %57 oranında organik atığın (mutfak atığı, park bahçe atığı), %35 oranında değerlendirilebilir atığın (kağıt, karton, hacimli karton, plastik, cam, metal, hacimli metal) ve %8 değerlendirilemeyen atığın (elektrik ve elektronik atıklar, tehlikeli atık, diğer yanmayanlar, diğer yanabilenler, diğer yanabilir hacimli atıklar, diğer yanamayan hacimli atıklar ve bu atık grubu dışında kalan atıklar) üretildiği belirlenmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Antalya Kenti kış mevsimi atık dağılımı

Söz konusu atık karakteristiğinin belirlenmesi çalışmalarında, Antalya Kenti'nde yüksek, orta ve düşük gelir seviyeli semtlerde üretilen atık gruplarındaki farklılıkların, aynı yönetim sisteminin uygulanmasına engel olacak kadar büyük olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, atıkların kaynağında “ıslak” ve “kuru” olmak üzere 2 farklı gruba ayrılmasının ve her iki atık grubunun farklı araçlarla toplanmasının, bu doğrultuda kaynağında ayrılmış değerlendirilebilen atıklar için uygun geri dönüşüm sistemlerinin oluşturulmasının ve değerlendirilemeyen yaklaşık %8 oranındaki atığın düzenli depolama sahasına gömülmesinin uygun yöntemler olacağı düşünülmektedir. Bu uygulamaların başarı ile devam ettirilmesinde en önemli faktör, halkın atıkları kaynağında doğru bir şekilde ayırmasıdır. Yapılan araştırma gösteriyor ki halkın bilinçlendirilmesi çalışmalarının da artırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ANONİM-I, <http://www.tuik.gov.tr/>
- [2] ADEME MODECOM_, 1998. A Method for Characterisation of Domestic Waste. Agency for Environment and Energy Management, France.
- [3] ASTM International, 2003. Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. In: ASTM D5231-92. American Society for Testing and Materials, US.
- [4] CIWMB, 1999. Statewide waste characterization study. Results and Final Report, #340-00-009, California Integrated Waste Management Board, State of California, US. <<http://www.ciwmb.ca.gov/publications/LocalAsst/34000009.pdf>>.
- [5] European Commission, 2004. Methodology for the analysis of solid waste (SWA-tool), 5th Framework Program, Vienna, Austria. <<http://www.wastesolutions.org>>.
- [6] Franklin and Associates, 1999. Characterization of municipal solid waste in the United States: 1998 Update. Report No. EPA530, Municipal and Industrial Solid Waste Division, Office of Solid Waste, Environmental Protection Agency, US.
- [7] Mbande, C., 2003. Appropriate approach in measuring waste generation, composition and density in developing areas. Journal of the South African Institution of Civil Engineering 45 (3), 2–10.
- [8] Nordtest, 1995. Solid waste, municipal: sampling and characterisation. Nordtest method NT ENVIR 001, Finland. <www.nordtest.org>.
- [9] Reinhart, D., McCauley-Bell, P., 1996. Methodology for conducting composition studies for discarded solid waste. Report 96-1, University of Central Florida/Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management, Gainesville, US.
- [10] Rugg, F.M., 1997. Solid waste/characterization methods. In: Liu, David H.F., Lipta'k, Be'la G. (Eds.), Environmental Engineers' Handbook. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, ISBN 0-8493-9971-8, pp.1158–1174.
- [11] Scott, P.E., 1995. The International Energy Agency's (IEA) work in harmonising sampling and analytical protocols related to municipal solid waste (MSW) conversion to energy. Biomass and Bioenergy 9 (1–5), 415.
- [12] SAEFL, 2004. A survey of the composition of household waste 2001/2002. Environmental Series No. 356, Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, The Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications, Bern, Switzerland.
- [13] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı “Kati Atık Karakterizasyonu Analiz Metodu” el kitabı

ANTALYA KENTİ'NDEKİ KATI ATIK GERİ DÖNÜŞÜM ÇALIŞMALARI

Derya Ünver*, Mehmet Yurdakul, İpek Yılmaz**, Bülent Topkaya****

*Güvenç Kâğıtçılık Fehmi Kaya, ANTALYA

** Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, ANTALYA

unverderya@hotmail.com, myurdakul@akdeniz.edu.tr,
ipekyilmaz@akdeniz.edu.tr, btopkaya@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Teknolojik gelişmeler, hızlı nüfus artışı, tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve buna benzer birçok nedenden dolayı doğal kaynaklar hızla azalmaktadır. Doğal kaynaklardaki bu azalmaya karşın doğaya bırakılan atık miktarı da hızla artmaktadır. Yerleşim birimlerinde karşılaşılan en önemli çevre sorunlarından birisi üretilen katı atıkların sürdürülebilir şekilde yönetilmemesidir. Sürdürülebilir atık yönetimi, belli bir atık yönetim amacı ve hedefine yönelik olarak gerekli uygun yöntem, teknoloji ve yönetim programlarının seçilmesi ve uygulanması olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir atık yönetimi için başlıca 5 esas stratejinin uygulanması öngörülmektedir; Atık azaltma/önleme, tekrar kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve bertaraf (genellikle düzenli depolama) bu stratejileri oluşturmaktadır.

Atık azaltma/önleme ve tekrar kullanım ile atıklar kaynağında daha üretilmeden azaltılacak ve kullanılan eşyalardan maksimum fayda sağlanacaktır; ancak her durumda atığın oluşması kaçınılmaz bir durumdur. Bu durumda ise sürdürülebilir atık yönetiminin diğer seçenekleri (geri dönüşüm, ger kazanım ve bertaraf) devreye girmektedir. Bunlar içerisinde en öncelikli olanı geri dönüşümdür. Geri dönüşüm sayesinde; kentsel katı atıklar içindeki geri dönüştürülebilir maddelerin ayrılarak üretime döndürülmesini sağlar, sınırlı maden kaynakları korunur, daha az ham madde ve enerji kullanımı gerçekleşir, atık depolama tesislerinin hizmet ömrü artar, etkili bir geri dönüşüm sonucu, kompost ve yakma tesislerinin verimleri ile ürün ve kül kaliteleri de artar.

Çalışma kapsamında Antalya kentinin en fazla nüfus yoğunluğuna sahip iki merkez ilçesi olan Kepez ve Muratpaşa ilçelerinde, gerçekleştirilmekte olan geri dönüşüm çalışmaları incelenmiştir. Atık kompozisyonunu belirlemek amacıyla ilçeler gelir seviyelerine göre (düşük, orta, yüksek) ayrılmış ve karakterizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ilçelerde yapılmakta olan geri dönüşüm çalışmalarıyla ilgili veriler (toplanan katı atıklar,

toplama maliyeti) incelenmiş, değerlendirilmiş ve Antalya kenti için sürdürülebilir atık yönetimi hakkında önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Antalya, Geri Dönüşüm, Sürdürülebilir Atık Yönetimi

1.GİRİŞ

İnsan yaşamının doğal bir sonucu olarak katı atıklar oluşmakta ve yaşam kalitesini yükseltmek için bu atıkların ortadan kaldırılması gerekmektedir. Katı atık yönetimi ile başlangıçta halk sağlığının korunması bağlamında meskûn bölgelerden atıkların basit bir teknoloji ile uzaklaştırılması amaçlanırken, sonraları sağlıklı depolama alanlarında modern sistemlerle gerçekleştirilen, enerji ve maddenin geri kazanıldığı uygulamaya yönelik bir anlayış benimsenmiştir. Günümüzde ise küresel çabalar katı atık yönetimini, kent yaşamında sürdürülebilirliğe doğru yönlendirilmiş bir güç haline getirmiştir.

Sürdürülebilir atık yönetimi, belli bir atık yönetim amacı ve hedefine yönelik olarak gerekli uygun yöntem, teknoloji ve yönetim programlarının seçilmesi ve uygulanması olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir atık yönetimi için başlıca 5 esas stratejinin uygulanması öngörülmektedir; Atık azaltma/önleme, tekrar kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve bertaraf (genellikle düzenli depolama) bu stratejileri oluşturmaktadır. Atık azaltma/önleme ve tekrar kullanımın sağlanamadığı durumlarda geri dönüşüm büyük önem kazanmaktadır.

2005 yılında yürürlüğe giren Ambalaj Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde ambalaj atıklarının çevreye olan zararlarını azaltmak ve ekonomik getiri sağlamak amacıyla geri kazanım hedefleri belirlenmiştir. Yıllık geri kazanım hedefleri Çizelge 1’de yer almaktadır.

Çizelge 1. Yıllık Geri Kazanım Hedefleri

	Yıllık geri kazanım hedefleri (%)			
Yıllar	Cam	Plastik	Metal	Kağıt/Karton
2005	32	32	30	20
2006	33	35	33	30
2007	35	35	35	35
2008	35	35	35	35
2009	36	36	36	36
2010	37	37	37	37
2011	38	38	38	38
2012	40	40	40	40
2013	42	42	42	42
2014	44	44	44	44
2015	48	48	48	48
2016	52	52	52	52
2017	54	54	54	54
2018	56	56	56	56
2019	58	58	58	58
2020	60	60	60	60

2. KEPEZ İLÇESİ GERİ DÖNÜŞÜM PROJESİ

2.1 Kepez İlçesi Nüfus Özellikleri

Kepez, Antalya'nın kuzey bölgesinde bulunur. Güney sınırı halk arasında Çevre Yolu olarak bilinen Gazi Bulvarı ve Çakırlar yolu ile başlamakta olup kuzey il sınırına kadar devam eder. Antalya Büyükşehir Belediyesi Şehirlerarası Otobüs Terminali Kepez'de bulunmaktadır. Şehir merkezi'ne ulaşımı sağlayan hafif raylı sistem mevcuttur. Kuzeybatıda Döşemealtı, güneybatıda Konyaaltı, güneyde Muratpaşa, doğuda Aksu ilçeleri yer alır. İlçenin nüfus verileri ve yüzölçümü Çizelge 1.'de yer almaktadır.

Çizelge 2. Kepez İlçesinin Yıllara Göre Nüfusu ve Yüzölçümü [1]

İLÇE ADI	NÜFUS (2008)	NÜFUS (2009)	NÜFUS (2010)	YÜZÖLÇÜMÜ (km ²)
KEPEZ	379600	387119	399.006	403,76

2.2 Atık Kompozisyonu

Kepez ilçesinde gerçekleştirilen karakterizasyon çalışmasında ilçe 3 gelir seviyesine (yüksek gelir, orta gelir, düşük gelir) ayrılarak karakterizasyon gerçekleştirilmiştir. Yüksek gelir olarak Özgürlük ve Ulus mahallelerinden, orta gelir olarak Yeşilyurt ve Ahatlı mahallelerinden, düşük gelir olarak da Habibler mahallesinden katı atıklar toplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen geri kazanılabilir atık yüzdeleri Çizelge 2'de yer almaktadır. Kepez Belediyesinin 2009 ilk dört aylık çöp deponi alanından alınan verilere göre günlük Kepez Belediyesinde 340 ton atık çıkmaktadır.

Çizelge 3. Kepez İlçe'sindeki Ambalaj Atığı Kompozisyonu

Kağıt/Karton (%)	Plastik (%)	Cam (%)	Alüminyum (%)	Çelik (%)	Kompozit (%)
50	20	10	2,5	7,5	10

2.3 Kepez Belediyesi Geri Kazanım Projesi Uygulama Aşamaları

Kepez Belediyesi Geri Kazanım Projesi 5 Aşamada tamamlanarak belediye sınırlarındaki tüm atık üreticilerine ulaşılması planlanmıştır. İlk olarak pilot bölge olarak seçilen Özgürlük ve Ulus mahallelerinde geri kazanım çalışmaları başlatılmış ve zamanla tüm ilçeye uygulanması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında da pilot bölgeden (Ulus ve Özgürlük) elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Kepez İlçesinde ambalaj atıklarının yoğun olarak çıkacağı (marketler, alışveriş merkezleri, hastaneler, okullar) bölgelere konteynır, atık kumbarası, atık kutusu koyularak toplama işlemi yapılması planlanmaktadır. Konteynır, atık kutu ve kumbaraları dolduğunda sözleşmeli firma olan Çevrim Atık Toplama Ayırma ve Dönüşüm A.Ş.'nin tesislerine getirilip ayrıştırılıp preslendikten sonra geri dönüşüm tesislerine gönderilmektedir.

Kaynağında ayrı toplama çalışmalarında aşağıdaki toplama yöntemleri kullanılmaktadır.

Geri dönüşüm kutuları: Okullar, hastaneler, sağlık kuruluşları ve resmi kurumlar,

Poşet: Konut, işyeri, market ve satış noktaları,

Kumbara konteynır ve Atık kutuları: Alışveriş merkezleri

2.4 Ambalaj Atıklarının Toplanma Şekli

Poşet İle Toplama

Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması sırasında, hanelere mavi renkli ambalaj atığı poşeti dağıtılmaktadır. Poşetler mavi üzerine siyah bakılı olup, ebatları 60-75 cm, kalınlığı 0,08 mikron, Hışır+PE malzemeden üretilmiştir. Poşetlerin üzerine ambalaj atıklarının çeşitlerine ait bilgiler bilgilendirme amacı ile resim ve yazı ile bastırılmıştır.

Kumbara Yöntemi ile Toplama

Kumbaralar dört gözden oluşmakta ve her bir göz üzerinde yazı ve resimler ile hangi atığın atılacağını belirten bilgiler bulunmaktadır. Kepez ilçesinde belli noktalara yerleştirilen 15 adet kumbara ile ambalaj atıkları ayrı toplanmaya başlanmıştır. Bu kumbaralar atık kağıtların ayrı toplanması konusunda halkın görsel anlamda bilinçlenmesi amacıyla yerleştirilmiştir.

Geri Kazanım Konteynırı ile Toplama

Büyük konteynırlar marketler ve alışveriş merkezleri, kamu kurumları ve diğer kurumlar, işyerleri gibi atığın yoğun olarak çıktığı işletmelerde kullanılmaktadır. Konteynırlar iki tip olup bunlara manuel olarak dolum yapılmaktadır.

İç Mekân Kutuları

Okullar, kamu kurumları ve ofislerde iç mekan kutuları atık biriktirmek için yerleştirilmiştir.

Toplama Araçları

Kepez Belediyesi'nde 18 Mart 2009 tarihinde başlatılan ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması çalışmalarında pilot bölgelerdeki iki mahallenin ambalaj atıklarının ayrı toplanması çalışmalarında 3 adet ambalaj atığı toplama aracı kullanılmaktadır. Kullanılan araçlar Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği kapsamında belirlenen kriterleri taşımaktadır.

2.5 Ambalaj Atığı Üreticilerinin Bilinçlendirilme Eğitimleri

Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği kapsamında atık üreticisi olarak bildirilen kişi ve kuruluşların ambalaj atıklarını kaynağında ayrı olarak biriktirmelerinin sağlanması, ayrı toplama çalışmalarına yapacakları katkıların günlük yaşamlarını ve geleceklerini nasıl etkileyeceğine dair bilgilerin aktarılması, eğitim kurumlarında öğrencilerin küçük yaşlarda atıklar konusunda bilgilendirilmesinin sağlanması, atıkların kaynağa ayrı toplanmasının avantajlarının bildirilmesi amacı ile periyotlar halinde, Kepez Belediyesi-Çevrim Atık Toplama Ayırma ve Dönüşüm A.Ş.- Çevre ve Orman İl Müdürlüğü ortaklığında oluşturulan bir ekip tarafından anlatılmaktadır.

2.6 Kepez İlçesinde Toplanan Atık Miktarları

Geri kazanım projesinin ilk etabı olan Özgürlük ve Ulus Mahallelerinde toplanan ambalaj atığı miktarı Mart ayında 8.720 kg, Nisan ayında ise 22.320 kg'dır.

Çizelge 4. Kaynağında Ayırıştırma Kapsamında Toplanan Ambalaj Miktarları [2]

Pilot Bölgede Toplanan Toplam Ambalaj Atığı Miktarı				
Mahalle Adı	Konut Sayısı	İşyeri Sayısı	Mart ayı Toplanan Ambalaj Atığı Miktarı (Kg / hafta)	Nisan ayı Toplanan Ambalaj Atığı Miktarı (Kg / hafta)
Özgürlük	4882	596	1140	3000
Ulus	5671	754	1040	2580
TOPLAM	10,553	1350	2180	5580

2.6.1. Maliyet Hesapları

2.6.1.1 Kepez Belediyesi Geri Dönüşüm Projesinin Gelirleri

Kepez Belediyesi Geri Dönüşüm Projesinin finansal tek geliri, toplanan ambalaj atıklarının satışından elde edilen gelirdir. Projenin ilk 2 ayından toplanan atıklarının satışından 1.680,96 TL gelir elde edilmiştir.

Çizelge 5. Ambalaj Ambalaj Atıklarının Satışından Elde Edilen Gelirler [6]

Atık Türleri	2009 Fiyatları (TL/kg)	2009 Mart Toplanan Atık Miktarı (kg)	2009 Nisan Toplanan Atık Miktarı (kg)	2009 Mart-Nisan Toplam Satış Geliri (TL)
Kağıt/Karton	0,20	1.962	5.022	1.396,80
Kompozit	0,20	11	28	7,80
Cam	0,07	22	56	5,46
Plastik (PP, PE, PS, PVC)	0,45	114	290	181,80
PET	0,40	28	73	40,40
Alüminyum	1,80	5	14	34,20
Çelik	0,25	16	42	14,50
Toplam	-	2.158	5.525	1.680,96

2.6.1.2 Kepez Belediyesi Geri Dönüşüm Projesinin Giderleri

Ambalaj atığı; toplama maliyetleri 40.440,00 TL/ay, ayırma maliyetleri aylık 24.320,00 TL/ay, idari personel maliyetleri ise 13.130 TL/ ay'dır. Giderler genel toplamda 77.890 TL/ay'dır.

Çizelge 6. Kepez Belediyesi geri kazanım projesi aylık maliyet tablosu [2]

GİDER KALEMLERİ	Birim Tutar (TL)	Toplam Tutar (TL)
TOPLAMA MALİYETİ		
Toplama Personeli Maliyeti (4 Personel) (Maaş + SSK + Yol)	1.150,00	4.600,00
Toplama Personeli Yemek Giderleri	10,00	1.040,00
Araç Yakıt Giderleri (4 Araç)	350,00	1.400,00
Araç Bakım Giderleri	300,00	1.200,00
Amortisman / Araç Kira Masrafları	-	5.200,00
Araç Sigortaları (Trafik ve Kasko)	1.500,00	6.000,00
İletişim Giderleri	-	1.000,00
Sarf Malzemeleri Giderleri (Torba, Afiş, Broşür, vb.)	-	15.000,00
Diğer Giderler	-	5.000,00
TOPLAM	-	40.440,00
AYIRMA MALİYETİ		
Ayırma Personeli Maliyeti (2 Personel) (Maaş + SSK + Yol)	1150	2.300,00
Ayırma Personeli Yemek Giderleri	10	520,00
Tesis Bakım Giderleri	-	2.000,00
Tesis İşletme Giderleri (Elektrik, Telefon, Su, vb.)	-	3.000,00
Ayırma Sarf Malzemeleri Bedelleri (Balya teli, forklift, vb.)	-	5.000,00
Nakliye Giderleri	-	10.000,00
Diğer Giderler	-	1.500,00
TOPLAM		24.320,00
DİĞER MALİYETLER		
İdari Personel Giderleri (3 Personel) (Maaş + SSK + Yol)	3.450,00	10.350,00
İdari Personel Yemek Giderleri	10,00	780,00
Diğer(Temsil ağırlama , seyahat, büro genel giderleri, vergi resim,harç)		2.000,00
TOPLAM		13.130,00
GENEL TOPLAM		77.890,00

Kepez Belediyesi Geri Dönüşüm Projesinin bir aylık toplam maliyeti 77.890 TL'dir. Pilot bölgede yapılan kaynağında ayrıştırma çalışmasında 2 ayda 154.100 TL zarar edilmiştir. Proje bölgesinin genişlemesi ile işletme giderlerinin düşeceği tahmin edilmektedir. [6]

3. MURATPAŞA İLÇESİ GERİ DÖNÜŞÜM PROJESİ

3.1 Muratpaşa İlçesi Nüfus Özellikleri

Muratpaşa, Antalya'nın en fazla nüfusuna ve nüfus yoğunluğuna sahip ilçesidir. Toplam nüfusu 2010 yılı itibarı ile 416.576'dır. 56 mahallesi vardır. Kaleiçi başta olmak üzere Antalya'nın ilk yerleşimleri Muratpaşa'da yer almaktadır. İlçenin nüfus verileri ve yüzölçümü Çizelge 7.'de yer almaktadır.

Çizelge 7. Muratpaşa İlçesinin Yıllara Göre Nüfusu ve Yüzölçümü [1]

İLÇE ADI	NÜFUS (2008)	NÜFUS (2009)	NÜFUS (2010)	YÜZÖLÇÜMÜ (km ²)
MURATPAŞA	377857	396906	416.576	92

3.2 Atık Kompozisyonu

Muratpaşa ilçesinde gerçekleştirilen karakterizasyon çalışmasında ilçe 4 gelir seviyesine (yüksek gelir, orta gelir, düşük gelir, çarşı) ayrılarak karakterizasyon gerçekleştirilmiştir. Yüksek gelir olarak Yeşilbahçe mahallesi, orta gelir olarak Meydankavağı mahallesi, düşük gelir olarak Kızıltoprak mahallesi ve çarşı olarak da Bankalar caddesi ile Işıklar caddesinden katı atıklar toplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen geri kazanılabilir atık yüzdeleri çizelgede yer almaktadır. Bölgede evsel atık miktarı kış aylarında ortalama 390 ton/gün ile yaz aylarında da ortalama 460 ton/gün olmaktadır.

Çizelge 8. Muratpaşa İlçe'sindeki Ambalaj Atığı Kompozisyonu

Kağıt/Karton (%)	Plastik (%)	Cam (%)	Metal (%)	Kompozit (%)
64	15	16	3	2

3.3 Muratpaşa Belediyesi Geri Kazanım Projesi Uygulama Aşamaları

Geri dönüşüm projesi; Muratpaşa belediyesi, yetkilendirilmiş kuruluş ÇEVKO ve lisanslı firma Ankon Çevre Teknolojileri Müh. San. Dış. Tic. Ltd. Şti. işbirliği ile 06.06.2006 tarihinde başlamıştır. Proje 5 aşamadan oluşmaktadır;

1. Aşama: Meltem ve Yeşilbahçe Mahallelerinin tamamı, Şirinyalı Mahallesi'nin Özgürlük Bulvarının kuzeyinde kalan kısmı, Fener Mahallesi'nin Tekelioğlu Caddesinin kuzeyinde kalan kesimi Çağlayan ve Güzeloba Mahallelerinin Barınaklar Bulvarı sınır alınarak kuzeyinde kalan kısım ve Oyak Sitesinde 20.888 konutta kaynağında ayrıştırma projesi başlatılmıştır. Ayrıca Muratpaşa Belediyesi sınırları içinde kalan tüm otel, kamu kurum ve kuruluşu, alışveriş merkezleri ve tüm ticari işletmeler projeye dahil edilmiştir.

2. Aşama: Bayındır, Soğuksu Mahalleleri ve Şirinyalı, Fener, Çağlayan, Güzeloba Mahallelerinin tamamı projeye dahil edilerek 42.662 konutta kaynağında ayrı toplama faaliyeti devam etmektedir.

3. Aşama: Belediye yetkilileri ile birlikte, sosyo-ekonomik yapı, yerleşim durumu ve tüketim alışkanlıkları göz önüne alınarak 25.000 konut daha mahalle bazında belirlenerek 2008 yılı içinde sisteme dahil edilmiştir.

4. Aşama: Belediye yetkilileri ile birlikte, sosyo-ekonomik yapı, yerleşim durumu ve tüketim alışkanlıkları göz önüne alınarak 25.000 konut daha mahalle bazında belirlenerek 2009 yılı içinde sisteme dahil edilmiştir.

5. Aşama: Muratpaşa Belediyesinin tamamına yaygınlaştırılması planlanmaktadır.

3.4 Ambalaj Atıklarının Toplanma Şekli

Poşet ile Toplama: Kaynağında ayrı toplama uygulamasında mavi renkli, şeffaf torbalar kullanılmaktadır. Ağız büzgülü olan torbaların ebadı 80 x 100 cm dir.. Üzeri baskılı olan torbalarda toplanması gereken atık türleri ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Kumbara Yöntemi ile Toplama: Bu yöntemde 1,45 x 1,45 x 1,80 m ebatlarında dört atma gözü bulunan kumbaralar kullanılmaktadır. Atma gözleri kağıt/karton, cam, metal ve plastik ambalajların ayrı olarak biriktirilmesi için tasarlanmış olup atılması gereken atık türleri belirtilmiştir. Bu tip kumbaralar okul, kamu kurumu ve atık miktarının yüksek olduğu sitelerde kullanılmaktadır.

Geri Kazanım Konteynırı ile Toplama: 1,10 m x 1,10 m x 0,80 m ebatlarında olan konteynırlar sosyoekonomik seviyenin yüksek olduğu, korunaklı konutlarda kullanılmaktadır.

İç Mekan Kutuları: İç mekan kutuları ise daha çok resmi kurum/kuruluşlar, işyerleri, okullarda olmak üzere bazı konutlarda kullanılmaktadır.

Ambalaj Atıklarının Toplanması: Ambalaj atıklarının toplanması için 6 adet toplama aracı yönetmelik hükümleri doğrultusunda dizayn edilmiş ve giydirilmeleri yapılmış olarak kullanılmaktadır.

3.5 Muratpaşa İlçesinde Toplanan Atık Miktarları

Muratpaşa Belediyesi Geri Kazanım Projesi, kaynağında ayrı toplama çalışmalarına 06.06.2006 tarihinde başlanmıştır. Projeye dahil edilebilen konutlar, okullar, alışveriş merkezleri, marketler, oteller, hastaneler, ticari işletmeler, kamu kurum ve kuruluşlarından toplanan karışık ambalaj atıklarının aylara göre değişimi Çizelge 9 'da verilmiştir.

Çizelge 9. Kaynağında Ayırıştırma Kapsamında Toplanan Ambalaj Miktarları [3]

	2006 Yılı Toplanan Atık Miktarı (ton)	2007 Yılı Toplanan Atık Miktarı (ton)	2008 Yılı Toplanan Atık Miktarı (ton)
Ocak	-	263	522
Şubat	-	303	543
Mart	-	323	568
Nisan	-	336	579
Mayıs	-	377	570
Haziran	59	422	-
Temmuz	103	490	-
Ağustos	118	503	-
Eylül	128	510	-
Ekim	183	512	-
Kasım	261	520	-
Aralık	231	541	-
Toplam	1.083	5.100	2.782

3.5.1 Maliyet Hesapları

3.5.1.1 Muratpaşa Belediyesi Geri Dönüşüm Projesinin Gelirleri

Proje kapsamında 2 gelir kaynağı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ayrıştırılan ambalaj atıklarının satışından elde edilen gelirler, ikincisi ise ÇEVKO Vakfı tarafından yapılan mali destektir.

Çizelge 10. Ambalaj atıklarının yıllara göre birim satış bedelleri [6]

Atık Türleri	2006 Fiyatları (TL/ton)	2007 Fiyatları (TL/ton)	2008 Fiyatları (TL/ton)
Kâğıt/Karton	80	100	120
Kompozit	60	80	90
Cam	50	60	75
Plastik (PP, PE, PS, PVC)	250	350	350
PET	250	400	450
Alüminyum	2.000	2.300	1.800
Çelik	350	400	500

2006 Yılı Atık Satış Tutarı: 135.266,70 TL

2007 Yılı Atık Satış Tutarı: 822.120,00 TL

2008 Yılı Atık Satış Tutarı: 489.910,20 TL

3.5.1.2 ÇEVKO Vakfı Belgelendirme ve Hizmet Bedelleri

2006 yılında ÇEVKO'nun belgelendirme ve hizmet bedeli olarak vermiş olduğu destek; kaynağında ayrı toplama projesi kapsamındaki gelir ve giderler arasındaki farka göre verilmekteydi. Bu kapsamda Ankon Mühendislik' in 2006 yılında almış olduğu bedel 87.988,78 TL'dir.

2007 yılında lisanslı toplama ve ayırma tesisine giren ve çıkan ambalaj atığı belgelenmek kaydıyla atık türüne bakılmaksızın destek birim fiyatı 30 TL/ton' dur.

5.100 ton * 30 TL/ton = 153.000 TL

2008 yılında farklı bir sistem getirilmiş olup, atık türlerine göre birim fiyat belirlenmiştir. Aynı şekilde tesise giren ve çıkan ambalaj atıkları kantar fişleri, faturalar ve irsaliyeler ile belgelendirilmiş olması gerekmektedir. Birim destek bedelleri; [4]

Plastik (PP, PE, PS, PVC, PET) : 51 TL/ton
Kağıt / Karton : 16 TL/ton
Çelik : 18 TL/ton
Alüminyum : 45 TL/ton
Cam : 15 TL/ton
Kompozit : 90 TL/ton

2008 Yılı Birim Destek Bedeli :

= [(64*16) + (16*15) + (15*51) + (1*45) + (2*18) + (2*90)] / 100 = 22,9 TL/ton

2008 Yılı Alınan Destek : 22,9 TL/ton * 2.782 ton = 63.707,80 TL

Çizelge 11. Geri Dönüşüm Projesinde Elde Edilen Gelirlerin Yıllara Göre Değişimi [3]

GELİRLER	2006	2007	2008	TOPLAM
Satışlardan Elde Edilen Gelirler (TL)	135.266,70	822.120,00	489.910,20	1.447.296,90
Çevko Desteği (TL)	87.988,78	153.000,00	63.707,80	304.696,58
GENEL TOPLAM (TL)	223.255,48	975.120,00	553.618,00	1.751.993,48

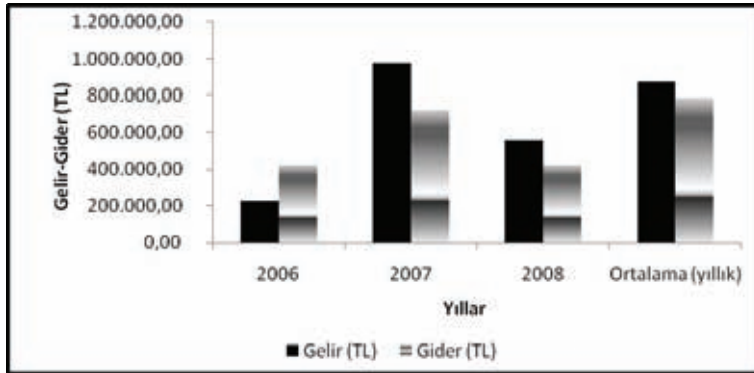
3.5.1.3 Muratpaşa Geri Dönüşüm Projesinin Giderleri

Ankon Mühendislik'in Toplama ve Ayırıştırma Tesisi Lisansı alması için Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği ile belirlemiş olduğu kriterleri sağlamış olması gerekmektedir. Ayırıştırma tesisinin bu kriterlere uygun hale getirilmesi için yapılan ilk yatırım maliyetleri Çizelge 12' de verilmiştir.

Çizelge 12. İlk Yatırım Maliyetleri [3]

Yatırım Kalemleri	Adet	Birim Fiyat	Toplam
Tesis Zeminin Betonlanması Bedeli	-	15.000	15.000
Tesis Etrafının 3 m Yüksekliğinde Kapatılması Bedeli	-	10.000	10.000
Çatı Yapım Bedeli	-	45.000	45.000
Araç Bedeli	6	17.000	102.000
Ayırıştırma Bandı Bedeli (12m*1m ebatlarında)	1	12.000	12.000
Besleme Bandı Bedeli (9m*1m ebatlarında)	2	8.000	16.000
Pres Bedeli (Manuel)	1	8.500	8.500
Ofis Araç Gereçleri (Bilgisayar, fax, masa, dolap vs).	-	4.000	4.000
Toplam	-	119.500	212.500

Muratpaşa Belediyesi Geri Dönüşüm Projesinin Haziran 2006- Haziran 2008 tarihleri arasındaki yatırım ve işletme giderleri toplam 1.564.600 TL' dir.



Şekil 1. Muratpaşa Belediyesi Geri Dönüşüm Projesi Yıllara Göre Gelir-Gider Değişimi

Muratpaşa Belediyesi Geri Dönüşüm Projesinin incelenen 24 ayı boyunca gelir-gider hesapları yapılarak 187.393,48 TL kar elde edildiği gözlenmiştir.

SONUÇLAR

Kentsel katı atıklar içerisindeki geri kazanılabilir atıklar ekonomik getirisi yönünden büyük öneme sahiptir. Antalya hem sahip olduğu yüksek nüfus yoğunluğu hem de turizm kapasitesiyle geri kazanılabilir atık üretimi yönünden büyük bir potansiyele sahiptir. Muratpaşa ve Kepez ilçelerinde gerçekleştirilen atık karakterizasyonu çalışmalarında geri kazanılabilir atık yüzdeleri Muratpaşa’da %30, Kepez’de %33 olarak belirlenmiştir.

Bölgelerde geri kazanılabilir atıklar geri dönüşüm poşetleri, iç mekan kutuları, geri kazanım konteynırları ve atık kumbaralarıyla toplanmaktadır. Toplanan atıklar farklı tip araçlarla (kapalı kasa, açık kasa, sıkıştırılmalı) toplanabilmektedir. Toplanan atıklar atık işleme tesisinde işlenerek satılmakta ve gelir elde edilmektedir.

Muratpaşa’da 2006, 2007 ve 2008 yıllarında toplanan geri kazanılabilir atıklar her yıl artış göstermiş ve elde edilen kar miktarı artmıştır. Kepez’de gerçekleştirilen 2 aylık pilot incelemede ise zarar edildiği ancak kısa süreli incelemeden dolayı zararın normal olduğu, ilerleyen yıllarda Kepez’in de Muratpaşa gibi kar elde edeceği beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, 2008
- [2] Kepez Belediyesi Atık Yönetim Planı, 2009
- [3] Muratpaşa Belediyesi Atık Yönetim Planı, 2007
- [4] ÇEVKO, Çevre Koruma ve Ambalaj Atıklarını Değerlendirme Vakfı İktisadi İşletmesi
- [5] T.C. Çevre Orman Bakanlığı. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 2005
- [6] ÜNVER, D. 2010. Antalya Kentinde Uygulanmakta Olan Katı Atık Yönetim Sistemlerinin Çevresel Ve Ekonomik Açından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.

ANTALYA KENTİ KATI ATIK YÖNETİMİ VE KATI ATIKLARIN DÜZENLİ DEPOLAMA YÖNTEMİYLE BERTARAFININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çevre Yük. Müh. Tahir BATI

Antalya Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı
Atık Yönetimi ve İşletme Şube Müdürlüğü, Antalya
tahirbatibati@yahoo.com

ÖZET

Katı atıkların toplanması taşınması ve bertarafı sorumluluğu belediyelere aittir. Antalya Büyükşehir Belediyesi mücavir alan sınırları dahilinde 5 merkez ilçe bulunmakta olup ilçelerin toplam nüfusu 1.002.000 kişidir. İlçe belediyelerce toplanan ve taşınan katı atıkların nihai bertarafı “Kızıllı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası”nda düzenli depolama yöntemiyle gerçekleştirilmektedir.

Kızıllı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası kent merkezine yaklaşık 30 km mesafede olup; 100 ha’lık alana düzenli depolama etapları için projeleri hazırlanmış şu an itibari ile yaklaşık 12,5 ha’lık alanda 3 etap olarak katı atık depolanması gerçekleştirilmiştir. Kızıllı Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında yaz aylarında günlük 1750 ton, kış aylarında ise 1200 ton katı atık depolanmaktadır.

Bu çalışmada Antalya ilinde oluşan katı atık miktarlarının 2004-2010 yılları arası miktar değişimleri, depolama sahası inşaatı taban geçirimsizliği teşkili ve katı atıkların madde grup analiz sonuçlarına göre düzenli depolanmasıyla sürdürülebilir katı atık yönetiminin değerlendirilmesi tartışılmıştır.

Anahtar Kelime: Katı atık, düzenli depolama, taban geçirimsizliği.

1.GİRİŞ

Kızıllı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Antalya şehir merkezine yaklaşık 30 km. mesafede Kızıllı Köyü-Taşköti mevkiinde olup, kentin kuzeydoğu yönünde yer almaktadır. Alana ulaşım 2 farklı güzergahtan sağlanabilmektedir. Birinci güzergah; Antalya-Varsak-Hötüşler güzergahı olup toplam mesafe 27 km. dir. İkinci güzergah ise, yeni Isparta yolu – Hasırlık güzergahı olup, toplam mesafe 34 km. dir. Uygulama Projesi çalışması kapsamında, sahada, topoğrafik yapının şartlarına bağlı olarak en iyi kullanım kapasitesini

sağlayacak, ekonomik, teknolojik olan ve çevre koruma tedbirleri dikkate alınmış bir projenin tasarımı hedeflenmiştir.

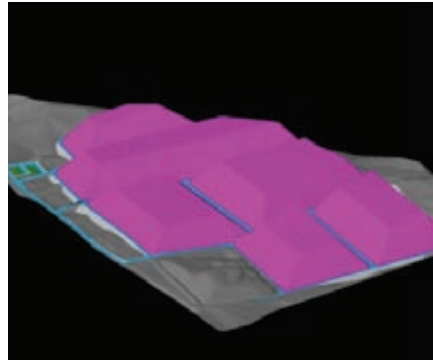
Bu çalışmada Antalya kentinde üretilen evsel katı atıkların bertarafında uygulanan yöntem tanıtılmış ve taban geçirimsizlik detayının oluşum süreci ve taban geçirimsizlik detayı uygulamaları hakkında bilgiler verilmiştir.

2.KIZILLI KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA SAHASI PROJESİ

Antalya Büyükşehir belediyesi mücavir alan sınırları dahilinde bulunan 5 merkezi ilçenin toplam nüfusu 1.000.081 kişidir. Ancak, kızıllı katı atık düzenli depolama tesisi çevre ilçeler (Serik ve kemer) ve turizm etkisi ile toplamda yaklaşık 1.500.000 kişilik nüfusun evsel nitelikli katı atıklarının düzenli depolama yöntemiyle bertaraf edildiği bir tesistir.

Antalya düzenli katı atık depolama sahası toplam 6 etap halinde katı atık düzenli depolama amacıyla projelendirilmiştir. 100 ha'lık toplam depolama alanının yaklaşık 67 ha lık alanı düzenli depolama için projelendirilmiş olup, 1. Etapı 4 ha'lık 4 lot dan oluşmakta olup şu an itibari ile 1. ve 2. Lot projede belirlenen yüksekliklere ulaşılmış olup 3. ve 4. Lotda düzenli depolama faaliyetine devam edilmektedir. Mevcut durumda 2003 yılından itibaren 16.8 ha'lık alanda katı atık depolama faaliyeti sonucu 3.101.654 ton evsel nitelikli katı atık herhangi bir işleme tabii tutulmaksızın düzenli depolama yöntemiyle bertaraf edilmiştir. Kızıllı katı atık düzenli depolama sahası projesi kapsamında öngörülen depolama etaplarının tamamlanması durumu şekil 1'de gösterilmiş olup etapların alanı ve depolanacak atık hacimleri tablo 1de verilmiştir.

ETAP NO	ETAP ALANI m ²	ETAP HACMİ m ³
ETAP 1	168.158	500.000
ETAP 2	96.863	500.000
ETAP 3	109.791	2.005.306
ETAP 4	117.406	2.202.657
ETAP 5	129.738	2.634.522
ETAP 6	49.625	2.890.177
TOPLAM	671.581	14.682.423



Tablo1. Lot Alan ve Hacimleri

Sekil 1. Depolama sahası tasarımı

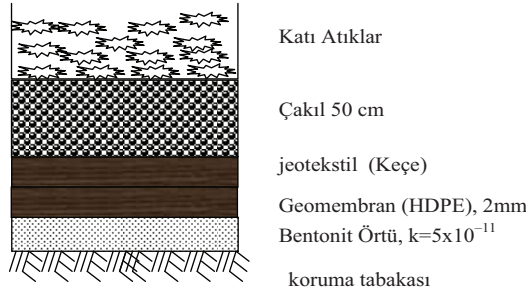
3.DEPOLAMA SAHASI TABAN GEÇİRİMSİZLİK DETAYI

Kızıllı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Uygulama Projelerinde taban geçirimsizliği alttan üste doğru Bentonit esaslı örtü, 2 mm kalınlığında Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) örtü, 2000 gr/m² yoğunluklu koruyucu ve dengeleyici jeotekstil örtü (keçe) ve örtü üzerine 50 cm kalınlığında 16-32 mm dere çakılı drenaj tabakası şeklindedir (Şekil 2.) Çakıl tabakasının içerisinde çöp suyunu toplamak amacı ile Q315 mm HDPE delikli drenaj

boruları döşenerek sızıntı suyunun drenajı sağlanmıştır. Drenaj boruları vasıtası ile toplanan sızıntı suyu 1200 m mesafedeki atıksu arıtma tesisine ulaştırılmaktadır.

Katı atık sahasında oluşacak sızıntı suyunun drene edilmesi amacıyla, Lot tabanında drenaj tabakası teşkil edilmiş, 16/32 mm dane boyutu dağılımlı yuvarlak kesitli dere çakıl malzemesi kullanılmıştır. Drenaj tabakası kalınlığı en az 50 cm ve kollektör hattında en az 60 cm. kullanılmıştır.

Bu boruların zaman içerisinde tıkanmasını önlemek amacıyla, hesaplanan debi miktarlarına göre boru çaplarının 2-3 kat fazla alınmıştır. Borulara müdahale edebilmek için menhol bacaları mevcuttur.



Şekil 2 Kızıllı Düzenli Katı Atık Depolama Sahası Taban Geçirimsizliği

Antalya Büyükşehir Belediyesi Kızıllı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası arazi kullanımı ve uygulama projeleri hazırlanması işi kapsamında toplam 168.158 m²'lik alan 1.Etap, 4 lot olarak projelendirilmiş olup, mevcut durumda 3.ve 4. Lot içerisinde atık depolanmasına devam edilmektedir.

4.DEPOLAMA TESİSİNDE BULUNAN ÜNİTE ve EKİPMANLARI

Kızıllı Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında alt yapı kapsamında; tesiste mevcut bulunan ünite ve ekipmanlar; depolama sahası çöp sızıntı suyu ana drenaj hattı, çöp sularını arıtma tesisine basan terfi yapısı, çöp sızıntı suyu arıtma tesisi, sahanın kullanma suyu ve yangın suyu ihtiyacını karşılayan 140 m³ lük su deposu, 60 m³/h kapasiteli yangın pompa sistemi, yangın hidrantları, atık depolama etapları çevresi yüzey suyu betonarme kuşaklama kanalları, giriş kabul, otomatik kapı, 80 tonluk dijital kantar, kantar binası, idari – laboratuvar binası saha içi ulaşım yolları, servis ve idari binası, atölye, 3 adet yer altı suyu gözlem kuyusu, tesisin enerji ihtiyacını karşılayan 1000kw lik trafo, enerji kesilmelerine karşı tesiste 400 kw stand by gücü olan jeneratör, paratoner, depolama sahasının su ihtiyacını temin eden derin kuyu dalgıç pompa sistemi ve aydınlatma sistemi mevcut olup saha çevresi tel çit ile çevrilidir. Ayrıca; depolama sahası işletmesi kapsamında kantar ünitesi güç kaynağı, depolama sahası 1,2,3 Lot, saha içi ulaşım yolları, araç çöp suyu alım ünitesi, araç lastik yıkama ünitesi, geri devir havuzu ve ekipmanları bulunmaktadır.

5.DEPOLANAN KATI ATIK MİKTARLARI

Kızılılı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası 2003 yılı Ekim ayı itibari ile işletmeye alınmış olup, Depolama sahasında bertaraf edilen katı atık miktarları yıllara göre aylık olarak tablo 2 de verilmiştir.

Tablo-2 Yıllara göre aylık atık miktarları (ton)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
OCAK	-	19.247	23.608	26.383	27.910	28.019	23.656	35.280	37.142
ŞUBAT	-	17.507	21.028	22.165	24.830	27.362	28.706	32.626	30.345
MART	-	19.413	23.701	26.186	27.117	30.987	29.198	36.138	40.554
NİSAN	-	20.089	23.650	28.632	25.864	31.371	31.330	36.210	41.250
MAYIS	-	23.076	26.754	32.186	30.825	32.032	36.344	42.853	46.569
HAZİRAN	-	25.513	29.705	35.985	33.272	35.730	37.450	48.844	51.829
TEMMUZ	-	25.489	33.598	38.269	36.332	37.766	40.250	53.840	53.733
AGOSTOS	-	25.089	33.201	36.559	34.497	36.109	38.001	45.740	52.228
EYLÜL	-	23.891	31.180	34.233	32.488	35.288	39.779	42.616	51.094
EKİM	12.000	24.441	28.672	35.656	30.896	32.000	39.545	42.172	-
KASIM	22.750	22.645	25.392	30.953	31.053	28.989	36305	37.989	-
ARALIK	25.250	23.307	25.552	28.912	31.855	30.653	38198	38.728	-
Toplam	60.000	269.707	326.041	376.119	366.939	386.306	418.762	493.036	404.744

6.DÜZENLİ DEPOLAMA SAHASI İŞLETMESİ

Kızılılı Katı Atık Düzenli depolama sahasına katı atık nakli merkez ve çevre ilçe belediyeler ile özel kurum ve kuruluşlar tarafından 8-13 m³ kapasiteli katı atık taşıma kamyonları ve katı atık taşıma tırları ile sağlanmaktadır. Depolama sahasına gelen atıkların evsel nitelikli atık ve tehlikesiz atık olması kontrolü ile atıkların sayıya kabulü yapılarak kayıt altına alınmaktadır. Sahaya kabulü yapılan araçların yaklaşık olarak 200-400 lt kapasiteli çöp suyu tanklarında biriken çöp sularının çöp sızıntı suyu boşaltım ünitesinde boşaltımı sağlanmaktadır. çöp sızıntı suyunu boşaltan araçlar depolama lotunda belirlenen atık hücrelerinde atıkları boşaltılmaktadır. Döküm platformuna boşaltılan atıkların dozer ile serilerek kompaktör ile efektif olarak sıkıştırılması sağlanmaktadır. Katı Atık Depolama lotları içerisinde depolama projelerinde belirtilen sayı ve koordinatlarda gaz bacaları yapımı gerçekleştirilerek atık kütlelerinde oluşan metan gazı pasif sistemle uzaklaştırılmaktadır. Depolan atık kütleleri şev eğimleri 1/3 olacak şekilde depolama projesi nihai dolum planı kotlarına ulaşana kadar depolama işlemleri devam etmektedir. Depolama sahasında yürütülen tüm çalışmalar Atıkların Düzenli Depolanmasına dair yönetmelik kapsamında yürütülmektedir.

7.SIZINTI SUYU ARITIMI ve UZAKLAŞTIRILMASI

Kızılılı Katı Atık Düzenli Depolama Sahası depolama etaplarından kaynaklanan çöp sızıntı suları 2003 yılından itibaren lagünlerde toplanarak tankerler vasıtası ile merkezi

kanalizasyon şebekesine arıtmak üzere nakledilmiştir. 2009 yılı itibari ile çöp sızıntı suyu arıtma tesisi devreye alınmış olup Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği atık suların kanalizasyon şebekesi deşarj limitlerine arıtılan sular 18760 m uzunluğunda çift hat boru sistemi ile merkezi kanalizasyon şebekesine bağlantısı sağlanmıştır. Ortalama debi miktarı 350-400 m³/gün dür.

8.SONUÇ

Çevre ve Orman Bakanlığının 15.10.2007 tarih 16970 sayı ve 2007/10 nolu Genelgesine istinaden katı atık bertarafı ile ilgili olarak başkanlığımız tarafından 2008 yılından itibaren katı atık karakterizasyonu çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalar esnasında Antalya kenti düşük, orta, yüksek gelir seviyesi, ve çarşı bölgesine ayrılarak atık örnekleme yapılmıştır. Katı atık karakterizasyon çalışmaları yaz ve kış olmak üzere yılda iki kez yapılmaktadır.

Yapılan katı atık karakterizasyonu sonuçlarına göre toplam evsel katı atığın yaklaşık % 67'ini organik atıklar, (Mutfak atığı, park ve bahçe atığı) %29'i geri dönüşüme uygun (kağıt, karton, cam, metal, elektronik malzeme vs.) maddelerden oluşmakta ve ancak % 4'lük kısmı değerlendirilemez atıklardan oluşmaktadır.

Sürdürülebilir katı atık yönetimi bilindiği gibi, katı atık bertarafında uygun teknik, teknoloji ve yönetim programlarının oluşturulmasını öngören ve depolamanın en son seçenek olduğu bir öncelikler listesi içerir.

Bu kapsamda Antalya'da da birinci sırayı kaynağında azaltma almaktadır. Üretilen atık miktarının kaynağında azaltılması ile atığın işlenmesi ve bertarafı için gerekli masraflar ve çevresel etkilerinin azaltılması en etkili şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

İkinci sırada gelen geri dönüşüm, atık maddelerin kaynağında ayrıştırılması ve ayrı toplanması, tekrar kullanım-tekrar işleme ve yeniden üretim için hazırlanması ile yeni ürün oluşturulması işlemlerini içerir. Bu aşama özellikle hammadde kaynakları üzerindeki baskının azaltılması ve deponi yer ihtiyacının azaltılması açısından etkilidir.

Atık yönetimi hiyerarşisi içerisinde üçüncü sırada yer alan atık dönüşümü atıkların fiziksel, kimyasal veya biyolojik yöntemler uygulanarak dönüştürülmesini içerir. Atığın dönüştürülmesi genelde deponi kapasite ihtiyacının azaltılmasını sağlar.

Sürdürülebilir katı atık yönetimi prensiplerinin Antalya ilinde uygulanması ile önemli miktarda atığın (%25) hammadde olarak sanayiye geri kazandırılması ve örneğin kompostlama ile atığın %50'sinin de ekonomik değeri olan başka bir maddeye dönüştürülmesi mümkün olabilecektir. Depolanması gereken atık miktarı da büyük oranda azalmaktadır.

Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması veya toplattırılması yetkisi, 24.06.2007 tarih ve 26562 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne ilçe ve ilk kademe belediyelerinde olup, geline nokta ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması istenilen düzeyde değildir. İlçe ve ilk kademe belediyeleri bünyelerinde yürütülen çalışmalar ambalaj atıkları yönetim planlarında belirlenen alanlarda yürütülmekte olup, çalışma yapılan alanlarda halkın katılımı beklenen düzeyde değildir. Antalya Büyükşehir belediyesi mücavir alan sınırları dahilinde ilçe belediyeleri tarafından

günlük 70-85 ton ambalaj atığının kaynağında ayrı toplanması gerçekleştirilmektedir.

Kızılı düzenli depolama sahası için 100 ha arazi tahsisi yapılmış olup 67 ha çöp depolama alanı 6 Etap olarak projelendirilmiştir. Söz konusu projeye göre depolama sahasının 2025 yılına kadar kentin katı atık problemini çözeceği öngörülmüştür. Bu kapsamda 2010-2023 arasında bu alanda yaklaşık 8.868.000 ton atık depolanacağı öngörülmektedir. Kaynağında ayrı toplanacak atıkların %20'sinin geri kazanılabileceği, %50'sinin kompostlanacağı ve bu aşamalardan gelecek atıklar ile birlikte toplam atığın yaklaşık % 30'unun depolanması gerekeceği düşünülmektedir.

Antalya Büyükşehir Belediyesi mücavir alan sınırları dahilinde oluşan evsel nitelikli katı atıkların ve tıbbi atıkların nihai bertarafına yönelik olarak Entegre Atık Bertaraf tesisi kurulması ihale hazırlık çalışmaları tamamlanmıştır. Kurulması planlanan Entegre Atık Bertaraf Tesisi ile geri kazanılabilen atıkların ekonomiye kazandırılması atıklardan enerji elde edilmesi hedeflenmekte olup depolanacak atık miktarının en az miktara indirilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Düzenli Depolama Projesi,(2007)
TUİK, Nüfus İstatistikleri
Atık Bileşenlerine Ayrılması İle İlgili ÇOB Talimatı

KATI ATIK YÖNETİMİNİN HATAY BÖLGESİ İNŞAAT SEKTÖRÜNDE ALGILANMASI VE FARKINDALIK

Mustafa ÖZTÜRK*, Hilmi COŞKUN**

* Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü, Antakya, HATAY - mustafaozturk24@mynet.com

** Mustafa Kemal Üniv., İnşaat Müh. Böl., Iskenderun, HATAY - hcoshun@mku.edu.tr

ÖZET

İnşaatların yapımı esnasında ve yıkımdan sonra ortaya çıkan atıklar en ağır ve hacimli atıklar arasında yer almaktadır. Bu çalışmada inşaat ile ilgili kurumların ve kuruluşların inşaat ve yıkım atıkları (İYA) konusuna yaklaşımları ve konu hakkında farkındalıkları belirlenmeye çalışılmıştır. İnşaat sektöründe karar verici konumda bulunan belediyeler, özel sektörden yüklenici firmalar ve yapı denetim kuruluşları ile anketler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmaların sonucunda ekonomik olarak gelişmiş belediyelerin bu konudaki duyarlılığının ve faaliyetlerinin ciddi boyutlarda olduğu gözlemlendi. Özel sektörde ise yüklenicilerin konuya duyarsız olmadıkları, belediye ve yapı denetim firmalarınca kendilerine yapılan uyarıları dikkate aldıkları, ancak katı atıklar konusunda geri dönüşüme uygun malzeme kullanımı gibi maliyeti artıracak konulara pek de sıcak bakmadıkları görülmektedir. Gerek yapı denetim firmaları ve belediyelerin gerekse de yüklenicilerin yapısal katı atık yönetiminin yapının projelendirme aşamasında başladığı ve geri dönüşümü mümkün olan çelik vb. malzemelerin kullanılması gerektiği, mevcut yapıların yıkımı ve kazı sonucu açığa çıkan hafriyat malzemelerinin düzenli depo sahalarında depo edilmesi gerektiği konusunda hemfikir oldukları görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Denetim, Yıkıntı Atığı, Yüklenici

1. GİRİŞ

Atık, bertaraf edilen veya edilmek istenen veya edilmesi gereken herhangi bir madde veya nesnedir. İnşaatların yapımı esnasında ve yıkımdan sonra ortaya çıkan atıklar en ağır ve hacimli atıklar arasında yer almaktadır. Tüm katı atıkların içinde beton, tuğla, alçı, ahşap, cam, metaller, plastikler, asbest ve kazılmış toprak –hafriyat- gibi maddelerin önemli bir yüzdeye sahip olduğu görülmektedir. Ancak aslında bu atıkların büyük bir kısmı geri dönüştürülebilir. Genelde ve özelde inşaat sektöründe atık yönetiminde şu adımlar dikkate alınmalıdır:

- a. önleme;
- b. tekrar-kullanım için hazırlama;
- c. geri-dönüşüm;
- d. diğer geri-kazanım; ve
- e. bertaraf etme.

Bu çalışmanın amacı inşaat ile ilgili şirketlerin ve teknik yetkinliğe sahip kişilerin inşaat ve yıkım atıkları (İYA) konusuna yaklaşımlarının belirlenmesidir. Ülkemizin hemen hemen tamamının deprem bölgesi olduğu dikkate alınırsa meydana gelecek bir depremde yıkılması olası yapıların meydana getireceği yapısal katı atıkların önemli miktarlara ulaşabilecektir. Ayrıca, düzenli veya düzensiz kentsel dönüşümler sonucunda yıkılan yapılardan da önemli miktarda yıkıntı atığı çıkmaktadır. Bu katı atıkların dönüşümü ve düzenli depo sahalarında depo edilmesi hususu önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hatay bölgesinde inşaat sektöründe katı atık yönetimi konusunda, konu ile ilgili ve yetkili kişilerin konuya olan duyarlılığının ve farkındalığının ortaya çıkarılabilmesi için yapılan çalışmada, yüklenici firmalar, belediyeler ve yapı denetim kuruluşları ele alınmıştır. Belediyeler, yapı denetim kuruluşları ve yüklenici firmalar ile yapılan araştırmalarla yapısal atıkların ve hafriyat toprağının, projelendirme aşamasında dikkate alınarak geri dönüşebilir malzemelerin daha sık kullanımı, hafriyat toprağının olumlu kullanılması ve yıkılan binaların oluşturduğu atıkların geri dönüşüm ve düzenli depo edilmesi hususları incelenmiştir. Çalışmada bu kurum ve kuruluşlar ile yüz yüze görüşülerek yanıtlar değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında belediyelere, yapı denetim kuruluşlarına ve yüklenici firmalara Çevre ve Orman Bakanlığı'nın "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" doğrultusunda fakat daha geniş kapsamda sorular yöneltilmiştir. Yanıtlar değerlendirildiğinde konunun yetkililerce ne kadar bilindiği, konu ile ilgili yönetmeliğin uygulama aşamasında ne gibi zorlukların olduğu ve bu konu ile ilgili kimselerin konu hakkındaki farkındalıklarının artırılabilmesi için neler yapılması gerektiği belirlenmiştir.

1.1. Önceki Çalışmalar

1970'lerden beri dünyada yapısal atık oluşumunu önlemek, azaltmak, yeniden kullanmak ve geri dönüştürmek için birçok çalışma yapılmıştır. Lauritzen [1], Belçika'da inşaat ve yıkım atıklarının 1994 yılında 4,6 milyon ton'a yaklaştığını belirlemiş, bu atıkların % 40'ının beton, % 40'ının tuğla, % 12'sinin bitümlü briket malzemeler, % 3.4'ünün seramik ve geri kalan bölümünün ise diğer atıklar olduğunu tespit etmiştir.

Japonya'da çeşitli şantiyelerde yapılan araştırmalarda, geri kazanım ve yeniden kullanım faaliyetlerini ekonomik ve teknik anlamda güçleştiren faktörler araştırılmış ve bu konuda aşağıda sıralanan koşulların etkin olduğu belirlenmiştir [2]:

- Binaların ömürlerinin sonunda sökülebilecek biçimde tasarlanmıyor olmaları
- Tasnifi yapılan malzemelerin nitelik ve niceliklerin net olarak saptanamaması
- Binaların yıkılmaları yerine sökülmelerinin tercih edilmesinin, emek-yoğun bir nitelik taşıması ve işgücünün pahalı olduğu durumlarda tercih edilmemesi
- Günümüzdeki kompozit malzemelerin sayısındaki artışın yeniden kullanım ve geri dönüşüm faaliyetlerini olumsuz etkilemesi

- Yapıştırma yöntemi ile yapılan birleşimlerin yeniden kullanım ve geri dönüşüm faaliyetlerine olanak vermemesi
- Plastik esaslı malzemeleri ayrıştırmakta kullanılabilecek teknolojilerin tam anlamıyla geliştirilmemiş olması olarak sıralanmaktadır.

Tayland'da inşaat atığı üretimi ve mevcut atık yönetimi ile ilgili yapılan bir çalışmada 2002 ve 2005 yılları arasında ortalama yıllık inşaat atığı miktarının 1,13 milyon ton civarında olduğu belirlenmiştir. Etkin bir atık yönetim planı ile yıllık enerji tasarrufunun ortalama $3,5 \times 10^5$ GJ olacağı tespit edilmiştir [3].

Başar [4], Topal [5], ve Akarsu [6] tarafından Türkiye'de yapısal atık yönetimi ve sorunlarına değinilmiştir. Deprem ve imar nedeniyle yıkılan yapılardan çıkacak olan yapısal atıklar için yönetim stratejileri incelenmiştir. Yapısal atık miktarının azaltılmasının özendirilmesi, çevre dostu teknolojilere destek verilmesi, yerel yönetimlerin yeterli yapısal atık yönetimi uygulaması yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

Atık betonların agregası olarak kullanılmasının hem ekonomik fayda hem de çevreye duyarlı bir yol oluşturduğu açıktır. Savaş [7] ve Açıkgenç [8] tarafından yapılan araştırmalara göre beton atığı örneklerinin taşıyıcı olmayan betonlarda, koşu yolu betonlarında, stabilize yol dolgularında agregası olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Coşgun [9] ise tasarım aşamasında tasarımcının rolünü irdelemiş ve yapısal katı atıkların oluşumunun önlenmesi ve geri dönüşümünün sağlanabilmesi için en önemli faktörün tasarım aşaması olduğu sonucuna varmıştır.

Bu araştırmalar göstermektedir ki, yapısal katı atıklar önemli bir sorun oluşturmaktadır ve çözüm için iyi bir yönetim planının oluşturulması şarttır. Ancak öncelikle bu konudaki mevcut yasal düzenlemelerin daha etkin uygulanması da sağlanmalıdır. Bunun bir yolu da bu konuda farkındalığın artırılmasından geçmektedir. Hatay bölgesinde bu konuda belediyeler, yüklenici şirketler ve yapı denetim kuruluşları ile anket çalışması düzenlenmiştir.

2. BELEDİYELERDE YAPILAN ANKET ÇALIŞMASI

Hatay ilindeki dokuz adet il ve ilçe belediyesi ile yüz yüze yapılan araştırmalarda belediye yetkililerine 16 adet soru yöneltilmiştir. Belediyelerden alınan yanıtlar yüzde şeklinde değerlendirilmiştir.

Hafriyat toprağı, inşaat/yıkıntı atıkları ile doğal afet atıklarının toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması ve bertaraf edilmesi ile ilgili hazırlanmış bir yönetim planı bulunup bulunmadığı sorusuna belediyelerin %33'ü evet, %55'i hayır, ve %12'si ise halen konu ile ilgili hazırlık aşamasında olduklarını belirtmişlerdir. Evet cevabı veren belediyeler ekonomik olarak daha büyük belediyeler olmuştur. Daha az nüfuslu ve küçük bütçeli belediyeler ise hayır cevabı vermişlerdir.

Hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıkları geri kazanım tesisleri, sahaları ile depolama sahalarının belirlenmesi ve işletmeye açılması ile ilgili olarak belediyelerin %33'ü evet, %55'i hayır, ve %12 si ise halen konu ile ilgili hazırlık aşamasında olduklarını belirtmişlerdir. Yani henüz belediyelerimizin ciddi bir bölümünde geri kazanım tesisi bir

yana düzenli depo sahası bile mevcut olmadığı söylenilebilir. Depolama sahası yerinin seçimi, inşaatı veya işletilmesi sırasında çevre ve insan sağlığını olumsuz etkilemeyecek şekilde gerekli tedbirleri alınmış ya da aldırılmış mıdır sorusuna belediyelerin %44'ü evet, %22'si hayır, ve %34'ü ise halen konu ile ilgili hazırlık aşamasında olduklarını belirtmişlerdir.

Hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıklarının toplanması, taşınması ve bertaraf bedeli belirlenmiş midir sorusuna belediyelerin %44'ü evet ve %56'sı hayır cevabı vermişlerdir.

Hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıkları için toplama, taşıma hizmeti verecek firmaların adresleri ve telefon numaraları ile nakliye bedellerini halkın bilgileneceğı şekilde ilan edilmiş midir sorusuna belediyelerin %33'ü evet ve %67'si hayır cevabı vermişlerdir.

Hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıklarının toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması ve bertarafı faaliyetleri denetlenmekte midir ve bu hususta yeterli personel ve ekipman mevcut mu sorusuna belediyelerin %33'ü evet ve %67'si hayır cevabı vermişlerdir.

Belediye sınırları içindeki hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıkları için geri kazanım tesisleri var mı ve bu konuda herhangi bir izin çalışması oldu mu sorusuna belediyelerin %33'ü evet ve %67'si hayır cevabı vermişlerdir.

Belediye sınırları içinde oluşan, toplanan, geri kazanılan ve bertaraf edilen hafriyat toprağı ile inşaat/yıkıntı atıklarına ilişkin istatistik bilgileri valilikler aracılığı ile yılsonunda Bakanlığa bildirilmekte midir sorusuna belediyelerin %22'si evet ve %78'si hayır cevabı vermiştir. Bu husus yönetmeliklerde özellikle istenilmektedir.

Doğal afet atıklarının yönetimi konusunda valilik koordinasyonunda oluşturulan kriz merkezi kararları var mıdır ve bu konuda bir planlama yapılmış mıdır sorusuna belediyelerin %44'ü evet ve %56'sı hayır cevabı vermişlerdir.

Yapısal atıkların nasıl azaltılabileceğı sorusuna belediyelerin %77'si tasarımda geri dönüştürülebilecek malzeme kullanımına önem verilmeli, %44'ü tasarım uygulamaları geliştirilmeli (gelişmiş ve prefabrike yapı sistemlerinin kullanımına yönelik tasarımlar yapılmalı), ve %11'i müşterilere tavsiyede bulunulmalı cevabı vermiştir (Tablo 1). Bu soruya verilen cevaplardan da tasarımda geri dönüşebilen malzemelerin kullanılmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

Tablo 1. 'Yapısal atıklar nasıl azaltılabilir' sorusuna gelen yanıtlar

	Belediyeler	Yükleniciler	Yapı Denetim Firmaları
Tasarımda geri dönüştürülebilecek malzeme kullanımına önem verilmeli	%77	%69	%55
Tasarım uygulamaları geliştirilmeli	%44	%30	%22
Müşterilere tavsiyede bulunulmalı	%11	%15	%66

Yapı üretiminde doğal çevrenin bozulması ve doğal kaynakların azalmasına karşı ne yapıyorsunuz / neler yapılabilir sorusuna belediyelerin %22'si geri dönüşüm performansı yüksek malzemeler kullanılmalı (çelik yapılar); %77'si geri dönüşümü yüksek yapılar maliyeti nedeni ile kullanılmıyor; %11'i teşvik edilmeli (bu tür yapı imal edenlere vergi

vb. kolaylıklar sağlanmalı ve ilgilileri uyarılmalı); ve %44'ü tasarımda doğaya tekrar kazandırılacak malzemeler kullanılmalı cevabı vermiştir. Sonuç olarak geri dönüşümü mümkün ve kazançlı olan çelik gibi malzemelerin kullanılmasının gerektiği ancak yapım aşamasında ortaya çıkan maliyetler nedeni ile yapımının zorlaştığı görülmektedir. Bu hususta devlet tarafından sağlanacak teşvikler ile dönüşümü mümkün olan çelik gibi malzemelerin kullanılması özendirilebilir.

Şantiyede oluşan yapısal atıklar nasıl kontrol altına alınabilir sorusuna belediyelerin %11'i alınamaz, %66'sı atıklar sınıflarına göre yüklenici tarafından ayrılıp yetkililerce toplanılmalı ve bu işin taşıma ve depolama maliyeti yükleniciye ödetilmeli ve %55'i yapısal katı atıklarını kontrol etmeyen yükleniciye cezai yaptırımlar uygulanmalı cevabı vermiştir (Tablo 2). Belediyelerin cevaplarına bakıldığında atıkların depolanması maliyetlerinin yükleniciler tarafından karşılanması ve yükümlülüğünü yerine getirmeyen yükleniciye cezai yaptırım uygulanması yönünde görüş ağır basmaktadır.

Tablo 2. 'Şantiyede oluşan yapısal atıklar nasıl kontrol altına alınabilir' sorusuna gelen yanıtlar

	Belediyeler	Yükleniciler	Yapı Denetim Firmaları
Alınamaz	%11	%7	%22
Atıklar sınıflarına göre yüklenici tarafından ayrılıp yetkililerce toplanılmalı ve bu işin taşıma ve depolama maliyeti yükleniciye ödetilmeli	%66	%76	%55
Yapısal katı atıklarını kontrol etmeyen yükleniciye cezai yaptırımlar uygulanmalı	%55	%7	%44

Yapı üretimi aşamasında en fazla oluşan yapısal atık türleri nelerdir ve bu konuda herhangi bir izin çalışması oldu mu sorusuna belediyelerin %88'i hafriyat toprağı, %55'i tuğla-kiremit, %22'si beton, %33'ü metal, ve %11'i ahşap cevabı vermiştir (Tablo 3). Burada en fazla çıkan atık maddenin hafriyat toprağı olduğu görülmektedir. Dolayısı ile öncelikle kazı sonucu çıkarılacak hafriyat toprağının yönetimi konusunun planlanması gerektiği görülmektedir. Ayrıca beton ve metal atıklarının da ciddi bir miktar olduğu ve bu maddelerin de düzenli depolanması ve geri dönüşüme kazandırılması hususunda planlamalar yapılması gerektiği göz önüne alınmalıdır.

Tablo 3. 'Yapı üretimi aşamasında en fazla oluşan yapısal atık türleri nelerdir' sorusuna gelen yanıtlar

	Belediyeler	Yükleniciler	Yapı Denetim Firmaları
Hafriyat toprağı	%88	%61	%88
Tuğla-kiremit	%55	%46	%55
Beton	%22	%38	%22
Metal	%33	%23	%55
Ahşap	%11	%7	%44

Yapısal atık yönetiminde en önemli faktör nedir sorusuna belediyelerin %88'i atık maddelerin geri dönüşümü sağlanmalı, %33'ü yeniden kullanıma önem verilmeli, %33'ü atıkların sınıflandırılarak depolanması sağlanmalı ve %22'si kaynaktan azaltma uygulanmalı cevabı vermiştir (Tablo 4).

Tablo 4. 'İnşaat atıkları yönetiminde en önemli faktör nedir' sorusuna gelen yanıtlar

	Belediyeler	Yükleniciler	Yapı Denetim Firmaları
Atık maddelerin geri dönüşümü sağlanmalı	%88	%46	%44
Yeniden kullanıma önem verilmeli	%33	%23	%56
Atıkların sınıflandırılarak depolanması sağlanmalı	%33	%46	%56
Kaynaktan azaltma uygulanmalı	%22	%7	%44

Türkiye'de gelişmiş bir ikinci el yapı malzemesi ve/veya geri dönüştürülmüş yapı malzemesi sektörü oluşması için nelerin gerektiği sorusuna belediyelerin %66'sı bu malzemelerin kullanımı devlet tarafından teşvik edilmeli ve kullanımı özendirilmeli, %22'si kamuoyu konu ile ilgili eğitici /bilgilendirici yayınlarla konuya özendirilmeli, %11'i konunun ekonomik boyutu konuya ilgi duymamızı gerektirecek büyüklükte değil, ve %44'ü devlet tarafından bu iş ile ilgili sanayi kolunda iş kuranların vergi, SSK gibi konularda fiyat indirimi ya da muafiyeti sağlanarak konuya geniş sermaye çevrelerince ilgi gösterilmesi sağlanmalı cevabı vermiştir (Tablo 5). Cevaplara bakıldığında devletin teşvikinin bu konudaki önemi vurgulanmaktadır. Yanıtlayanlar maliyetlerin yüklenici tarafından karşılanması gerektiği ancak SSK ve vergiler gibi yükümlülüklerde yükleniciye kolaylık sağlanması ve konunun özendirilmesini belirtmişlerdir.

Tablo 5. 'Türkiye'de gelişmiş bir ikinci el yapı malzemesi ve/veya geri dönüştürülmüş yapı malzemesi sektörü oluşması için nelerin gerektiği' sorusuna gelen yanıtlar

	Belediyeler	Yükleniciler	Yapı Denetim Firmaları
Bu malzemelerin kullanımı devlet tarafından teşvik edilmeli ve kullanımı özendirilmeli	%66	%23	%44
Kamuoyu konu ile ilgili eğitici /bilgilendirici yayınlarla konuya özendirilmeli	%22	%30	%22
Konunun ekonomik boyutu konuya ilgi duymamızı gerektirecek büyüklükte değil	%11	--	%22
Devlet tarafından bu iş ile ilgili sanayi kolunda iş kuranların vergi, SSK gibi konularda fiyat indirimi ya da muafiyeti sağlanarak konuya geniş sermaye çevrelerince ilgi gösterilmesi sağlanmalı	%44	%76	%77

İkinci el yapı malzemesi ve/veya geri dönüştürülmüş yapı malzemesi türü malzemelerin kullanımının doğal çevrenin ve kaynakların korunmasına olan etkisi nedir sorusuna belediyelerin %55'i çok etkili/etkili olabilir, %66'sı yeniden kullanım aktiviteleri sektörde yeni bir istihdam alanı doğurur ve %88'i rağbet olmaz, dolayısı ile etkili olmaz cevabı vermiştir.

3. YÜKLENİCİ FİRMALARDA YAPILAN ANKET ÇALIŞMASI

Atıkların oluşumu, taşınması ve depolanması aşamalarında gerekli izinler ve onaylar alınıyor mu sorusuna yüklenici firmaların %69'u evet ve %31'i hayır cevabı vermiştir.

İnşaat faaliyetleri sırasında atıklar bileşenlerine göre ayrı ayrı toplanıp, geri kazanma, biriktirme ve atığın içinde zararlı, tehlikeli ve yabancı maddeleri ayırma işlemleri yapılıyor mu sorusuna yüklenici firmaların %23'ü evet, %69'u hayır, %8'i bu konuda yetkililerce uyarılmadım bir bilgim yok cevabı vermiştir. Olumlu cevaplar büyük ve ekonomik olarak kalkınmış belediyelerden gelirken daha küçük ve ekonomik olarak daha sıkıntılı bölgelerde böyle bir ayırmanın yapılmadığı görülmektedir. Küçük bir kesim ise bu konuda denetim firması ya da belediyeden konu ile ilgili herhangi bir uyarı almadığını bu nedenle bir bilgisinin de olmadığını belirtmektedir.

Faaliyete başlamadan önce, atıkların taşınması ve depolanması ile ilgili olarak "Atık Taşıma ve Kabul Belgesi" alınıyor mu sorusuna yüklenici firmaların %15'i evet, %46'sı hayır ve %39'u yetkililerin bu konuda bir talebi olmadığı için ben de duysız kaldım cevabı vermiştir.

Atıklar belediyenin veya mülki amirin izin verdiği geri kazanım veya depolama tesisi dışındaki yerlere dökülüyor mu sorusuna yüklenici firmaların %15'i evet, %85'i hayır cevabı vermiştir. Ancak buralarda belediyeden alınan izinden kasıt düzenli depolama alanları değil daha ziyade belediyenin dökülmesine herhangi bir yaptırım uygulamadığı alanlardır.

İlinizde bir geri dönüşüm tesisi olsa inşaatın kaynaklanan yıkıntı ve katı atıklarınızın bu tesise taşınması için doğacak maliyet ile ilgili düşünceniz nedir sorusuna yüklenici firmaların %30'u memnun olurum, %69'u devlet ödemenin bir kısmını karşılarsa isterim, %15'i devlet ödemenin tamamını yaparsa isterim cevabı vermiştir. Sonuçlar incelendiğinde koşulların uygunlaştırılması yani devletin maliyetin bir kısmını karşılaması halinde yüklenicilerin konuya sıcak baktığı görülmektedir. Soruya olumsuz yanıt veren yüklenici olmamıştır.

Hafriyattan çıkan tarım toprağını ne yapıyorsunuz sorusuna yüklenici firmaların %7'si tarım arazilerine boşalttırıyorum, %53'ü belediyenin izin verdiği herhangi bir yere boşalttırıyorum, %84'ü dolguda kullanıyorum cevabı vermiştir.

İnşaatlarınızda ikinci el onarımdan geçen herhangi bir malzeme kullanıyor musunuz sorusuna yüklenici firmaların %30'u kullanıyorum, %32'si kullanmıyorum çünkü yeterince kaliteli bulmuyorum ve %38'i kullanmıyorum çünkü ülkemizde geri dönüşüm ve çevre bilincinin gelişmediğini dolayısıyla ne kadar kaliteli de olsa müşterilerimin hoşlanmayacağını düşünüyorum cevabı vermiştir.

Yapısal atıkların nasıl azaltılabileceği sorusuna yüklenici firmaların %69'u tasarımda geri dönüştürülebilecek malzeme kullanımına önem verilmeli, %30'u tasarım uygulamaları geliştirilmeli (gelişmiş ve prefabrikte yapım sistemlerinin kullanımına yönelik tasarımlar yapılması), ve %15'i müşterilere tavsiyede bulunulmalı cevabı vermiştir (Tablo 1).

Yaptığınız yapıların ekonomik ömrünü tamamladıktan sonra nasıl yıkılacağını ve kullandığınız malzemelerin ne kadarının geri dönüşüme uygun malzemeler olduğunu proje müellifiniz ile kararlaştırıyor musunuz sorusuna yüklenici firmaların %38'i hayır böyle bir talebim olmadı, %38'i talebim olsa da proje müellifleri bu konuya duysız kalır, %12'si geri dönüşümü mümkün malzemeler kullanmam çünkü maliyetimi artırır dolayısıyla proje müellifim istese de ben istemem, ve %12'si bu konunun müşterilerim tarafından önemsenmeyeceğini ve bir getirisi olmadığını düşünüyorum cevabı vermiştir. Yanıtları incelediğimizde yine konunun ekonomik boyutunun ön plana çıktığı ve proje müelliflerinin de konuya pek de duyarlı olmadığı, ayrıca konunun iş sahipleri tarafından önemsenmediği ortaya çıkmaktadır.

Şantiyede oluşan yapısal atıklar nasıl kontrol altına alınabilir sorusuna yüklenici firmaların %7'si alınamaz, %15'i fikrim yok, %76'sı atıklar sınıflarına göre yüklenici tarafından ayrılıp yetkililerce toplanılmalı (bu işin taşıma ve depolama maliyeti yükleniciye ödetilmeli), ve %7'si yapısal katı atıklarını kontrol etmeyen yükleniciye cezai yaptırımlar uygulanmalı cevabı vermiştir (Tablo 2).

Yapı üretimi aşamasında en fazla oluşan yapısal atık türleri nelerdir sorusuna yüklenici firmaların %61'i hafriyat toprağı, %46'sı tuğla-kiremit, %38'i beton, %23'ü metal ve %7'si ahşap cevabı vermiştir (Tablo 3).

Yapı üretiminde doğal çevrenin bozulması ve doğal kaynakların azalmasına karşı ne yapıyorsunuz /neler yapılabilir sorusuna yüklenici firmaların %10'u geri dönüşüm performansı yüksek malzemeler kullanılmalı (çelik yapılar), %23'ü geri dönüşümü yüksek yapılar maliyeti nedeni ile kullanılmıyor (teşvik edilmeli, bu tür yapı imal edenlere vergi vb. kolaylıklar sağlanmalı), %46'sı ilgililer uyarılmalı, ve %30'u tasarımda doğaya tekrar kazandırılabilir malzemeler kullanılmalı cevabı vermiştir.

Yapısal atık yönetiminde en önemli faktör nedir sorusuna yüklenici firmaların %46'sı atık maddelerin geri dönüşümü sağlanmalı, %23'ü yeniden kullanıma önem verilmeli, %46'sı atıkların sınıflandırılarak depolanması sağlanmalı ve %7'si kaynaktan azaltma uygulanmalı cevabı vermiştir (Tablo 4).

Türkiye'de gelişmiş bir ikinci el yapı malzemesi ve/veya geri dönüştürülmüş yapı malzemesi sektörü olması nasıl sağlanabilir sorusuna yüklenici firmaların %23'ü bu malzemelerin kullanımı devlet tarafından teşvik edilmeli ve kullanımı özendirilmeli, %30'u kamuoyu konu ile ilgili eğitici /bilgilendirici yayınlarla konuya özendirilmeli, ve %76'sı devlet tarafından bu iş ile ilgili sanayi kolunda iş kuranların vergi, SSK gibi konularda fiyat indirimi yada muafiyeti sağlanarak konuya geniş sermaye çevrelerince ilgi gösterilmesi sağlanmalı cevabı vermiştir (Tablo 5).

İkinci el yapı malzemesi ve/veya geri dönüştürülmüş yapı malzemesi türü malzemelerin kullanımının doğal çevrenin ve kaynakların korunmasına olan etkisi nedir sorusuna yüklenici firmaların %46'sı çok etkili /etkili olabilir, %38'i yeniden kullanım aktiviteleri

sektörde yeni bir istihdam alanı doğurur, ve %23'ü rağbet olmaz, dolayısı ile etkili olmaz cevabı vermiştir.

4. YAPI DENETİM FİRMALARI İLE YAPILAN ANKET ÇALIŞMASI

Hatay ilinde faaliyet gösteren 10 adet yapı denetim firması ile yüz yüze anket çalışması yapılmış ve sonuçları aşağıdaki bölümde verilmiştir.

Yapı denetim firmalarına “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği”ne uyup uymadıkları kontrol ediliyor mu sorusuna yapı denetim firmalarının %33'ü evet, %66'sı hayır yanıtını vermiştir. Burada %66'nın hayır yanıtını vermesi konunun inşaat denetiminden sorumlu firmalarca önemsenmediğini göstermektedir. Bu hususta eksikliklerden biri de 4708 sayılı Yapı Denetim Kanunu'nda atıklar ile ilgili özel bir düzenlemenin bulunmamasıdır. Bu konuda Bayındırlık ve İskan Müdürlüklerinin atık yönetimi hususunda da denetim firmalarını denetlemesi uygun olabilecektir. Burada göz önüne alınması gereken diğer bir sıkıntı ise düzenli depolama vb. hususların Çevre ve Orman Müdürlüklerince belirlenmesi ve denetim altına alınmaya çalışılması ancak yapı denetim firmalarının Bayındırlık ve İskan Müdürlüklerince denetleniyor olmasıdır.

Belediyelerden hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıkları geri kazanım tesisleri sahaları ile depolama sahaları ile ilgili bir talepte bulunuldu mu sorusuna yapı denetim firmalarının %55'i evet, %45'i hayır yanıtını vermiştir. Burada alınan olumsuz yanıtlar özellikle geliri ve nüfusu küçük belediyeler ile ilgilidir. Belediyelerin talebi geri kazanımdan ziyade depolama hususundadır. Dolayısıyla geri kazanım konusu henüz ne yüklenici firmaların ne de yapı denetim firmalarının gündeminde değildir.

Proje kontrolü sırasında oluşacak hafriyat toprağının ve yıkıntıların ve molozların yönetimi ile ilgili bir çalışma yapılıyor mu sorusuna yapı denetim firmalarının %22'si evet, %78'i hayır yanıtını vermiştir. Burada %78'in hayır yanıtını vermesinin konunun projelendirme sırasında da önemsenmeyen bir konu olduğunu gösterdiği söylenebilir. Yapım işinin hafriyat/yıkım söküm işi ile başlayan bir iş olduğu ve bu şekilde çıkan atık malzemenin nasıl değerlendirileceğine dair bir çalışma yapılmaması bir sebep olarak gösterilebilir. Diğer bir yönden yapının ekonomik ömrünün sonunda nasıl geri dönüşüme kazandırılacağı ve geri dönüşümü mümkün olmayan yapı elemanlarının bertarafının nasıl yapılacağı konusunda da çalışma yapılmamaktadır. Ayrıca, proje hazırlama aşamasında mimarların ve mühendislerin konuya yeterli ilgiyi göstermedikleri de söylenebilir.

Proje kontrolü sırasında yapının ekonomik ömrünü tamamladıktan sonra nasıl yıkılacağı ve geri dönüşümü ile ilgili bir çalışma yapılıyor mu sorusuna yapı denetim firmalarının %100'ü hayır yanıtını vermiştir. Burada %100'ün hayır yanıtını vermesi planlarımızın ne kadar kısa vadeli ve gelecekte karşılaşacağımız sorunların nasıl görmezden gelindiğini göstermektedir.

Yapısal atıklar nasıl azaltılabilir sorusuna yapı denetim firmalarının %55'i tasarımda geri dönüştürülebilecek malzeme kullanımına önem verilmeli, %22'si tasarım uygulamaları geliştirilmeli (gelişmiş ve prefabrike yapım sistemlerinin kullanımına yönelik tasarımlar yapılması), %66'sı müşterilere tavsiyede bulunulmalı yanıtını vermiştir (Tablo 1).

Şantiyede oluşan yapısal atıklar nasıl kontrol altına alınabilir sorusuna yapı denetim firmalarının %22'si alınamaz, %11'i fikrim yok, %55'i atıklar sınıflarına göre yüklenici tarafından ayrılıp yetkililerce toplanılmalı, bu işin taşıma ve depolama maliyeti yükleniciye ödetilmeli, ve %44'ü yapısal katı atıklarını kontrol etmeyen yükleniciye cezai yaptırımlar uygulanmalı yanıtını vermiştir (Tablo 2).

Kazıdan çıkan malzemenin eğer uygunsa dolguda kullanılması sağlanıyor mu sorusuna yapı denetim firmalarının %100'ü evet yanıtını vermiştir. Burada %100 oranında evet yanıtı verilmesi esasen kısa vadedeki kar ve zararın düşünülüğünü göstermektedir.

Hafriyatın taşınması ve depolanması usullerine uyulup uyulmadığı kontrol ediliyor mu sorusuna yapı denetim firmalarının %80'i hayır, %20'si evet yanıtını vermiştir. Burada %80'in hayır yanıtını vermesinin nedeni denetleyici konumundakilerin konu ile ilgilenmemesi, kendilerini denetleyen kamu kuruluşlarınca herhangi bir uyarı gelmemesi, yönetmeliklerin denetçi kuruluş ve taşra belediyelerince de bilinmemesi, bilinse dahi imkânsızlıklar nedeni ile gereken hassasiyetin gösterilememesi olarak düşünülmektedir.

Yapı üretimi aşamasında en fazla oluşan yapısal atık türleri nelerdir sorusuna yapı denetim firmalarının %88'i hafriyat toprağı, %55'i tuğla-kiremit, %22'si beton, %55'i metal, %44'ü ahşap yanıtını vermiştir (Tablo 3). Burada en önemli atığın hafriyat toprağı olduğu görülmektedir. Hafriyattan çıkan malzemenin dolguda kullanılacak kalitede olması durumunda bu önemli bir sorun teşkil etmemektedir. Ancak dolguda kullanılamayacak, sıkıştırılması zor bir malzeme olması durumunda bu malzemenin değerlendirilmesi sorunu doğmaktadır.

Yapı üretiminde doğal çevrenin bozulması ve doğal kaynakların azalmasına karşı ne yapıyorsunuz/neler yapılabilir sorusuna yapı denetim firmalarının %33'ü geri dönüşüm performansı yüksek malzemeler kullanılmalı (çelik yapılar); %55'i geri dönüşümü yüksek yapılar maliyeti nedeni ile kullanılmıyor, teşvik edilmeli; %11'i bu tür yapı imal edenlere vergi vb. kolaylıklar sağlanmalı, ilgililer uyarılmalı; ve %22'si tasarımda doğaya tekrar kazandırılacak malzemeler kullanılmalı yanıtını vermiştir. Firmalar geri dönüşüm performansı yüksek malzemelerin tercih edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Ancak geri dönüşümü kolay malzemeler ile yapılan yapılar maliyetlere ilave bir yük getirmektedir. Bu yükün kim tarafından taşınacağı en önemli sorudur. Bu yükü kullanıcılar yani müşteriler taşımak istememektedirler. Tüketiciler açısından yapının konforu, sağlamlığı, konumu ve fiyatı en önemli kriterleri oluşturmaktadır, ancak yapının ekonomik ömrünün sonunda ne olacağına dair bir öngörde bulunmak istememektedirler. Konunun ekonomik ve çevresel boyutu ile ilgili yeterli bir bilinç oluşmamıştır. Denetim firmaları bu konuda dönüşüme uygun malzemelerle inşa edilen yapılar için vergi indirimi ve devlet teşvikinin etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Yapısal atık yönetiminde en önemli faktör nedir sorusuna yapı denetim firmalarının %44'ü atık maddelerin geri dönüşümünün sağlanması, %56'sı yeniden kullanıma önem verilmesi, %56'sı atıkların sınıflandırılarak depolanmasının sağlanması, %44'ü kaynaktan azaltma uygulanmalı yanıtını vermiştir (Tablo 4).

Türkiye'de gelişmiş bir ikinci el yapı malzemesi ve/veya geri dönüştürülmüş yapı malzemesi sektörü oluşması için yapılması gerekenler nelerdir sorusuna yapı denetim firmalarının %44'ü bu malzemelerin kullanımı devlet tarafından teşvik edilmeli, kullanımı özendirilmeli; %22'si kamuoyu konu ile ilgili eğitici/bilgilendirici yayınlarla konuya

özendirilmeli; %22'si konunun ekonomik boyutu konuya ilgi duymamı gerektirecek büyüklükte değil; ve %77'si devlet tarafından bu iş ile ilgili sanayi konusunda iş kuranların vergi, SSK primleri gibi konularda fiyat indirimi ya da muafiyeti sağlanarak konuya geniş sermaye çevrelerince ilgi gösterilmesi sağlanmalı yanıtını vermiştir (Tablo 5).

İkinci el yapı malzemesi ve/veya geri dönüştürülmüş yapı malzemesi türü malzemelerin kullanımının doğal çevrenin ve kaynakların korunmasına olan etkisi nelerdir sorusuna yapı denetim firmalarının %11'i çok etkili/ etkili olabilir, %66'sı yeniden kullanım aktiviteleri sektörde yeni bir istihdam alanı doğurur, %22'si rağbet olmaz, dolayısı ile etkili olmaz yanıtını vermiştir.

5. SONUÇLAR

İnşaat sektöründe bulunan ve karar verici mevkide bulunan kamu kuruluşu olarak belediyeler, özel sektörden yüklenici firmalar, ve yapı denetim kuruluşları ile anket düzenlendi. Çalışmada yapım esnasında ve yıkım sonrasında ortaya çıkan katı atıkların yönetimi konusunda algılamaların belirlenmesi ve farkındalığın ortaya konulması amaçlandı. Yapılan anketlerde konu ile ilgili sorulara alınan yanıtlar değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşıldı.

Gerek kamu olsun gerekse özel sektör olsun konu ile ilgili farkındalık düzeyinin düşük olduğu gözlenmiştir. Hafriyat toprağı ve yıkıntı atıkları ile ilgili yönetmeliğin birçok belediyede istenildiğı gibi uygulanamadığı görülmüştür.

Belediyeler nezdinde yapılan çalışmalarda belediye yetkililerinin kanun ve yönetmelik gereğı yapması gerekenleri yapmak istediğı ancak imkanlarının yetersiz olduğu gözlemlenmiştir.

Yüklenici firmaların yapı denetim firmalarınca ve belediyece kendilerine yapılan uyarıları dikkate aldığı ve atık kontrolü konusunda denetim firması ve belediye tarafından isteneni yaptığı ancak küçük belediyelerde bu konunun yeterli oranda denetlenmediğı ve bazı belediyelerde atıkların nereye döküleceğinin dahi bilinmediğı gözlemlenmiştir.

Yapı denetim firmaları nezdinde yapılan çalışmalarda, katı atıklar konusunda bir denetlemenin hemen hemen hiç yapılmadığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak da 4708 sayılı Yapı Denetim Kanunu ve 3784 Sayılı İmar Kanununda atıklar hususunda Yapı Denetim Firmalarının görev ve sorumlulukları açıkça belirtilmemesi sayılabilir. Bu nedenle Yapı Denetim Kanununda, yapı denetim firmalarının katı atıkların kanun ve yönetmeliklere uygun bir şekilde depolanması veya bertaraf edilmesi hususundaki sorumlulukları açıkça belirtilmelidir.

Geri dönüşümünün kolay ve ekonomik yönden katma değerinin yüksek olduğu yapı malzemelerinin kullanımında ise malzemelerin yapı maliyetine etkisi nedeni ile çok tercih edilmediğı görülmüştür. Konunun devlet tarafından desteklenmesi ve geri dönüşümlü malzeme kullanan firmalara vergi ve sigorta primi konusunda devletten indirim yapılması ve konunun özendirilmesi istenilmektedir. Kaynakların kıt olduğu göz önüne alınarak proje aşamasında geri dönüşüm ve çevreye duyarlı malzeme kullanımı önemsenmelidir.

Yine yükleniciler tarafından belirtilen bir diğer husus iş sahiplerinin konuya olan ilgisizliğidir. Yükleniciler, yaptıkları yapıları alacak olan müşterilerin çevreye duyarlı geri dönüşümü mümkün malzemeler kullanılması ve yapının ekonomik ömrünün sonunda nasıl yıkılacağı ve çevre ile ilgili sorunların nasıl çözüleceğinden ziyade, yapının dayanıklılığı, ilk maliyeti ve konforunu dikkate aldıklarını belirtmektedirler.

Mevcut yapıların yıkılması veya hafriyat atıklarının denetimi gibi hususlarda yasal zorunluluklar vardır. Benzer şekilde çevreye duyarlılık ve geri dönüşüm konusunda da bazı yasal düzenlemelerin olması konuya yükleniciler, müşteriler, belediyeler ve denetim firmaları gibi tüm ilgili tarafların daha ciddi yaklaşımına yol açacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] K.E. Lauritzen, 1994, Reuse of Concrete and Masonry, St Edmundsbury Pres, Great-Britain.
- [2] E. Acar, 1999, “İnşaat Sektöründe Geri Kazanım, Yeniden Kullanım Faaliyetleri ve Bir Çelişki”, Şantiye, 138, 76.
- [3] O.F. Kofoworola, S.H. Gheewala, 2009, Estimation of construction waste generation and management in Thailand, Waste Management, 29(2):731-8.
- [4] B. Başar, 2007, “Türkiye’de Yapısal Katı Atıkların Yeniden Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma”, Y. Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- [5] S. Topal, 2009, “Yapısal Atıkların Geri Dönüşüm Potansiyellerinin Araştırılması”, Y. Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- [6] S. Akarsu, 2009, “Yapısal Atıkların Yeniden Değerlendirilebilirliği-Sulukule Örneği”, Y. Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- [7] Ö. Savaş, 2002, “Atık Betonların Geri Kazanımı”, Y. Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- [8] M. Açıkgenç, 2009, “Tuğla ve Kiremit Atıklarının Kendiliğinden Yerleşen Harcın Mühendislik Özelliklerine Etkisi”, Y. Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- [9] N. Coşgun, 2009, “Çevre Duyarlı Mimarlık: Yapısal Atıkların Önlenmesinde/ Azaltılmasında Tasarımcının Rolü”, Mimarlık, 348.

POLİETİLEN ATIKLARIN HAFİF BETON ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Mehmet CANBAZ ve Ömer KILINÇ

1 Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye,
mcanbaz@ogu.edu.tr

ÖZET

Plastikler çoğu zaman geri dönüşümü mümkün olmayan malzemelerdir. Bazı plastiklerin doğada yok olma süreci 1000 yıla kadar ulaşabilmektedir. Beton birim ağırlığını azaltmak için daha hafif agregaya kullanılmalıdır. Bu çalışmada polietilen atıklar beton üretiminde agregaya yerine kullanılarak hafif beton elde edilmesi amaçlanmıştır. Polietilen atıklar ince ve iri agregaya yerine %0-50-100 oranlarında katılarak, CEM I 42.5 ve CEM II B-M 32.5R çimentoları kullanılarak beton karışımları üretilmiştir. Karışımlardan alınan 7x7x7 cm boyutlarında numuneler standart kürde bekletilmiştir. Numuneler üzerinde 7 ve 28 gün sonra birim ağırlık, ultrases geçiş süresi, basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Sertleşmiş beton birim ağırlıkları, ultrases geçiş hızları, dinamik elastisite modülleri, basınç dayanımları belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre polietilen atık agregalarının %50 oranında kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür. Ancak yüksek dayanım gerektirmeyen yerlerde %100 polietilen agregalı hafif betonlar da önerilebilir. Böylece plastik atıkların hafif beton üretiminde değerlendirilmesi ile çevreye ve ekonomiye katkı sağlanmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hafif beton; Polietilen atık; Fiziksel ve mekanik özellikler..

2 1. GİRİŞ

Plastik, petrol esaslı ürünler ile doğalgazı hammadde olarak kullanıp, bunların kimyasal dönüşümleri ile elde edilir. Hafif, paslanmayan, korozyona uğramayan, yüksek ısı ve elektrik izolasyonu sağlayan, kolay hasara uğramayan, esnek, yumuşak ve kolay şekil verilebilir malzemedir. Plastikler en çok paketlenme ve inşaat endüstrilerinde kullanılmaktadır. Plastik atıklar içinde en çok yer tutanlar polietilen, polipropilen, polietilen tereftalat, polivinil klorür ve polistrendir. Ülkemizde, 1991 yılında yürürlüğe giren Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre işletmeler plastik atıkların ağırlık itibari ile en az %60'ını geri kazanmakla yükümlüdürler. Dünyada üretilen petrolün %4'ü plastik üretiminde kullanılmaktadır. Genel atıkların büyük bir bölümünü ise plastikler

oluşturmaktadır [1]. Plastikler çoğu zaman geri dönüşümü mümkün olmayan malzemelerdir. Ülkemizde bu konuya önem verilmemesi geri dönüşümü daha da zor kılmaktadır. Bazı plastiklerin doğada yok olma süreci 1000 yıla kadar ulaşabilmektedir. Bu atıklara alternatif geri dönüşüm alanları oluşturulmalıdır. Özellikle beton teknolojisi, çok büyük oranlarda hammadde tükettiğinden bu tür atıkların değerlendirilebileceği bir alandır. Atık plastik kırıkları hafif beton üretiminde ve asfalt betonunda agregası olarak kullanılabilir, atık plastikler kesilerek lif takviyeli beton üretiminde kullanılabilir, atık plastiklerin eritilerek betonda sentetik agregası veya bağlayıcı olarak değerlendirilebilir. Ayrıca atık plastikler polimer betonu reçinesi yapımında kullanılabilir [1]. Polimerler betonda akışkanlaştırıcı katkı maddesi olarak da kullanılmaktadırlar. Suda çözünen polimer kullanımı ile su-çimento oranı azaltılabilmekte ve hidrasyon hızı ile CSH yapısı değiştirilebilmektedir [2].

Çimento ile suda çözünen polimerler kullanılarak eğilme dayanımları 40 kata kadar artabilmektedir. MDF çimento da denilen bu malzeme büyük boşluklarından arındırılarak plakalar halinde ters dönen iki merdane arasında üretilir. Çimento oranı %80'dir. Suya maruz kaldığında dayanımları düşmektedir [3]. Polimer emdirme ile betonların geçirimsizliği, boşluk oranı azalmakta ve yüzeyde zararlı kimyasal ve biyolojik oluşumlar önlenmektedir [4]. Polimer içeriğinin polimer beton özelliklerine önemli etkileri vardır [5]. Polimer harçların çekme dayanımları basınç dayanımlarının %20'sine ulaşabilmektedir ve bariyer yapımında, kaldırımlarda, kanalizasyon boru üretiminde kullanılabilirler [6]. Erken yaşlarda polimer betonun sünmesi normal betona göre artmaktadır. Polimer betonlarda filler kullanımı ile sünme şekli değiştirmesi azaltılmaktadır [7]. Polimer betonların titreşim sönümlemesi dökme demire göre 4-7 kat fazladır [8]. Bu nedenle polimer betonlar makine parçası olarak üretilip kullanıldığında, oluşan titreşimleri ve gürültüyü azaltmakta, dayanıklılığı arttırmakta ve ağırlıklarında düşme sağlamaktadır [9].

Plastik atıkların betonda lif olarak değerlendirilmesi sonucunda betonun tokluğu artarken, basınç, çekme ve eğilme dayanımlarına önemli bir etkisi olmamıştır [10]. Plastik atık liflerin kullanıldığı betonlarda önemli bir dayanıklılık göstergesi olan alkali direnci olumsuz etkilenmemiştir. Plastik atıkların lif olarak değerlendirildiği betonlar püskürtme betonu olarak tünellerde ve karayollarında kullanılmaktadır. Ayrıca altyapı, deniz yapıları gibi sert ortam koşullarına dayanıklı betonlarda kullanılabilir [11]. Atık lastikler de atık plastikler gibi betonda tokluğu arttırmak için kullanılmakta ve özellikle karayollarında oto korkuluklarında kullanılması önerilmektedir [12].

Betona atık plastik ilavesi ile birim ağırlıklar düşürmekte, basınç dayanımlarını önce artmakta ve sonra plastik oranı arttıkça basınç dayanımları azalmaktadır. Basınç dayanımı açısından %30-40 oranında atık plastik kullanılması tavsiye edilmektedir [13]. Plastik atıkların agregası olarak kullanılması durumunda plastik su emmede için işlenebilirliğe de katkısı olmaktadır [14]. Atık plastik agregalı betonlar asit saldırısından etkilenmemektedir [15]. Plastiklerin betonda ince agregası olarak kullanılması durumunda ultrases geçiş hızları ve ısı iletkenlikleri azalmaktadır [16]. Plastik agregası çevresinin yüksek fırın cürufu gibi mineral katkılarla kaplanması agregası çimento hamuru arasındaki geçiş bölgesini iyileştirmektedir [17]. Atık plastiklerin hafif beton üretiminde kullanılması çevre koşullarının etkili olduğu tarımsal yapılarda, hayvan barınaklarında, depolarda büyük avantaj sağlamaktadır [18].

Betonun yaklaşık %75'i agregasıdır [19]. Beton birim ağırlığını azaltmak için daha hafif agregası kullanılmalıdır [20]. Deprem kuvvetleri yapıya bina ağırlığı ile doğru orantılı bir

şekilde etkimektedir. Bu amaçla hafif agregâ kullanılarak hafif betonlar üretilmeli ve bina ağırlıkları düşürülmelidir. Bu çalışmada polietilen atıklar beton üretiminde agregâ yerine kullanılarak hafif beton elde edilmesi amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Malzemeler

Çimento: Güçlü beton firmasından temin edilen, Eskişehir Çimento Fabrikasının (EŞÇİM) üretimi olan CEM I 42.5 dökme Portland çimentosu ve Bursa Hazır Beton firmasından temin edilen Nuh hazır Beton Firmasının üretimi olan CEM II B-M 32.5R torbalı portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentoların özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Çimento özellikleri

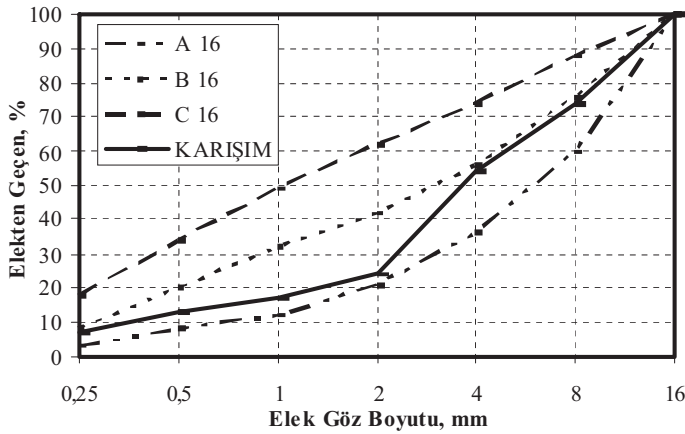
Kimyasal analiz, %	CEM I	CEM II	Fiziksel Özellikler	CEM I	CEM II
SiO ₂	19.40	18.4	Yoğunluk, g/cm ³	3.08	3.02
Al ₂ O ₃	5.20	5.74	Özgül Yüzey, cm ² /g	3370	3180
Fe ₂ O ₃	2.38	3.02	Basınç Dayanımı, MPa		
CaO	63.78	63.01	2 gün	11.9	12.4
MgO	1.85	1.01	7 gün	26.7	23.8
SO ₃	2.84	2.61	28 gün	42.8	40.6
LOI	3.70	3.24			

Su: Karışımlarda karma suyu olarak Eskişehir şebeke suyu kullanılmıştır. Suyun özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Karma suyu özellikleri

Bileşim, mg/L		Diğer özellikler	
SO ₄ ²⁻	23	pH Değeri	7,8
Cl	66	Koku	Yok
Na ₂ O	52	Renk	Berrak
K ₂ O	11	Askıda katı madde içeriği	4ml
Toplam Alkali	8	Deterjanlar	yok
Pb ²⁺	0.05	Sıvı ve Katı Yağlar	yok
P ₂ O ₃	1.5	Organik Madde	Oluşan renk standart renkten açıktır
Zn ²⁺	10		
NO ₃	0.1		

Agrega: Agregâ olarak Selka hazır beton firmasından alınan mineralojik kökeni kalker olan 0-4 mm kırmakum ve 4-16 mm kırmataş kullanılmıştır. Yapılan elek analizi sonucunda karışım oranları belirlenmiş ve agregâ karışımının granülometrik bileşimi referans eğrileri ile birlikte Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan agrega karışımına ait granülometri eğrisi

Polietilen Agrega (PEA): Agrega yerine atık olarak daha fazla miktarlarda bulunan düşük yoğunluklu polietilen kullanılmıştır. Özellikleri Çizelge 3'te verilmektedir.

Çizelge 1. Polietilen özellikleri

Özellik	Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE)	Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE)
Erime noktası	~115 °C	~135 °C
Kristal Yapı	Düşük (%50-60)	Yüksek (%90)
Esneklik	HDPE'den daha fazla esnek	Kristal yapısı nedeniyle LDPE'den daha sert.
Dayanım	Polimer zincirlerinin düzensiz paketlenmesi nedeniyle HDPE kadar dayanımlı değildir	Polimer zincirlerinin düzenli paketlenmesinin sonucu olarak dayanımlıdır.
Isı Direnci	Sertliği tutar fakat yoğunluk oda sıcaklığının üzerinde düşer.	100 °C'da üzerinde kullanışlı
Şeffaflık	İyi şeffaflık gösterir amorf yapısından dolayı	Kristal yapısından dolayı daha az şeffaflık gösterir
Yoğunluk	0.91-0.94 g/cm ³	0.95-0.97 g/cm ³
Şematik diyagramı		

2.2. Üretim Yöntemi ve Yapılan Deneyler

Beton karışımlarında su-çimento oranı 0.5 olarak alınmıştır. PEA iri agrega yerine %0, 50 ve 100 oranlarında beton karışımına katılarak 70x70x70 mm boyutlu küp numuneler üretilmiş ve standart kür koşullarında tutulmuşlardır. Beton üretiminde kullanılan malzeme

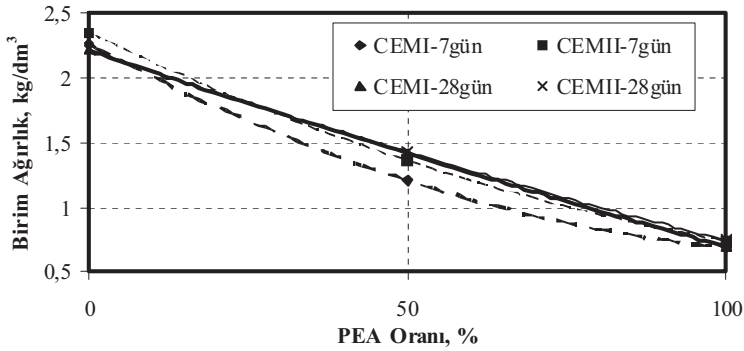
miktarları Çizelge 4’te verilmiştir. Üretilen beton numuneleri üzerinde 7 ve 28. günlerde hasarsız olarak birim ağırlık, ultrases geçiş hızı deneyleri, hasarlı olarak da basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Beton numunelerin birim ağırlıkları, ultrases geçiş hızları, dinamik elastisite modülleri, basınç dayanımları belirlenmiştir.

Çizelge 4. Karışım miktarları

Malzeme, gr	%0 PEA	%50 PEA	%100 PEA
Çimento	480	480	480
Su	240	240	240
0-4 kum	927	927	927
4-16 agrega	1133	566	0
4-16 PEA	0	288	566

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İRDELENMESİ

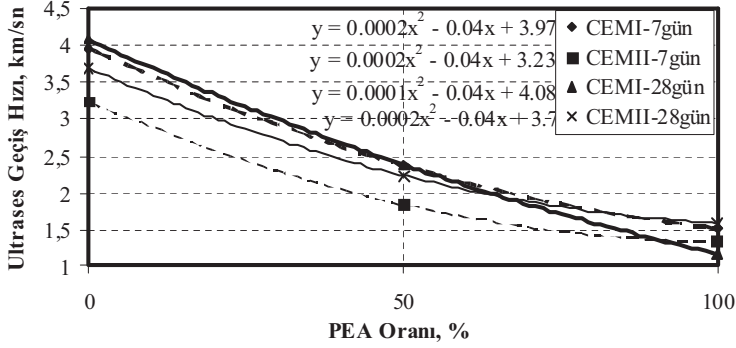
Birim ağırlık deneyi sonuçları Şekil 2’de verilmiştir. Plastik agregalı betonların birim ağırlıkları $600-2400 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir. Şekil 2 incelendiğinde PEA’nın %50 oranında kullanımı ile sertleşmiş beton birim ağırlıkları %40, %100 kullanımında ise %70’e ulaşan oranlarda azalmıştır. Bu düşmenin nedeni PEA’nın özgül ağırlığının diğer agregalarından daha düşük olması şeklinde açıklanabilir. Özellikle PEA’nın %70 ve daha fazla oranda kullanımı ile suyun yoğunluğunun altına inilmektedir.



Şekil 2. PEA kullanılan betonların birim ağırlıkları.

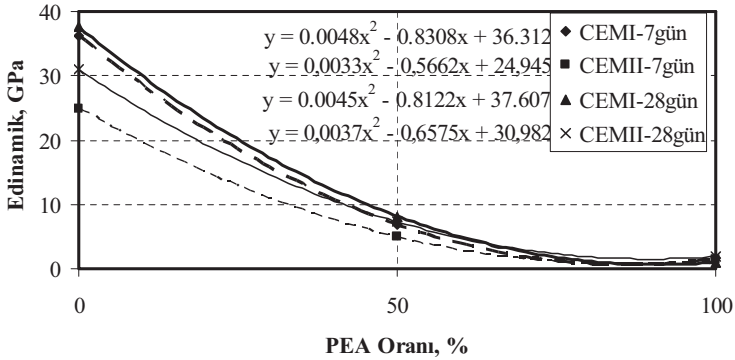
Şekil 3’te PEA ile üretilen beton numunelerin ultrases geçiş hızları verilmiştir. Ultrases geçiş hızları $1-4 \text{ km/sn}$ arasında değişmektedir. PEA kullanılması ile ultrases geçiş hızları azalmıştır. Bu azalma %50 PEA’lı beton numunelerinde %40 olurken, %100 PEA’lı beton numunelerinde %60 olduğu görülmüştür. Verilerin eğilimi şekilden de görüleceği gibi ikinci dereceden eğri denklemlerine benzer davranış gösterirken, yaklaşık 100 çevrimde 1.5 km/sn ultrases geçiş hızı ile en az değerine ulaşmıştır. PEA’dan ultrases daha uzun sürede geçtiği için PEA’lı betonların ultrases geçiş hızlarını azalttığı düşünülebilir. Şekil 4’te üretilen beton numunelerinin dinamik elastisite modülü değerleri verilmiştir. Dinamik elastisite modülleri ultrases geçiş hızı ve birim ağırlıklara bağlı olarak aşağıdaki formülden hesaplanmış ve bulunan sonuçlar birim değişikliği yapılarak GPa’ya çevrilmiştir.

$$E\left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) = 10^5 V^2 \left(\frac{\text{km}}{\text{sn}}\right) \frac{\Delta\left(\frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}\right)}{9.81} \quad (1)$$



Şekil 3. PEA kullanılan betonların ultrases geçiş hızları.

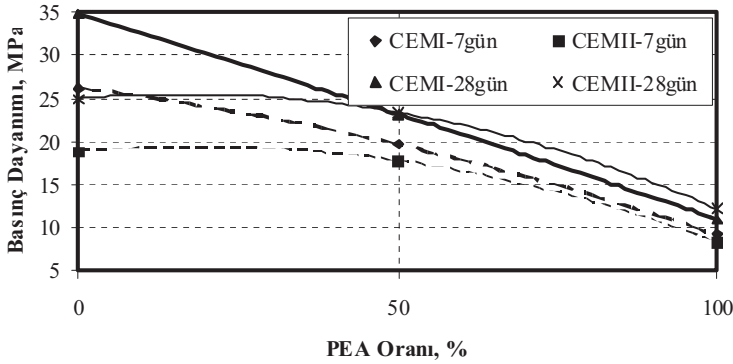
Dinamik elastisite modülleri 1-40 GPa arasında değişmektedir. Şekil 4 incelendiğinde ultrases geçiş hızlarına ve birim ağırlığa bağlı olarak bulunan dinamik elastisite modülleri, %50 PEA kullanılması ile yaklaşık %75, %100 PEA kullanılması ile yaklaşık %90 azalmıştır. Bu azalmaların nedeni PEA'nın düzgün şekilli olmamasından dolayı yerleştirilmesi ve sıkıştırılması sırasında oluşan boşluk miktarını arttırması, yapısı gereği daha düşük ultrases geçiş hızlarına sahip olması, özgül ağırlığının düşük olması nedeni ile de birim ağırlığını düşürmesi olarak açıklanabilir. Deney verileri incelendiğinde eğilimin ikinci dereceden eğri denklemlerine yakın olduğu, PEA kullanılmayan numunelerde dinamik elastisite modülleri farklılık gösterirken, %100 PEA kullanılan numunelerde değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür.



Şekil 4. PEA kullanılan betonların dinamik elastisite modülleri.

Şekil 5'de üretilen beton numunelerin basınç dayanım değerleri gösterilmektedir. Basınç dayanım değerleri 8 ile 35 MPa aralığında değişmektedir. Şekil 5'de PEA kullanılması ile genel olarak basınç dayanımlarının düştüğü görülmektedir. PEA'nın %50 oranında kullanılması durumunda 7 günlük beton numunelerinin basınç dayanımları CEM I kullanılması ile %25, CEM II kullanılması ile %5; 28 günlük beton numunelerinin basınç

dayanımları CEM I kullanılması ile %33, CEM II kullanılması ile %6 azalmıştır. Bunun nedeni %50 PEA kullanılması durumunda PEA tanelerinin aderansı azaltması, PEA'nın daha düşük dayanımda olmasıdır. PEA'nın %100 oranında kullanılması durumunda 7 günlük beton numunelerinin basınç dayanımları CEM I kullanılması ile %65, CEM II kullanılması ile %55; 28 günlük beton numunelerinin basınç dayanımları CEM I kullanılması ile %68, CEM II kullanılması ile %51 oranlarında azalmıştır. Betonun sertleşmesi ve dayanım kazanması sonucunda daha gevrek bir malzeme olması nedeni ile PEA'nın sünek yapısı ile uyum sağlayamaması, PEA'nın yük altında şekil değiştirme eğiliminin çimento harcı içerisinde gerilme yığılmaları oluşmasına neden olmakta ve amaçlanan dayanımdan daha düşük basınç gerilmeleri altında taşıma gücünü yitirip çatlamasına ve kırılmasına neden olmaktadır.



Şekil 5. PEA kullanılan betonların basınç dayanımları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda:

- Beton üretiminde iri agregaya yerine %50 oranında PEA kullanılması ile beton birim ağırlıkları 1.5 kg/dm^3 'ün altına düşerken, %100 oranında PEA kullanılması durumunda beton birim ağırlığı 1 kg/dm^3 'ün altına düşmüştür. Bu sonuçlara göre her iki PEA oranında da hafif beton elde edilmiştir.
- Ultrases geçiş hızları da PEA kullanılması ile yarı yarıya azalmıştır. Bu da PEA'nın yalıtım yönünden olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir.
- Dinamik elastisite modülü %100 PEA kullanılması durumunda önemli oranda düşmektedir.
- Beton basınç dayanımı PEA kullanımı ile düşerken %100 PEA kullanılması ile basınç dayanımı yönünden orta dayanımlı hafif betonlar elde edilmiştir. %50 PEA kullanılması ile taşıyıcı hafif betonlar elde edilmiştir.

Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre PEA'nın %50 oranında kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür. Ancak yüksek dayanım gerektirmeyen yerlerde %100 polietilen agregalı hafif betonlar da önerilebilir. Ülkemizin büyük bir kısmı deprem tehdidi altında olduğundan, oldukça hafif olan PEA'lı betonun yapılarımızda kullanılması önerilir. Yine ülkemizin büyük bir kısmında yazlar oldukça sıcak ve kışlar oldukça soğuk geçtiği için iyi bir yalıtım malzemesi olan PEA'lı hafif betonun yapılarımızda kullanılması uygun olacaktır. Ayrıca

PEA su emmediği için ve çimento ile zararlı bir reaksiyon yapmadığından dayanıklılık yönünden avantajlıdır. Genelde zararlı ortam koşulları içeren altyapı elemanlarının üretiminde PEA'lı hafif beton kullanılabilir. Dış ortamda, sıcaklık farkı etkisinde ve su ile temas edebilecek parke taşı, bordür gibi donma çözülme etkileri altında kalan alt yapı elemanlarında kullanılması tavsiye edilir. Böylece plastik atıkların hafif beton üretiminde değerlendirilmesi çevreye ve ekonomiye katkı sağlamış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] S. Akçaözoğlu, 2008, “Atık Pet Şişe Kırıklarının Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, s. 257.
- [2] N. Atar, 2006, “Suda Çözünen Polimerlerin Çimento ve Beton Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, s. 76.
- [3] Ö. Ekincioglu, H. Özkul, L.J. Struble, 2007, “Farklı PVA’larla Üretilen Büyük Boşluklarından Arındırılmış Çimento-Polimer Kompozitlerinin Suya Karşı Dirençlerinin İncelenmesi”, 7. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul, ss. 33-42.
- [4] M. Amianti and V.R. Botaro, 2008, “Recycling of EPS: A New Methodology for Production of Concrete Impregnated with Polystyrene”, Cement & Concrete Composites, Vol. 30, pp. 23-28
- [5] V.Y. Garas and C.Vipulanandan, “Review of Polyester Polymer Concrete Properties”
- [6] F. Mahdi, A.A. Khan and H. Abbas, 2007, “Physiochemical Properties of Polymer Mortar Composites Using Resins Derived from Post-Consumer PET Bottles”, Cement & Concrete Composites, Vol. 29, pp. 241–248.
- [7] B.-W. Jo., G.-H. Tae and C.-H. Kim, 2007, “Uniaxial Creep Behavior and Prediction of Recycled-PET Polymer Concrete”, Construction and Building Materials, Vol. 21, pp. 1552–1559.
- [8] S. Orak and Ş. Karademir, 1998, “Poliester Reçineli Polimer Betonun Sönüm Yeteneği Üzerine Bir Araştırma, Turkish J. Eng. Env. Sci. Vol. 22, pp. 323-328.
- [9] G. Vrtanoski and V. Dukovski, 2005, “Design of Polimer Concrete Main Spindle Housing for cnc Lathe”, 13th International Scientific Conference on Achievements in Mechanical and Materials Engineering, Gliwice, Poland, pp. 695-698.
- [10] D.A. Silva, A.M. Betioli, P.J.P. Gleize, H.R. Roman, L.A. Go’mez and J.L.D. Ribeiro, 2005, “Degradation of Recycled PET Fibers in Portland Cement-Based Materials”, Cement and Concrete Research, Vol. 35, pp. 1741-1746.
- [11] T. Ochi, S. Okubo and K. Fukui, 2007, “Development of Recycled PET Fiber and its Application as Concrete-Reinforcing Fiber”, Cement & Concrete Composites, Vol. 29, pp. 448–455.
- [12] M. Atalay, 2007, “Plastik Katkılı Esnek Betonların Statik ve Dinamik Yükler Altında Davranışının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya, s. 70.
- [13] M.A.-Halim and A.-Goad 2004, “Structural Material from Waste Plastic”, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 91, pp. 2543–2547.
- [14] Y.W. Choi, D.J. Moon, Y.J. Kim and M. Lachemi, 2009, “Characteristics of Mortar and Concrete Containing Fine Aggregate Manufactured from Recycled Waste Polyethylene Terephthalate Bottles”, Construction and Building Materials, Vol. 23, pp. 2829–2835.

- [15] B.-W. Jo, S.-K. Park and J.-C. Park, 2008, “Mechanical Properties of Polymer Concrete Made with Recycled PET and Recycled Concrete Aggregates”, *Construction and Building Materials*, Vol. 22, pp. 2281–2291.
- [16] H. Binici, R. Gemci, O. Aksoğan, M. Peşdereli ve T. Yıldırım, 2009, “Polietilen Katkılı Betonların Ses ve Isı Yalıtım Özellikleri”, *Ç.Ü.Müh.Mim.Fak.Dergisi*, Sayı 1-2, Cilt 24, ss. 111-119.
- [17] Y.-W. Choia, D.-J. Moonb, J.-S. Chungc and S.-K. Cho, 2005, “Effects of Waste PET Bottles Aggregate on the Properties of Concrete”, *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, pp. 776–781.
- [18] S. Şahin, S. Karaman ve İ. Örüñ, 2007, “Atık PVC Katkılı Hafif Betonların Özellikleri ve Tarımsal Yapılarda Kullanım Olanakları”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, Sayı 2, Cilt 4, ss. 137-144.
- [19] S. Akman, 1987, “Yapı Malzemeleri”, İ.T.Ü. İnş. Fak. Yayını, İstanbul.
- [20] N. Bayülke, 1998, “Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı”, *İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No.27*, 245s.

BÖLÜM 7

DOĞAL AFET ZARARLARININ AZALTILMASI

DOĞAL AFETLER VE BU AFETLERİN OLUŞTURDUĞU RİSKLERİN AZALTILMASI

Gökhan ŞAKAR

Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., İzmir - gokhan.sakar@deu.edu.tr

ÖZET

Doğal afetler ülkemizde ve dünyada maddi ve manevi olarak büyük kayıplara yol açmaktadır. Başta deprem olmak üzere, su taşkını, kasırga, tsunami, heyelan vb. afetlerin olumsuz etkileri tüm dünyada görülmektedir. Doğa olaylarını engellemenin imkansız olduğu göz önüne alındığında, kent nüfusunun oldukça büyük rakamlara ulaştığı ülkemizde afetlerin oluşturduğu risklerin doğru tanımlanması ve risklerin azaltılması büyük önem kazanmıştır. Kentsel altyapının maliyetinin çok fazla olması nedeni ile altyapıların bu riskler paralelinde oluşturulması ya da düzenlenmesi kentlerin ve ülkenin geleceği açısından daha da değerli hale gelmiştir. Bu bildiri kapsamında özellikle deprem açısından risk yönetimi ve alınabilecek önlemler kentsel altyapı özelinde kısaca irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Doğal afet, risk yönetimi, kentsel altyapı.

1. DOĞAL AFET KAVRAMI

Doğal afet, can ve mal kaybına yol açan doğal olaylardır. Afetin ilk özelliği doğal olması, ikincisi can ve mal kaybına neden olarak çok kısa zamanda oluşması ve son olarak da başladıktan sonra insanlar tarafından engellenememesidir [1]. Bazı afetlerin yeryüzünün nerelerinde daha çok olduğu bilinmektedir. Örneğin deprem, heyelan, çığ, sel, don ve bazı afetlerin sonuçları depremde olduğu gibi doğrudan ve hemen ortaya çıkar. Ama kuraklıkta olduğu gibi bazılarının sonuçları ise uzun bir zaman sonra ve dolaylı olarak görülür. Doğal afetler basit olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1.1. Jeolojik Doğal Afetler

Deprem

Deprem, yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsmasıdır. Magma

üzerinde yüzen levhalar konveksiyonel akım sayesinde sürekli hareket halindedir. Kıtaların hareketi ile plato sınırlarında kaynama ve ayrılmadaki sürtünmeden oluşan kinetik enerjinin aniden büyük bir güçle boşalabilir. Yer katmanlarında oluşan şok dalgalarının sebep olduğu doğa olayına deprem denir [1].

Heyelan

Heyelan ya da toprak kayması, zemini kaya veya yapay dolgu malzemesinden oluşan bir yamacın yerçekimi, eğim, su ve benzeri diğer kuvvetlerin etkisiyle aşağı ve dışa doğru hareketidir. Kayalardan, döküntü örtüsünden veya topraktan oluşmuş kütlelerin, çekimin etkisi altında yerlerinden koparak yer değiştirmesine heyelan denir. Bazı heyelanlar büyük bir hızla gerçekleştikleri halde bazı heyelanlar daha yavaş gerçekleşirler. Heyelanlar yeryüzünde çok sık meydana gelen yaygın bir kütle hareketi çeşididir. Büyük heyelanlar aynı zamanda topografyada derin izler bırakırlar.

Yanardağ Patlamaları

Yanardağ ya da volkan, magmanın, yeryuvarlığının yüzeyinden dışarı püskürerek çıktığı coğrafi yer şekilleridir. Güneş sisteminde bulunan kayalık gezegen ve aylarda (bazıları çok aktif olan) birçok yanardağ olmasına rağmen, bu olgu, en azından dünyada, genellikle tektonik plaka sınırlarında görülür. Ne var ki, sıcak nokta yanardağlarında önemli istisnalar vardır.

1.2.Meteorolojik Doğal Afetler

Sel

Sel, bir bölgede toprağı belirli bir süre için tamamen veya kısmen su altında bırakan; ani, büyük ve düzensiz su akıntılarına verilen isimdir. Bir akarsu veya deniz, göl gibi büyük su kitleleri kimi zaman fazlasıyla suyla yüklenir, bunun sonucunda taşarak yatağından çıkar ve sel adı verilen bir doğal felakete neden olur.

Çığ

Çığ, farklı nedenlerden dolayı dağdan aşağıya doğru kayan büyük kar kütleleridir. Bol kar yağışı olduğunda, taze kar tabakasının alttaki eski tabakayla iyi kaynaşmaması sonucu rüzgarın kaldırdığı büyük bir kar kitlesinin aşağı inerek alttaki kar tabakası üzerinde kayması sonucu ya da bir canlının oynak kar tabakasını çiğneyerek harekete geçirmesi sonucu çığ oluşabilir.

Fırtına

Şiddetli rüzgar ve bunun çöllerde veya denizlerde meydana getirdiği dalgalanmalara fırtına adı verilir. Meteoroloji uzmanları, hızı saatte 100 km'yi geçen rüzgarlara fırtına derler. Fırtına atmosferde oluşan bir çalkantıdır. Şiddetli rüzgârlar ve genellikle yağmur, sulu kar, kar ya da dolu biçiminde yağış getirir. Çoğu zaman fırtınaya şimşek ve gök gürültüsü eşlik eder. Kuzeye doğru ilerleyen sıcak ve nemli havanın güneye doğru inen soğuk ve kuru havayla karşılaşması fırtınaya yol açar. Fırtına bu sıcaklık farkından doğar.

Kuraklık

Bir bölgede nem miktarının geçici dengesizliğin kaynakları su kıtlığı olarak tanımlanabilen kuraklık, doğal bir iklim olayıdır ve herhangi bir zamanda ve yerde meydana gelebilir. Kuraklık genellikle yavaş gelişir ve sıklıkla uzun bir dönemi kapsar. Kurak iklimlerin hüküm sürdüğü yerlerdeki hayvanlar ve bitkiler, nem eksikliğinden ve yüksek değişkenlikteki yağıştan dolayı olumsuz etkilenirler.

Orman Yangını

Orman yangını, doğal ya da insani sebeplerden ortaya çıkan ormanların kısmen veya tamamen yanmasıdır. Yıldırım düşmesi, yanardağ patlaması ve yüksek sıcaklık gibi doğal sebeplerle çıkan yangınlar ve sigara, tarımsal ürünler nedeniyle çıkan insan kaynaklı orman yangınları vardır. Ormanların yanması ekolojik olarak bir çok zarara sebep olur. İklim değişikliği ve kuraklık başlıca sonuçlardır.

Hortum

Hortum, kümülüs bulutları ile bağlantılı olarak silindirik şeklinde dönerek gezen bir rüzgar türüdür. Hortum bulutlardan yere kadar uzanır ve büyük yıkıcı güce sahip olan bir doğa felaketidir. Hortumlar hakkında bir bilimsel teori ilk olarak 1917 yılında Alfred Wegener tarafından üretilmiştir ve bu teori günümüzde de doğru olarak kabul edilmektedir. Bir denizin ya da gölün üzerinde meydana gelen bir hortum, yerden emdiği sular ile bir su hortumu oluşturur.

2. RİSK YÖNETİMİ

Afet yönetiminde son yıllarda hedeflenen odak nokta risk kavramıdır. Doğal tehlikelerin yarattığı riskleri farklı düzeylerde tanımlamak olanaklıdır. Tekil yapı düzeyinde yıkılma ve hasar görme riskleri daha basit iken, birden fazla yapıdan oluşan bölgelerde yapıların birbirlerini etkilemeleri, kaçış olanakları, yakın çevre güvenliği gibi konuların yarattığı kayıp olasılıklarını göz önünde tutmak ve farklı risklerden söz etmek gerekir [2]. Bu nedenle, farklı kentsel çevrelerdeki riskler ile kent bütününe ilişkin riskler ayrı değerler ve olasılıklara göre tanımlanmalıdır. Bir bölgenin riskleri, ya da ülke afet riskleri, farklı kavramlara başvurma gereği duyacağımız düzeylerdir. Uluslararası düzeyde ise, risklerin genellikle olası kayıpların ülke GSYİH içindeki oranı ya da afetlere maruz nüfus içinde olası can kaybı oranları gibi ölçütlere dayanılarak belirlendiği görülmektedir.

Risk belirleme çalışmaları farklı tiplerde yürütülebilir. Bunların arasında en karmaşık risk belirleme çalışması kent düzeyinde olmalıdır. Kent ortamında çok yönlü risklerin belirlenmesi, kentin fiziki, ekonomik ve sosyal özelliklerinin ilişkileri gözetilerek kentin bilimsel yöntemlerle çözülmesini gerektirir [2]. Ülkemizde yıllardır fazla önemsenmemiş olan risk belirleme kavramı, yeni politikalar ile bugün çok yerde gündeme alınmış bulunmaktadır. Bu sistemde risklerin azaltılması amacıyla uygulama yöntemleri geliştirme çabaları ise, içerik ve araçlarıyla zengin bir özel planlama türü belirlemekle mümkün olmaktadır. Toplumsal açıdan baktığımızda risk azaltma uygulamaları, fiziki düzenlemeler yanında finansman koşullarının tasarlanmasını, sosyal sorunların çözülmesini gerektirir. Bu kapsam kendine özgü bir planlama alanı belirler. Ayrıca tam

anlamıyla bir risk yönetimi gerçekleştirmek başta devlet kurumları olmak üzere, özel sektörün ve vatandaşların bilinçli ve özverili katılımları ile mümkün olabilecektir.

3. KENTSEL ALTYAPI

Kentlerimizde, düzensiz yapılaşma ile eksik ve yetersiz altyapı sorunları sürekli yaşanmıştır. Kentsel büyümenin iki önemli bileşeninden biri olan kentsel planlama ile diğeri olan kentsel altyapı arasındaki ilişkinin doğru kurulamamasının en önemli nedeni hızlı kentleşme ve altyapı maliyetlerinin yüksek oluşudur [3].

Kentsel altyapı standartlarının yükseltilmesi ve planlama ile birlikte altyapı ilişki sisteminin kurulma gerekliliği kentsel dönüşümün en öncelikli maddesidir. Bu nedenle, planlama ve altyapı ya da planıcı ve mühendis arasındaki disiplinler arası çalışma ortamlarının geliştirilmesi için de yeni yaklaşımların ele alınması gerekmektedir. Kentsel altyapı yönetimi kapsamında, yönetimin organizasyon yapısı ve kurumlar arası ilişkilerdeki yetki ve sorumluluklar ile günün koşulları çerçevesinde yeni yöntem ve yaklaşımların da yeniden ele alınması zorunluluğu doğmaktadır.

Ayrıca, altyapı finansmanı konusunda özellikle kamu ve özel sektör işbirliğine dayalı projelerin geliştirilmesi yönetim konusunun çeşitlendirilmesi ve sorumluluk paylaşımının sağlanması açısından ele alınması gerekli diğer konulardan biridir. Kentlerimizin büyük bir çoğunluğun yapılanmasını tamamladığı ve altyapı eksikliği bulunduğu ve kentsel dönüşümün özellikle deprem riski bulunan başta İstanbul olmak üzere hızlanacağı dikkate alındığında ise altyapı finansmanı konusunun önemini artırmaktadır. Bu kapsamda, üniversitelerin de bulundukları kentteki altyapının iyileştirilmesinde gerekli planlamaların yapılmasında katkı koyması gerekliliği aşikardır. Yerel yönetimlerin de bu konuda üniversite ile işbirliği halinde olması verimli ve uzun yıllar çalışan altyapı sistemlerinin oluşturulmasında büyük fayda sağlayacaktır.

Mevcut 100 konut stokunun, 77 adedinin, son 30 yıl içinde yapılmış olması, kentleşme sürecini ne kadar hızlı yaşadığımızı ve depremler nedeni ile toplam konut stokumuzun, son 100 yılda, yaklaşık %3,5'ini ve Marmara depreminde ise bölge yerleşmelerinde, % 30'luk bir stokun kaybedilmesi, yeni kentsel düzenin kurulmasını zorunlu hale getirmektedir [3].

Kentlerimizin içinde bulunduğu durum dikkate alındığında dönüşümün mevcut yaklaşımlar ve klasik planlama anlayışı ile sağlanmasının pek mümkün olmadığı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, kentlerimizin birçoğunda yaşanan toplumsal ve ekonomik zorlukların ve sorunların çözümü için de yeni bir anlayışın oluşturulması gerekmektedir. Yeni kentsel düzen geleceğin kurgulanması için sorunların ve fırsatların yeni bir planlama anlayışı içinde yeniden ele alınmasını sağlarken, kentlerin geleceklerini ortak bir vizyon ve stratejik hedefler doğrultusunda nasıl kurgulanacağını ortaya koyacak ve kentlerin yönetim anlayışının, araçlarının ne olması gerektiğini ortaya koyacaktır.

Bölgeler arası dengesizlikler, kentler arası dayanışma ortamları ve işbirliklerinin kurulamaması mevcut kentsel düzenin mekanizmalarının geçerliliğinin yitirildiğinin en önemli göstergeleridir. Yeni kentsel düzenin kurulabilmesi için kurumsal, finansal ve yasal boyutları içeren yeni bir yapılanmaya gereksinim vardır. Yeni yapılanma kentler arası ittifakları, kesimler arası işbirliklerini ve proje ortaklıkları ile yeni planlama ve tasarım

anlayışı ile kentsel teknik ve sosyal altyapı standartlarının yeniden ele alınmasını gündeme getirecektir.

Deprem ve Kentsel Altyapı İlişkisi

Ülkemizde maddi ve manevi kayıpların en fazla yaşandığı doğal afet kuşkusuz ki depremdir. Diğer birçok yıkıcı etkisinin yanında depremin kentsel altyapılara verdiği zarar büyük boyutlarda olmuştur. Bu açıdan altyapının depreme dayanıklı olarak planlaması ve yapımı ile deprem sonrası olası altyapı hasarları düşünülerek ortaya konacak acil durum planları oldukça önemlidir.

Deprem sonrasında içme suyu şebekesi, kanalizasyon ve yağmur suyu drenaj sistemlerinin yanı sıra enerji, haberleşme ve ulaşım altyapılarının da mümkün olduğunca işlevselliğini yitirmeden çalışmaları gereklidir. Bu sayede hem depremin hemen sonrasında olabildiğince fazla insanın hayatta kalabilmesi hem de bu insanların bir an önce olağan yaşantılarına dönebilmeleri sağlanabilecektir. Bu konuda üzerinde durulması gereken ilkelerin bazıları aşağıda özetlenmiştir.

İletişim

Telefon sistemi deprem sonrası yoğunluk nedeniyle aksamaya uğrar. Telefon şebekesinin deprem sonrası veriminin en az %10 azalacağı varsayılır. Telsiz haberleşmesi de elektrik kesintisi ya da teçhizatların hasarı nedeniyle kesilebilir. Yine de uygun planlanan bir telsiz iletişimi depreme oldukça dayanıklıdır [4].

İletişim sistemi acil durum yanıt sisteminin ana ögesidir. Çünkü acil yardım çağırısı, ihtiyaçların talep edilmesi, hasar raporlarının toplanması ve güvenli bölgelere insanları tahliye edebilmek için iletişim sisteminin çalışması gereklidir. İletişim arızalarını en aza indirmek ve özellikle telefon bağlantısının kesilmemesi için santral binaları ve donanımları ile iletim hatları ve baz istasyonları deprem etkisi dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Ayrıca depremden etkilenmeyen uydu telefonlarının önemli birimlerde bulunması ile deprem sonrası hızlı bir eşgüdüm sağlanabilir.

Ulaştırma

Zemin özellikleri, yüzey hataları ve uygulama hataları gibi nedenlerle yollar ve köprüler depremde hasar görebilirler. Günümüzde çokça uygulanan geniş açıklıklı köprülerde hasara oldukça sık rastlanmaktadır. Ayrıca havaalanlarında gerek pistlerin gerekse kontrol kulelerinin depremden olumsuz etkilenmesi ulaşımına büyük darbe vermektedir.

Elektrik

Büyük ölçekli depremlerde elektrik kesintileri yaygın olarak görülür. Buna karşın hafif şiddetteki depremlerde de bölgesel kesintilerin gerçekleştiği görülmektedir. Elektrik kesintilerinin etkileri anidir. Şebekenin dağıtım hatlarında, ara istasyonlarda ve diğer ekipmanlarda arızalar bu kesintilere neden olur. Önemli birimlerde depreme dayanıklı yedek güç sistemlerinin kurulması zorunludur [4].

Su ve Kanalizasyon Şebekesi

Patlayan borular nedeniyle su kesintileri deprem bölgesinde sık karşılaşılan bir sorundur. Boruların kırılması genellikle problemli zeminlerde görülür. Ayrıca boru yaşı ve tipi ile bağlantı biçimine de bağlıdır. Barajlarda oluşan hasarlar bölgedeki tüm su rezervini etkilediği gibi ek bir acil durum sorunu da yaratmaktadır.

Yerüstü depolama tankları iyi mesnetlenmemişse kayabilir ve bağlantı noktalarında kaçaklar başlar. Yükseltilmiş ya da kule tipi tanklarda deprem hasarına yatkın yapılardır.

Yer altı borularının dayanıklılığına bağlı olan kanalizasyon hizmeti zemin sorunları nedeniyle kesilebilir. Arıtma tesisleri atıkların dağılıp çevresini tehlikeye atmaması için depreme dayanıklı yapılar olmalıdır. Kanalizasyon borularının hasar sonucu sızıntı yaparak içme suyu şebekesine karışması olumsuz sonuçlara yol açar. Bu açıdan özellikle bağlantı noktalarının esnek olması ve kanalizasyon hattının içme suyu hattının altında yer alması uygulanabilir basit çözümlerdendir.

Bütün bu bilgilerin ışığı altında bir alt yapı sistemi yapılması durumunda;

- Yol kenarlarında bir bant oluşturularak bu bölgeden tüm alt yapı sistemleri (içme suyu, yağmur suyu, atık su, PTT, elektrik doğalgaz v.s.) tek bir hattan geçirilmeli veya yol altına bir galeri inşa edilerek tüm alt yapı sistemleri bu galeri içinde düzenlenmelidir [5].
- İmar planlaması düzgün ve değişmeyecek şekilde düzenlenmeli ve bu imar planlamasına göre içme suyu, atık su ve yağmur suyu debileri belirlenerek projelendirme bu değerlere göre yapılmalıdır. İnşa aşamasında alt yapı sistemlerinin projeye uygun olarak yapılması için çalışanların deneyimli olması, kullanılan malzemenin sağlam olması, eğimlerin düzgün verilmesi ve bağlantıların sızdırmazlığı sağlayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.
- Yapılacak tüm alt yapı sistemleri olası deprem sırasında hasar görmeyecek veya mümkün olduğunca az hasar görecektir şekilde projelendirilmeli ve inşa edilmelidir. Ancak hasar görmesi söz konusu ise; deprem sonrasında hijyen ve sağlık açısından içme suyu ve atık su problem oluşturacağından bunlar için yerleşim bölgelerinin belirlenen yerlerinde içme suyu için doğrudan haznedan su alma sistemleri, atık sular için alt yapısı hazırlanmış (foseptik vb) prefabrik tuvalet ve lavaboların konulabileceği alanlar belirlenerek bunların kullanıma hazır halde tutulmasına çalışılmalıdır [5].
- Deprem sonrası sağlık açısından içme suyunun temiz olduğunun belirlenebilmesi için belirli noktalardan numune alınmasına uygun su alma ağızları oluşturulmalı ve gezici sağlık ekipleri ve laboratuvarlarla hızlı bir şekilde tahliller yapılarak halk bilgilendirilmelidir. Ayrıca atık su ve yağmur suyu sistemlerinin hasar görmesi durumunda sular yeraltına sızacağından ve bu durum içme sularının yeraltı suyundan temin edildiği yerleşimlerde risk oluşturacağından belirli aralıklarla kontrolü sağlayacak sistemler kurulmalıdır.
- Altyapı sistemlerinde yüksek yoğunluklu polietilen borular kullanılmalıdır. Maliyetlerin çok yüksek olması durumlarında PVC, GRP ve polietilen gibi plastik borular tercih edilebilir. Ayrıca mümkün olduğunca sıvılaşma potansiyeli yüksek olan zeminlerden hatların geçirilmemesi yarar sağlayacaktır.

4. SONUÇLAR

Kentlerimizin içinde bulunduğu sorunların çözümü için klasik planlama ve yönetim anlayışı dışında bazı yenilikçi anlayışlara gereksinim duyulduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Son dönemler de yapılan yasal düzenlemeler ve kurumsal yapılanmalar bunun en önemli işaretlerini vermektedir.

Bu yasal düzenleme kapsamında 29.05.2009 tarihinde çıkartılan 5902 sayılı “Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri” kanunu [6] çerçevesinde olumlu bir gelişme kaydedilmiştir. Bu kanun ile kısaca Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı kurularak afet yönetiminin tek çatı altında toplanması amaçlanmıştır. Bu sayede afetlere müdahalenin hızının artırılması düşünülmüştür. Ancak 5902 sayılı bu kanunun kapsamında da bir takım eksiklikler yer almaktadır. Örneğin lojistik konusunun yasada yer almaması ya da illerde oluşturulan il afet ve acil yardım müdürlüklerinde konuya vakıf ve eğitilmiş personelin henüz tam anlamıyla görev almaması gibi eksiklikler göze çarpmaktadır. Eksikliklere rağmen kanunun afet ve acil durumlar açısından yarar sağlayacağı ve zamanla sistemin oturması ile daha yararlı bir konuma geleceği düşünülmektedir.

Ayrıca, kentsel gelişimin iki unsuru olan planlama ve altyapı ilişkisinin yeni bir yönetim anlayışı içinde ele alınması, kentsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma için vazgeçilmez bir temel strateji olmalıdır. Özellikle çok yoğun ve düzensiz yapılaşan kentlerimizin dönüşümü için yeni bir gelişme strateji ortaya koyarken planlama ve altyapı ilişkisinin doğru kurulması gerekmektedir. Üstyapıyı oluşturmadan önce altyapıların eksiksiz ve gereksinime uygun yapılması önemlidir.

Doğal afetlerin engellenemeyeceği ama zararlarının mümkün olduğunca azaltılabileceği gerçeği ışığında risk yönetimi kavramını doğru uygulayarak kentsel altyapının mühendislik esaslarına uygun yapılması gereklidir. Ülkemizde en yıkıcı afetin deprem olması nedeni ile özellikle deprem dayanımı yüksek altyapı elemanlarının deprem sonrasında yaşamı normale döndürme ve kayıpları azaltma konusundaki önemi büyüktür. Yapısal olmayan elemanların depremde oluşan maddi kaybın büyük kısmını oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle boru hattı ya da iletişim sistemi gibi yapısal olmayan elemanların hem maliyeti hem de deprem sonrası gereklilikleri nedeni ile deprem etkilerine karşı dirençli yapılmaları kentte yaşayanların hayata dönüşünü hızlandıracak faktörlerden biridir.

KAYNAKÇA

- [1] <http://www.turkcebilgi.com>
- [2] M. Balamir, 2007, “Afet Riski ve Planlama Politikaları”, TMMOB Afet Sempozyumu, Ankara, Türkiye.
- [3] <http://www.kentsyenieme.org/dosyalar/Kentsel%20Altyapi%20ana%20bildiripdf.pdf>
- [4] G. ŞAKAR, 2000, “Hastanelerdeki Yapısal Olmayan Deprem Hasarlarının Azaltılması”, Y. Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [5] A. Koçak, A. Coşar, M.Ş. Özçoban, “Altyapı Boru Hatlarının Depremselliği”, <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/11133.pdf>.
- [6] <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr>.

ANKARA-ESKİŞEHİR YOLU ÜZERİNDE BULUNAN KÖPRÜ VE ALTGEÇİTLER İÇİN ZEMİN BÜYÜTMESİ DEĞERLERİNİN MİKROTREMOR İLE TESPİTİ

M. Kaan Başçuahdar*, A.Cem GEL, S. Oğuzhan AKBAŞ*** ve Özgür ANIL******

*Yüksel Proje Uluslar arası A.Ş., Ankara - kaanbascuahdar@gmail.com

**Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - cemgel@gmail.com

***Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - soakbas@gazi.edu.tr

****Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara - anil@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Ankara'nın son otuz yılda en hızlı gelişen kentsel alanları ile şehir merkezini birleştiren ana arter olan Ankara-Eskişehir karayolu üzerinde bulunan sekiz köprü ve altgeçitin oturdukları zeminlere ait hâkim titreşim periyodu ve zemin büyütme oranları mikrotremor ölçümleri ile belirlenmiştir. Mikrotremor ölçüm sonuçları öncelikle Ankara ili jeoloji haritası ile karşılaştırılarak güvenilirlikleri incelenmiştir. Sonuçların analizinde Nakamura Spektral Oran Yöntemi kullanılmıştır. Büyütme değerleri hesabında Avrupa Birliği SESAME konvansiyonuna ve mühendislik sismolojisi kriterlerine göre yapılan sınıflandırmalara uyulmuştur. 1.8 ile 10.6 arasında değişen H/V büyütme oranları, verilen bir sismik tehlike ve pik yer ivmesi altında, benzer yapısal karakteristiklere sahip söz konusu yapılardan hangilerinin daha büyük sismik risk altında olduğunu belirlemekte kullanılmıştır. 0.3 ile 1.6 saniye arasında ölçülen zemin hâkim periyotları ise, yapıların periyotları ile karşılaştırılarak, beklenebilecek hasar hakkında daha fazla bilgi sahibi olmayı mümkün kılmaktadır. Bu bilgiler, olası bir deprem sonrası kullanımı büyük önem arz eden sözkonusu karayolu üzerindeki mühendislik yapıları için sismik hasar görülebilirlik analizi ve buna bağlı olarak muhtemel güçlendirme faaliyetlerinde öncelik sırasını hızlı biçimde belirleme hususunda yararlı olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Zemin büyütmesi, Mikrotremor, Köprü ve Altgeçitler

1. GİRİŞ

Şehirleşme ve yapılaşma gibi insanı doğrudan etkileyen plan çalışmalarında uygun yer seçimi, çalışmaların ilk basamağını oluşturur. Ülkemizde ve dünyada yaşanmış olan depremlere bakıldığında, uygun yer seçimi yapılmamış ve gerekli tedbirler alınmamış

alanlarda deprem hasarlarının ne derece büyük kayıplara yol açtığını görülebilmektedir. Depremlerden sonra oluşan hasarlar temel alınarak sismik risk arz eden bölgeleri saptamak her ne kadar daha yaygın bir yaklaşım olsa da, asıl hedef hasar oluşmadan riskli bölgeleri tespit edebilmek olmalıdır.

Birçok depremde, oluşan hasarların yeryüzündeki dağılımı, düzgün olmayan ve çok kısa mesafelerde değişimler gösteren bir karakter gösterir. Genellikle yerin heterojen yapısı ve depremin karmaşık oluşum karakteri, bu düzgün olmayan dağılımın temel sebebini oluşturur. Depremler sırasında hasarı, birincil olarak oluşan depremin büyüklüğü, mekanizması, odak ve süresi gibi faktörler etkilerken, depremin olduğu bölgenin fiziksel özellikleri ve zemin karakterleri de oluşan yıkımda önemli derecede rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, Ankara-Eskişehir karayolu üzerinde bulunan sekiz köprü ve altgeçitin oturdukları zeminlere ait hâkim titreşim periyodu ve zemin büyütme oranları mikrotremor ölçümleri ile belirlenmiştir. Mikrotremor ölçüm sonuçları Ankara ili jeoloji haritası ile mümkün olduğu ölçüde karşılaştırılarak, güvenilirlikleri ve mikrobölgeleme çalışmalarında kullanıma potansiyelleri incelenmiştir.

2. TEMEL KAVRAMLAR

Depremler ve diğer doğal yer hareketleri sonucunda ya da nükleer patlatmalar gibi insan kaynaklı enerji boşalmaları sonucunda sismik dalgalar yayılır. Yayılan bu dalgaların özellikleri sismoloji biliminin başlıca inceleme alanlarından birini oluşturur. Yapılan araştırmalar, sismik dalgaların birbirlerine benzer veya farklı özellikler taşıyan belli şekillerde oluşmakta olduğunu göstermiştir. Cisim dalgaları (body waves), cisimler içerisinde yayılan dalgalardır. Bunlardan P dalgaları (P waves), istasyonlara ilk gelen hızlı dalgalar olduğundan birincil (Primary) dalgalar olarak bilinirler. Sismogramlarda bu dalgalar S dalgalarına göre daha düşük genlikli ve küçük periyotlu olarak gözlenirler. Parçacık hareketi dalga yayılım yönüne paraleldir. S dalgaları (Secondary waves) ya da kesme dalgaları, sismogramlarda P dalgalarına göre büyük genlikli ve düşük frekanslı dalgalar olarak görülürler. Parçacık hareketi dalga yayılım yönüne diktir. SH dalgaları sadece yatay yönünde yer değiştirmelerin olduğu S tipi dalgalardır. SV dalgalarında ise yer değiştirme düşey düzlemedir. Yüzey dalgaları cisim dalgalarına oranla daha düşük frekanslı ve hızlı, büyük periyotlu ve büyük genliklidir. Cisimlerin içinden değil, yüzeyinde veya yüzeye yakın yerlerinde yayılırlar. Rayleigh dalgaları, serbest yüzeylerde oluşurlar. Rayleigh dalgalarının genliği Love dalgalarından daha büyük fakat hızları daha az olup, parçacık hareketi eliptik bir yörüngededir. Rg dalgaları kısa periyotlu Rayleigh dalgalarıdır. Love Dalgaları ise büyük genlikli SH dalgaları olarak tanımlanabilir. Düşük hız yapısındaki tabakalı ortamlarda yüzeyde oluşurlar ve genlikleri düşey düzlemde derinlikle üstel olarak azalır. Deprem dalgası özelliklerinden mühendislik yapılarına olan etkileri açısından en önemlileri, enerji, en büyük genlik, süre, dalga sayısı ve titreşim periyodudur.

Deprem dalgaları, oluştukları odaktan yayılırken ortamın jeofiziksel özelliklerinden etkilenir, frekans içerikleri değişikliğe uğrar. Etki ettikleri bölgelerde bulundukları bölgenin hâkim titreşim periyodu deprem dalgalarını etkiler. Belli frekanstaki titreşimlerin genlikleri artarak kaydedilen dalga formuna etki eder, bazı frekansların genlikleri ise soğrulur.

Mikrotremor, farklı kaynaklardan yayılan yeryüzündeki sürekli titreşimlerdir. Bu mikro sarsıntıların kaynağı da çeşitlilik gösterir. Yerkürenin belli bir ekseninde dönmesi, gelgit etkisi, jeotermal aktiviteler, yeraltındaki sismik aktiviteler, atmosfer etkileri, rüzgâr ve kültürel gürültüler (trafik, endüstriyel aktiviteler ve diğer bazı insan kaynaklı etkiler) bunlardan bazılarıdır. Bütün bu etkenler yeryüzünde titreşim olarak algılanabilir. Bu titreşimlerin genlikleri 0.1 mikron ile 1 mikron, periyotları ise 0.05 saniye ve 2 saniye arasında değişir [1]. Frekans ve genlik içeriklerine göre bu sürekli titreşimler sismik gürültüler olarak da adlandırılabilir. Düşük periyotlu gürültülerin kaynağı rüzgâr, trafik ve diğer endüstriyel aktivitelerken, daha uzun periyotlu hareketlerin kaynağı ise alçak basınç ve okyanus etkileşimi ile gelgit gibi etkenlerdir.

Mikrotremor çalışmaları ile yerin dinamik özelliklerinin incelenmesine Kanai ve diğerleri öncülük etmişlerdir [1]. Kanai'ye göre farklı jeolojik yapıya sahip bölgelerde, yerin doğal salınım özellikleri de kesinlikle farklı olmaktadır. Bu düşüncesini de çeşitli çalışma alanlarında gerçekleştirdiği mikrotremor ölçümleri ve bunların sonuçları ile desteklemiştir.

Bir bölgedeki titreşimler, o bölgelerde yerin doğal gürültüsünü oluştururlar. Farklı jeolojik koşullara sahip lokasyonların doğal gürültüsünün de farklı olması beklenir. Bir bölgenin doğal gürültüsünün genlik ve frekans içeriklerini, zemin koşulları ve topografya gibi faktörler etkileyecektir. Bölgedeki çok küçük genlikli doğal salınımlar incelenerek, etkin salınım periyotları saptanabilir ve bu şekilde zemin davranış özellikleri belirlenebilir. Bu durumda bu doğal titreşimlerinden yararlanılarak elde edilecek parametrelere göre bölgesel olarak çeşitli koşullar altında sınıflamalar yapılabilir. Bu görüşü ilk savunan ve uygulamasını yapan, zemin koşullarını dört ana gruba ayırarak bu sınıflamanın Japon bina yönetmeliğinde kullanılmasını sağlayan araştırmacılar Kanai ve arkadaşları olmuştur [1]. Bu yaklaşıma göre, mikrotremor aygıtı ile çeşitli bölgelerde ölçümler yapılarak zemin etkin periyodu ve etkin periyotdaki büyütme katsayısı gibi parametreler bulunabilir ve bu veriler ışığında bölgesel olarak parametrelerin değişimi saptanarak pratik sınıflandırmalar yapılabilir. Johansson ve diğerleri 15 Ağustos 2007 Peru depreminin ardından mikrotremor ölçümleri gerçekleştirerek etkin frekans ile MSK şiddeti arasında bir ilişki oluşturmuşlardır [2]. Benzer biçimde, mikrotremor ölçümleri yardımı ile mikro bölgeleme çalışmaları da son yıllarda artış göstermektedir [3, 4]. Zemin büyütme katsayısı hesaplamalarında, spektral genlikler, referans noktasına göre göreceli spektral oranlar [5] veya yatay bileşen spektrum değerlerinin düşey bileşen spektrum değerlerine oranı (H/V) [6] yöntemleri uygulanabilir. Deprem sırasında oluşan büyültmelere en yakın değeri daha doğru yaklaşımla veren yöntemin Nakamura yöntemi olduğu literatürde yaygın olarak kabul edilen bir yaklaşımdır. Temelde tüm yöntemler, yerin homojen yatay tabakalardan oluştuğunu kabul etmiş, diğer iki ve üç boyutlu etkileri hesaplamalara katmamışlardır.

Zemine ait yukarda belirtilen özellikler saptandıktan sonra, erişilen bilgiler yapı tasarımına yansıtılmalı, alt yapı ve üzerine yapılacak üstyapı ilişkileri hiçbir proje safhasında göz ardı edilmemelidir. Etkin titreşim periyodu saptanan zemin üzerine yapılacak olan yapının da, kendisine has bir doğal periyodu olacaktır. Zemin etkin periyodunun saptanması kadar üstyapının da periyodunun saptanması önemlidir. Yapılaşmada zemin ve yapının periyotlarının yakın olmamasına dikkat edilmelidir. Zira, bu iki periyodun uyuşması durumunda rezonans ortaya çıkabilir ve aslında sağlam ve ayrı ayrı uygun olan iki faktör, zemin ve yapı, olumsuz yönde etkilenebilir.

Günümüzde mikrotremor analizleri için yaygın kabul gören üç teknik kullanılmaktadır. Bu teknikler spektral genlikler yöntemi, referans istasyonuna göre spektral oranlar yöntemi ve

Nakamura H/V spektral oranlar yöntemi olarak sıralanabilir. Lermo ve Garcia [7] tarafından gerçekleştirilen çalışmada bu üç yöntem uygulanarak, bölgesel zemin etkisi araştırmaları en uygun yaklaşımın hangisi olabileceği belirlenmek istenmiştir. Yerel jeolojinin kaotik olmadığı bölgelerde Nakamura yönteminin en iyi sonucu verdiği anlaşılmıştır. Bu çalışmada da yaygın olarak kabul gören Nakamura yöntemi kullanılmıştır.

Yöntem, mikrotremorları, yarı uzay üzerinde uzanan tek tabakalı bir ortamda yayılan Rayleigh dalgaları yaklaşımı ile açıklamaya çalışmıştır. Fourier frekans bölgesinde dört adet genlik spektrumu tanımlanmaktadır [7]. Nakamura, mikrotremorların derinden değil, yüzeyden ve yüzeye ile sismometreye yakın noktalardan gelen titreşimlerden (trafik, şehir gürültüleri vb.) oluştuğunu varsaymakta ve derinden kaynaklanan katkıları ihmal etmektedir [8]. Aynı zamanda, düşey yöndeki hareketlerin yatay tabaka tarafından büyütülmediği ve tabandaki harekete yüzeydeki bölgesel titreşimlerin etkisinin olmadığı kabulünü yapmaktadır [8].

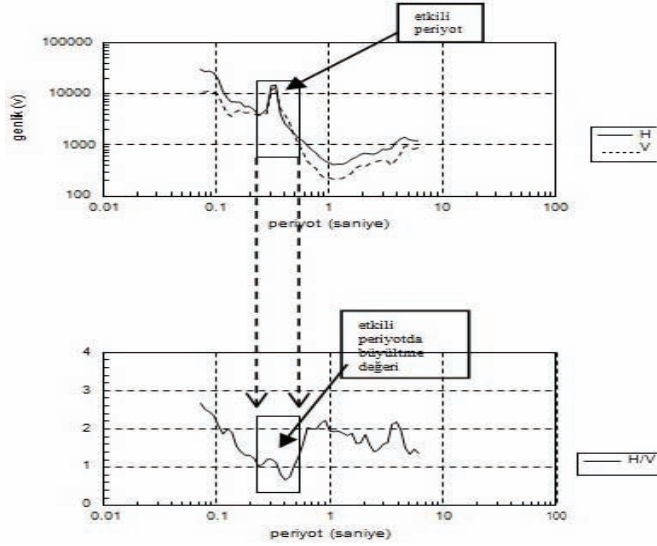
3. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Arazide mikrotremor ölçümlerinin alınması için temel olarak bir kayıt aleti, kayıt aletinin yapısına bağlı olarak gerekirse bir dizüstü bilgisayar, sismometre sistemi, güç birimi ve bunlara bağlı yan birimler gerekmektedir. Mikrotremorlar kayıtları parçacık hızı algılayan sismometreler ile alınır. Kullanılan sismometrenin bant aralığının mikrotremor verilerinin de içine girdiği geniş bir bantta yer alması gerekir. Sahada alınan ölçümlerde kullanılan ölçüm sistemi Şekil 1’de verilmiştir.

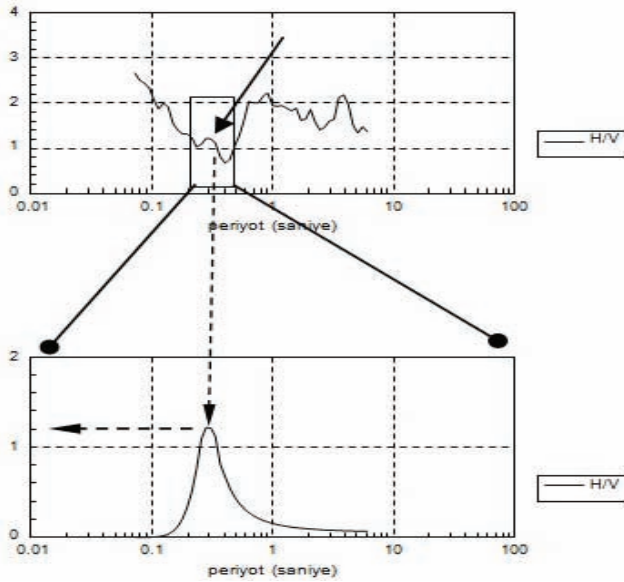


Şekil 1. Arazide alınan mikrotremor ölçümlerinden biri görünüş

Mikrotremor verilerinin alınacağı noktalar harita üzerinde belirlendikten sonra, çalışmanın amacına bağlı olarak ve çalışılan bölgenin yapısını yansıttığına inanılan sıklıkta ölçü



Şekil 4. Etkili periyot tayini



Şekil 5. Etkili periyot üzerinden H/V bulunması

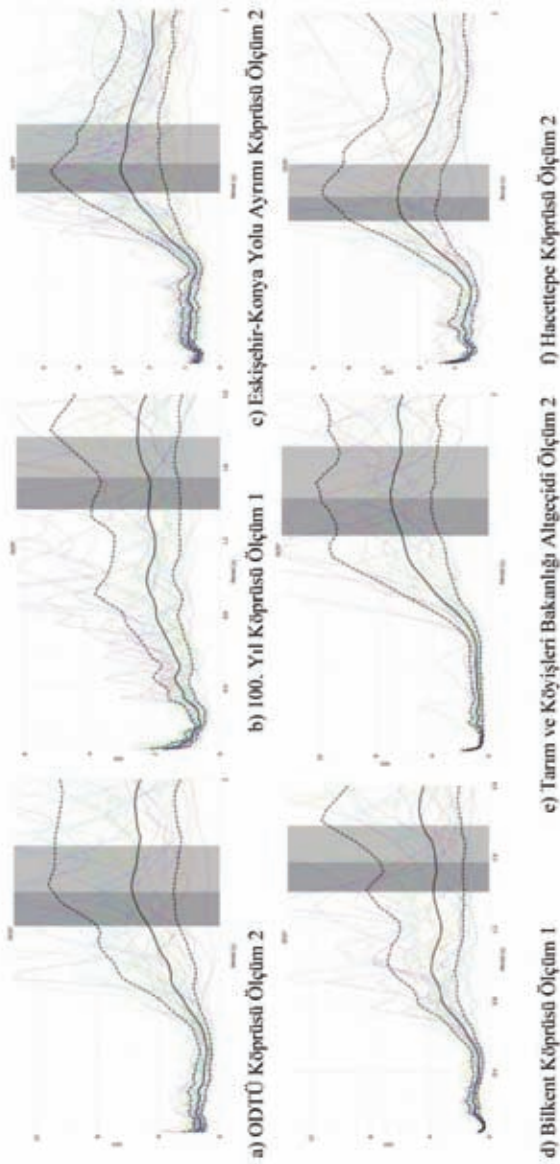
Araştırma bölgesi olarak Eskişehir yolu üzerinde köprü ve alt geçitler seçilmiştir. Bunun sebebi, olası bir Ankara depreminde başkentimiz için hayati önemi olan bu yolun ve

üstyapıların bilgimiz dahilinde henüz irdelenmemiş olmasıdır. Ayrıca, mühendislik amaçlı uygulamalara yönelik olarak bölgede mikrobölgelendirme çalışmaları için bir ön çalışma niteliği taşıyan ve bölgede deprem açısından sakıncalı alanları açığa çıkarmayı amaçlayan bir çalışma hedeflenmiştir. Mikrotremor sonuçları analiz edilerek, yer etkisi parametrelerinden yer büyütme katsayısı hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki yedi köprüden ondört, bir altgeçitten de iki ölçüm alınarak analiz edilmiştir.

Yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 1’de topluca sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, hâkim zemin periyotlarının yaklaşık 0.30 s. ile 1.60 s., H/V oranlarının ise yaklaşık 2 ile 11 arasında değerler aldığı görülebilmektedir. Genel bir yaklaşımla, yüksek hâkim titreşim periyodu, jeolojik olarak daha yumuşak, az sıkışmış, çimentolanması daha az, genellikle alüvyonal karakterli bölgeleri işaret eder. Bu tür bölgeler jeofizik veriler ışığında sismik S dalga hızı ve kesme direnci düşük olan, yanal yöndeki yüklere karşı dayanımsız ve deprem mühendisliği açısından da az sağlam ve sakıncalı bölgeler olarak nitelendirilen yerlerdir. Mikrotremor aracından alınan ölçümlerden seçilen bilgisayar yazılımından alınmış bazı örnek grafikler Şekil 6’da verilmiştir.

Çizelge 1. Ölçüm sonuçları

İstasyon Adı	Koordinatlar (north)	Koordinatlar (east)	Periyot (s)	H/V
100.Yıl -1-	n 39 54.637	e032 48.262	1.55	2.18
100.Yıl -2-	n39.54.599	e032.48.269	1.60	1.90
Bilkent -1-	n39.54.481	e032.45.865	1.57	3.59
Bilkent -2-	n39.54.456	e032.45.867	1.53	7.20
Esk. Konya-1-	n39.54.739	e032.48.846	1.16	2.09
Esk. Konya-2-	n39.54.782	e032.48.896	1.16	2.82
Gordion -1-	n 39.54.097	e032.41.446	1.61	10.55
Gordion -2-	n39.54.154	e032.41.535	0.31	3.22
Hacettepe -1-	n39.54.405	e032.43.924	1.35	3.79
Hacettepe -2-	n39.54.375	e032.43.854	0.99	2.61
ODTÜ -1-	n39.54.529	e032.47.108	0.88	2.09
ODTÜ -2-	n39.54.509	e032.47.093	1.38	5.70
Tarım Bakanlığı -1-	n39.54.451	e032.45.015	1.60	5.76
Tarım Bakanlığı -2-	n39.54.420	e032.44.993	1.44	6.97
Ümitköy -1-	n 39 54.324	e032 42.643	1.53	2.14
Ümitköy -2-	n39.54.355	e032.42.695	1.49	1.82



Şekil 6. Alınan mikrotremor ölçümlerinden seçilen örnekler

Analiz sonuçları Ankara'nın jeolojik haritası ve mevcut sondaj logları ile birleştirildiğinde ortaya olumlu ve mikrotremor ölçümlerinin güvenilirlik ve kullanılabilirliğini doğrulayan bir tablo ortaya çıkmaktadır. Birinci ölçüm noktası olan Eskişehir-Konya yolu ayrımı noktasında bulunan köprüde, büyütme oranları, kile oturan köprü ayakları için 2.09 – 2.82 arasında değerler almaktadır. İkinci ölçüm noktası olan Yüzüncü Yıl Köprüsü'nde de benzer değerler olan 218 ve 1.90 elde edilmiştir. ODTÜ Köprüsü'nde ise sağ ayak kil, sol

ayak ise alüvyon üzerinde bulunmakta olup, H/V oranları sırası ile 2.09 ve 5.70'dir. Benzer bir tablo Bilkent Köprüsü için de gözlenmiş olup, sol ayak için elde edilen 7.20 H/V değeri, sağ ayak için elde edilenin yaklaşık iki katıdır. Genel olarak tüm ölçümlerde, beklenildiği üzere alüvyon zeminde yüksek büyütme değerleri ortaya çıkmıştır.

5.ÖZET VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Ankara-Eskişehir karayolu üzerinde bulunan sekiz köprü ve bir altgeçitin oturdıkları zeminlere ait hâkim titreşim periyodu ve zemin büyütme oranları, Nakamura Spektral Oran Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Mikrotremör ölçüm sonuçları öncelikle Ankara İli'ne ait jeoloji haritası ve mevcut sondaj logları ile karşılaştırılarak, güvenilirlikleri incelenmiştir.

Beklenildiği üzere, alüvyon üzerinde yapılan ölçümlerde 5.7 ile 10.6 arasında değişen yüksek büyütme oranları elde edilmiştir. Bu değerler sıkı Ankara Kili üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen ve yaklaşık 1.90 ile 3.80 arasında değişen H/V oranları ile karşılaştırıldığında, iki zemin arasındaki dinamik etkiler altındaki davranış farkı daha rahat anlaşılabilir. Sonuçlar açıkça göstermektedir ki, olası bir Ankara depreminde Eskişehir yolu üzerinde özellikle Bilkent, ODTÜ, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ile Gordion köprüsü diğer köprü ve altgeçitlere göre bulundukları zemin açısından daha büyük tehlike altındadır. Çalışma sonuçları ayrıca, mikrotremör ölçümlerinin geoteknik koşulların ve buna bağlı olarak senaryo deprem sonucu ortaya çıkabilecek hasarın kısa süre içerisinde yaklaşık tahmininde yararlı bir yöntem olabileceğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] K. Kanai ve T. Tanaka, 1961, On Microtremors, Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 39, 97-114
- [2] J.H.T. Johansson, E.A. Leon Mahecha, A.T. Torres Acosta, J.P. Mayorca Arellano, 2008, H/V Microtremor Measurements in Pisco, Peru After the 2007 August 15 Earthquake, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Pekin, Çin.
- [3] R. Tuladhar, N.N.H. Cuong, F. Yamazaki, 2004, Seismic Microzonation of Hanoi, Vietnam Using Microtremor Observations, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 2539, Vancouver, Kanada.
- [4] A.M. Ansal, R. İyisan, H. Güllü, 2001, Microtremor Measurements for the Microzonation of Dinar, Pure and Applied Geophysics, 158, 2525-2541
- [5] H. Kagami, S. Okada, K. Shino, M. Oner, M. Dravinski, A.K. Mal, 1986, Observation of 1 to 5 Second Microtremors and Their Application to Earthquake Engineering Part III: A Two Dimensional Study of Site Effects in San Fernando Valley, Bulletin of the Seismological Society of America, 76; 1801-1812
- [6] Y. Nakamura, 1989, A Method of Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface, QR of RTRI, 30 (1), 25- 33
- [7] J. Lermo, F.J. Garcia, 1994, Are Microtremors Useful in Site Response Evaluation. Bulletin of the Seismological Society of America, 84 (5), 1350 - 1364
- [8] T. Susagna, J. Cid, R. Lazaro, X. Goula, A. Casas, S.Y. Figueras, A. Roca, 1998, Applying Microtremor, Gravity Anomalies and Numerical Modelling Methods for the Evaluation of Soil Earthquake Response in Barcelona, Spain. Environmental and Engineering Geophysics 1998 Meeting, Spain, 651-654

AKARSU KÖPRÜLERİNİN YIKILMA RİSKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Meriç APAYDIN*, A. Melih YANMAZ**

* Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Ankara – smeric@metu.edu.tr

** Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Ankara – myanz@metu.edu.tr

ÖZET

Taşkınlar, akarsu yapılarına ve çevreye büyük zararlar veren doğal afetlerden biridir. Önemli ulaşım yapılarından olan akarsu köprüleri, ülkemizde örneklerine sıkça rastladığımız taşkınlar nedeniyle ağır hasar görme, hatta yıkılma riskiyle karşı karşıyadır. Malzeme kullanımı ve yapısal tasarım açısından problemsiz bir akarsu köprüsünde yıkılma riski oluşturan en önemli etken, köprünün orta ve kenar ayaklarında oluşan aşırı yerel oyulmalardır. Köprüyü hem yapısal olarak ayakta tutmak, hem de olası bir taşkın sırasında köprü civarındaki insanların hayatını korumak açısından, köprülerin aşırı yerel oyulmaya bağlı yıkılma riskini hesaplamak büyük önem taşımaktadır. Bu bildiride, akarsu köprülerinin aşırı yerel oyulmaya bağlı yıkılma riskinin hesaplanması ve bu risk doğrultusunda yapılabilecek yapısal düzenlemeler üzerinde durulmuştur. Yıkılma riskinin hesaplanmasında, Amerika Birleşik Devletleri Federal Karayolları İdaresi'nin önerdiği bir yöntemle bağlı olarak geliştirilen HYRISK yazılımı kullanılmıştır. Yöntemin tanıtımı için Karadeniz Bölgesi'nde Vakfıkebir civarında bulunan Fol Deresi üzerindeki mevcut bir köprü ile örnek uygulama yapılmıştır. Bu köprünün yıkılma riskinin bulunması, köprü yıkılmasıyla olumsuz etkilenecek yaşam koşullarının ve sosyo-ekonomik sonuçların irdelenmesi ve köprü için yapılabilecek yapısal düzenlemelerin belirlenmesi açısından önemlidir. Bu çalışma kapsamında birtakım hidrolik ve ekonomik hesaplar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Köprü ayaklarında yerel oyulma, risk değerlendirmesi, HYRISK

1. GİRİŞ

Akarsu köprüleri şiddetli taşkınlara maruz kaldıklarında, çoğu zaman yapısal olarak hasar görmekte, hatta bazen yıkılmaktadır. Köprülerin en sık zarar görme nedeni ise, alüvyonlu akarsu yatağında inşa edilmiş orta ve kenar ayaklar etrafında aşırı yerel oyulma oluşması nedeniyle yapının sahip olduğu dengenin bozulmasıdır. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Federal Karayolları İdaresi'nin (FHWA) 1973 yılında yaptığı bir çalışmaya göre, taşkınlar sırasında ABD'de, %25'i orta ayaklar, %75'i ise kenar ayaklar etrafında oluşan aşırı yerel

oyulmalar sebebiyle, toplamda 383 köprü yıkılmıştır. 1978 yılında yapılan bir başka çalışma ise, orta ve kenar ayaklar arasındaki bu oranın eşit olduğunu göstermiştir [1]. Aşırı yerel oyulmaların bu denli zarar verebilmesinden dolayı, köprüler beklenen servis ömrü içerisinde böyle bir zarara uğramayacak şekilde tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. Ayrıca, servis ömrü boyunca düzenli olarak kontrol edilmeli, gerektiği takdirde yapısal düzenlemeler yapılmalıdır.

Bu çalışmanın amacı, köprülerin aşırı yerel oyulma nedeniyle yıkılma risklerini değerlendirme ve parasal olarak hesaplama yöntemini tanıtmak ve yıkılma durumunda çevreye ve insanlara yaratacağı olumsuz etkileri değerlendirmektir. Yıkılma riski hesaplanmasında FHWA'nın önerdiği risk-esaslı yöntem ve bu yöntemle bağlı olarak geliştirilen HYRISK yazılımı kullanılmıştır [2]. Buna ek olarak, değerlendirme sırasında akarsu yatağı koşullarının belirlenmesi için Johnson ve diğerlerinin (1999) önerdiği bir yöntem kullanılmıştır [3].

Köprülerin oyulma eğilimlerinin ve buna bağlı yıkılma risklerinin hesaplanmasını göstermek amacıyla, Karadeniz Bölgesi'nde Vakfikebir ilçesinden geçen Fol Deresi üzerindeki mevcut Fol-1 Köprüsü için örnek bir uygulama yapılmıştır. Ayrıca, köprüye uygulanabilecek yapısal düzenlemeler incelenmiştir.

2. OYULMA EĞİLİMLİ KÖPRÜLERİN YIKILMA RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ

Köprülerin oyulma nedenli yıkılma riskini hesaplamada FHWA'nın önerdiği risk-esaslı yöntem ve HYRISK yazılımı kullanılmıştır. Bu yöntemin amacı, bir köprünün oyulmaya bağlı yıllık yıkılma riskini maliyet cinsinden hesaplamaktır. Bu yöntemin uygulanmasında kullanılan yapı ve trafik ile ilişkili değişkenler, FHWA tarafından geliştirilen Ulusal Köprü Envanteri (NBI) isimli veri tabanında bulunmaktadır. Bu veri tabanı ABD'de bulunan yaklaşık 600,000 köprünün bilgilerini içermektedir [4]. Risk-esaslı yöntemde kullanılan ve NBI veri tabanında saklanan değişkenler şöyledir: köprünün yıkılma durumunda trafiğin yönlendirileceği aktarma yolu uzunluğu, köprünün bulunduğu yol sınıflandırması, inşa edildiği yıl, günlük ortalama trafik ve günlük ortalama kamyon (ticari araç) trafiği, köprünün işlev sınıflandırması, köprünün yapı tipi, köprü uzunluğu ve genişliği, köprü altındaki su yolu açıklığı ve oyulma kritikliği derecesi.

Oyulmaya bağlı yıllık yıkılma riski Pearson ve diğerleri (2002) tarafından önerilen aşağıdaki denklemle bulunabilir [2]:

$$R = KP_A[(Yeniden\ in\ şa\ maliyeti) + (Araç\ iş\ letim\ maliyeti) + (Kayıp\ zaman\ maliyeti)] \quad (1)$$

Yeniden inşa maliyeti, köprü yıkıldığı takdirde yerine aynı köprüyü inşa etmenin maliyeti, *Araç işletim maliyeti*, köprünün yeniden inşası sırasında yolun aktarılması sebebiyle fazladan kat edilen yoldan dolayı araçlardaki işletim maliyeti, *Kayıp zaman maliyeti* de yine yolun aktarılması sırasında kaybedilen zamanın insanlar ve ticari araçlar için yarattığı zarar maliyetidir. Denklem (1) açık olarak şöyle yazılabilir:

$$R = KP_A \left[(C_1 WL_b M) + (C_2 DAd) + \left(C_3 O \left(1 - \frac{T}{100} \right) + C_4 \frac{T}{100} \right) \frac{DAd}{S} \right] \quad (2)$$

Burada, K = köprü düzeltme çarpanı = $K_1.K_2$; K_1 = köprü cinsi çarpanı, K_2 = köprü temel cinsi çarpanı, P_A = oyulmaya bağlı yıllık yıkılma olasılığı (1/yıl), C_1 = birim yeniden inşa maliyeti (\$/m²), W = köprü döşeme genişliği (m), L_b = köprü uzunluğu (m), M = yeniden inşa maliyet çarpanı, C_2 = birim araç işletim maliyeti (\$/km), D = yol aktarımı sırasında fazladan katedilen yol uzunluğu (km), A = günlük ortalama trafik (araç/gün), d = yol aktarım süresi (yeniden inşa süresi) (gün), C_3 = birim kişi zaman kayıp maliyeti (\$/saat), O = araçtaki kişi sayısı (yetişkin/araç), T = günlük ortalama kamyon trafiği (%), C_4 = birim kamyon zaman kayıp maliyeti (\$/saat) ve S = aktarma yolunda azami hız (km/saat) [2].

Yıllık yıkılma riskinin hesaplanmasında aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır [2]:

$$P_{tr} = (F | (OT \text{ ve } SV)) = \sum P(D_d | OT)P(F | SV \text{ ve } D_d) \quad (3)$$

Burada, P_{tr} = deneme yıkılma olasılığı, F = yıkılma, OT = savaklanma frekansı, SV = oyulma kritikliği, ve D_d = boyutsuz derinliktir. Savaklanma frekansı köprü altındaki su yolu açıklığı ve köprü'nün bulunduğu yol sınıflandırmasına göre belirlenmektedir [2]. Deneme yıkılma olasılığı ise oyulma kritikliği ve savaklanma olasılığına bağlı olarak Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de aynı zamanda oyulma kritikliği kodları ve ilgili tanımları yer almaktadır.

Çizelge 1 . Köprülerin oyulmaya bağlı deneme yıkılma olasılığı

Oyulma Kritikliği	Savaklanma Frekansı			
	Çok Seyrek	Seyrek	Sık	Çok Sık
0 (Köprü yıkılmış)	1	1	1	1
1 (Köprü önlem olarak trafiğe kapanmış)	1	1	1	1
2 (Çok kritik)	0.45730	0.48310	0.62800	0.7255
3 (Çok kritik, köprü ayakları stabil değil)	0.24830	0.26730	0.39830	0.49510
4 (Kritik, köprü ayakları stabil, önlem gerekiyor)	0.12660	0.13730	0.22770	0.29770
5 (Kritik, köprü ayakları stabil)	0.00522	0.00648	0.03140	0.05744
6, U (Köprü ayak temeli bilinmiyor/değerlendirilmemiş)	0.18745	0.20230	0.31300	0.39640
7 (Yapısal düzenlemeler yapılmış)	0.18745	0.20230	0.31300	0.39640
8 (Kritik değil, köprü ayakları iyi durumda)	0.00312	0.00368	0.0144	0.02784
9 (Kritik değil, köprü ayakları çok iyi durumda)	0.00208	0.00216	0.0036	0.00600

Çizelge 1'de verilen deneme yıkılma olasılıklarını Denklem (2)'de verilen risk hesaplamasında kullanabilmek için köprü'nün mevcut yaşını, Denklem (4) ile hesaplanan beklenen ömür ile kıyaslamak gerekir.

$$X_{90} = \frac{\log(1 - 0.90)}{\log(1 - P_{tr})} \quad (4)$$

Burada, X_{90} = Binom dağılımına göre %90 güven aralığında köprü yıkılma süresi (köprü'nün beklenen ömrü) (yıl). Eğer mevcut yaş, beklenen ömürden yüksek çıkmışsa, bu köprü'nün beklenenden iyi durumda olduğunu gösterir. Bu durumda, deneme yıkılma olasılığı (P_{tr}), X_{90} yerine köprü'nün mevcut yaşı girilerek yeniden hesaplanır ve bu değer P_A olarak Denklem (2)'de kullanılır. Eğer mevcut yaş X_{90} 'dan küçükse Çizelge 1'de bulunan değer değiştirilmeden P_A olarak Denklem (2)'de kullanılır.

Köprülerin oyulma kritikliği, köprü'nün alt elemanlarının ve civarındaki akarsu yatağının durumu incelenerek belirlenebilir. Köprü elemanlarının durumunu belirlemede Yanmaz ve

diğerlerinin (2007) önerdiği, köprü yerinde yapılacak gözlemlere dayalı derecelendirme yöntemi kullanılabilir [5].

3. ÖRNEK UYGULAMA

Fol Deresi üzerinde bulunan Fol-1 Köprüsünün oyulma kritikliğini ve yıkılma riskini hesaplamak için bir örnek uygulama yapılmıştır. Fol Deresi Havzası, Türkiye'nin, taşkınlarla en çok karşı karşıya kalan bölgesi olan Karadeniz Bölgesi'nde bulunmaktadır [6]. Havza ile ilgili coğrafi ve hidrolojik özellikler, bu bölge ile ilgili Yanmaz ve Coşkun (1995) tarafından yapılmış olan bir çalışmadan elde edilmiştir [7]. Bu çalışmada kullanmak üzere HEC-RAS yazılımından faydalananak Fol Deresi'nin su yüzü profili oluşturulmuştur [8]. Su yüzü profili, köprü altındaki su yolu açıklığının belirlenmesinde faydalı olacaktır.

Çalışma bölgesine yapılan arazi gezisinde, köprü ve civarı ile ilgili bilgiler toplanmıştır. İl yolu olarak sınıflandırılan Vakfıkebir-Tonya yolu üzerinde bulunan Fol-1 Köprüsü, 1979 yılında inşa edilmiştir. Vakfıkebir şehir merkezinden 1+442 km, Fol Deresi Havzası çıkışından 1+600 km membada bulunmaktadır. Betonarme T-kiriş köprüünün boyu 50.1 m, döşeme genişliği ise 10.40 m'dir. Köprü iki adet dik duvar kenar ayak ve dörder silindirik orta ayaktan oluşan iki orta ayak grubu ile desteklenmiştir.

Denklem (2)'de kullanılan A ve T değerleri sırayla 1295 araç/gün ve 158 kamyon/gün (%12) olup, Karayolları Genel Müdürlüğü, 10. Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Köprüünün yıkılması halinde belirlenen aktarma yolu mevcut yoldan 325 m daha fazladır. Aktarma yolunda azami hız 50 km/saat olarak belirlenmiştir. Bölge yetkililerinden alınan bilgilerden yola çıkarak araçlarda ortalama 3 yetişkin olduğu varsayılmıştır. Köprü ve temel tipine göre K çarpanı 1 alınmıştır [6].

Köprüünün yeniden inşasıyla ilgili tüm beton, çelik, kazı, taşıma gibi masraflar hesaplandığında, birim maliyeti (C_1) 615.53 \$/m² bulunmuştur. Ortalama yakıt tüketimi ve araç eskime bedeli dikkate alındığında C_2 birim maliyeti 0.20 \$/km olarak hesaplanmıştır. Zaman kayıp maliyetleri ile ilgili Türkiye'de bir veri bulunmadığı için, HYRISK yazılımının varsayılan değerleri olan $C_3 = 8$ \$/saat ve $C_4 = 30$ \$/saat kullanılmıştır. $A=1295$ araç/gün için d ve M değerleri sırayla 365 gün ve 1.5 alınmıştır [2].

Arazi gezisi sırasında yapılan gözlemlere dayanarak, alt yapı elemanlarının makul emniyet seviyesinde olduğu saptanmıştır. HYRISK'e göre makul seviye, az miktarda çatlak olmasına rağmen genel olarak sağlam alt yapı elemanlarını tanımlamaktadır. Johnson ve diğerlerinin (1999) yöntemi uygulanarak, akarsu yatağının ve şevlerin durumu da orta derecede emniyetli olarak belirlenmiştir [3]. Yerel yetkililerden alınan bilgilere göre, köprüde savaklanma gerçekleşmemiştir. Bu nedenle, risk hesaplamasında savaklanma frekansı seyrek ve dönüş aralığı 100 yıl olarak alınmıştır [6]. Son olarak, köprüünün şu anki ayak etrafı taban derinliği ve ileride gerçekleşebilecek büyük taşkınlar sırasında oyulma veya malzeme birikmesi sonucu değişecek taban derinliği dikkate alınacak olursa, köprüünün oyulma kritikliği altı farklı derecede incelenmiştir.

Köprü ile ilgili değişkenler dikkate alınarak Denklem (1)'de görülen maliyetler hesaplandığında, yeniden inşa maliyeti 481,074 \$, araç işletim maliyeti 94,535 \$, ve kayıp zaman maliyeti kişiler ve ticari araçlar için toplamda 233,690 \$ bulunmuştur. Tüm maliyetlerin toplamı ise 809,299 \$ olarak hesaplanmıştır.

HYRISK yazılımı ile yapılan risk analizi sonucunda farklı oyulma kritikliği değerleri için yıkılma riski maliyet cinsinden hesaplanmış ve Çizelge 2’de sunulmuştur. Burada beklenen ömrün çok yüksek çıktığı durumlar için “>100” ibaresi kullanılmıştır. Beklenen ömür köprünün yaşı olan 30 yıldan az olan durumlarda, deneme yıkılma olasılığı Denklem (4) kullanılarak yıllık yıkılma olasılığına çevrilmiştir.

Çizelge 2 . Fol-1 Köprüsü’nün oyulmaya bağlı yıkılma riski

Oyulma Kritikliği	Deneme Yıkılma Olasılığı	Yıllık Yıkılma Olasılığı	Risk (\$/yıl)	Beklenen Ömür (yıl)
2	0.457	0.074	59,792	3.8
3	0.248	0.074	59,792	8.1
4	0.127	0.074	59,792	17.0
5	0.005	0.005	4,225	>100
7	0.187	0.074	59,792	11.1
8	0.003	0.003	2,525	> 100

Fol-1 Köprüsü’nün yıkılma riski, farklı oyulma kritikliği dereceleri için Çizelge-2’deki gibi hesaplanmıştır. Köprünün farklı dönüş aralıklarındaki taşkınlar geçtiğinde oluşacak oyulma derinliklerini hesaplarken, kenar ayaklar için Froehlich denklemi, orta ayaklar içinse Richardson ve Davis denklemi kullanılmıştır [8]. Buna göre sol kenar ayakta oyulma bulunmazken, sol orta ayak grubu ve sağ kenar ayakta hesaplanan oyulma köprünün yapısal dengesini, 500 yıllık dönüş aralığına sahip bir taşkında bile sarsmayacak seviyededir. Ancak, akım alanının darlığı sebebiyle yüksek akım hızının olduğu sağ orta ayak grubunda ciddi oyulmalar meydana gelmektedir. Bu oyulma seviyesine göre, köprünün oyulma kritikliği 2, 3, ve 4 kodları ile değerlendirilebilir. Böylece, Fol-1 Köprüsü’nün mevcut yıllık yıkılma olasılığı 0.074 olarak bulunmuştur. Bu seviyede oyulma kritikliğini yaratan sağ orta ayak grubu için yapısal bazı düzenlemeler yapılmalıdır.

Bu çalışmada Fol-1 Köprüsü için uygulanabilecek iki farklı yapısal önlem üzerinde durulmuştur: rırap kaplama ve kısmi harçlı rırap kaplama. Bu düzenlemelerin seçilme sebebi, köprü ve civarının yersel koşulları ve uygulama kolaylığıdır.

Rırap Kaplama

Medyan rırap çapı, HEC-23 kriterine göre Isbach denklemi kullanılarak bulunabilir [9]:

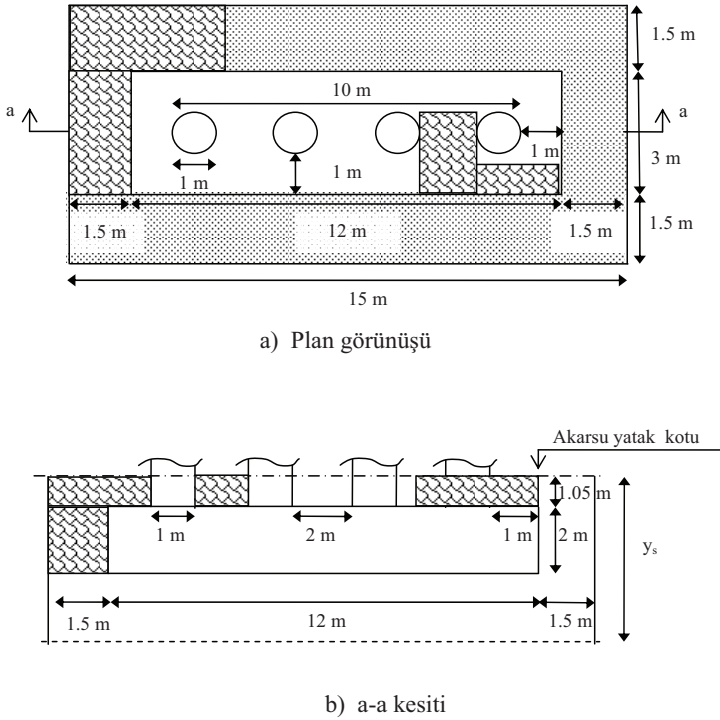
$$D_{r50} = 0.692 \frac{(K_p u_p)^2}{2g\Delta} \quad (5)$$

D_{r50} = medyan rırap çapı (m), K_p = orta ayak şekli katsayısı (yuvarlak uçlar için 1.5), u_p = orta ayak membasındaki yerel hız (m/s), g = yerçekimi ivmesi (m/s^2) ve Δ = görelî yoğunluk (1.65). 100-yıl dönüş aralığındaki taşkına karşılık gelecek u_p hızı kullanıldığında rırap çapı 2.50 m bulunmuştur [6]. Oldukça büyük rırap gerektiği için, buna alternatif olarak kısmi harçlı rırap kaplama üzerinde çalışılmıştır.

Kısmi Harçlı Riprap Kaplama

Kısmi harçlı riprap kaplamada riprap ve dolgu malzemesi olarak harç kullanılmaktadır. Riprap ayak etrafına yerleştirilir, aradaki boşlukların yaklaşık %50'si harç ile doldurulur. Riprap kullanmak taşkınlar sırasında esnekliği artırmakta, kısmi harçlı uygulama ise riprapın denge emniyetini sağlamaktadır. Ayrıca bu sayede, klasik riprap kaplamada kullanılan malzemeden daha küçük çaplı malzeme kullanmak yeterli olmaktadır [10].

Lagasse ve diğerlerinin (2001) kısmi harçlı riprap kaplama uygulama kriterine göre Fol-1 Köprüsü için malzeme kaplama işinin maliyet analizi yapılmıştır (Bkz. Şekil 1) [9]. Taralı alanlar kaplama yapılan kısmı, y_s oyulma derinliğini göstermektedir. Akarsu yatağı kotundan ayakların alt kotuna kadar kaplama yapılmıştır. Çapı 40.64 cm olan Sınıf IV riprap kullanılmıştır. Riprap ile toprak arasına serilen jeotekstil filtre, riprap, harç, kazı ve taşıma bedeli dikkate alındığında, kısmi harçlı riprap kaplamanın maliyeti 8,685 \$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1 . Kısmi harçlı riprap kaplama yerleşimi

Yapısal Düzenlemenin Ekonomik Analizi

Köprü ayaklarına yapılacak yapısal düzenlemelerin ekonomik analizi HYRISK yazılımının bir parçası olan Oyulmaya Karşı Yapısal Düzenlemeler Hesaplayıcısı kullanılarak yapılabilir. Bu hesapta kullanmak üzere iskonto oranı, yani faiz oranı ile enflasyon oranı arasındaki fark, Türkiye’de birçok mühendislik uygulamasında kullanıldığı üzere %2 olarak alınmıştır. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ülkelerinde yapılan köprülerin ortalama servis ömrü 80 yıldır [11]. Bu nedenle, Fol-1 Köprüsü’nün kalan ömrü yaklaşık 50 yıldır. Fol Deresi sıklıkla taşkına maruz kaldığı için, bu köprüye yapılacak yapısal düzenleme, kalan servis ömrü boyunca oyulmaya karşı koruyacak şekilde tasarlanmalıdır.

Köprüye bir yapısal düzenleme yapılırken amaçlanan, köprüyü en az mevcut yıllık yıkılma olasılığının tersi olan $1/0.074=14$ yıl süre dönüş aralığı olan taşkınlara karşı korumasıdır. Koruma dönüş aralığı, bu süreden daha yüksek olan herhangi bir yapısal düzenleme, köprünün mevcut yıllık yıkılma olasılığını azaltacaktır.

Mevcut oyulma kritikliği derecesi 2, 3, ve 4 olarak değerlendirilebilecek olan Fol-1 Köprüsü’ne kısmi harçlı riprap kaplama yapılması durumunda sağlanacak 50 yıl dönüş aralıklı koruma sonucunda, köprünün yeni oyulma kritikliği derecesinin 8’e yükselmesi beklenmektedir. Yani köprünün yıllık yıkılma olasılığı 0.074’ten 0.003’e düşecektir. Bu durumda, Çizelge 2’de görüldüğü gibi, köprünün yıllık yıkılma riski 59,792 \$’dan 2,525 \$’a düşecektir. Bu yapısal düzenleme için, mevcut yıllık yıkılma riskinin yaklaşık %15’i kadar, yani 8,685 \$ harcayarak, köprü olası bir yıkılmadan kurtarılabilir.

Yukarıda hesaplanan maliyetlerin yanı sıra çevreye olumsuz etkilerin de ayrıca düşünülmesi gerekmektedir. Fol-1 Köprüsü’nün yıkılması durumunda, mevcut yola çok yakın bir alternatif yoldan trafik akışı sağlanabilmektedir. Ancak böyle bir yol olmadığı takdirde, yeni bir yol açılması gerekebilirdi. Bu, beklenenin daha da üzerinde bir zaman kaybına neden olabilirdi. Ayrıca, bu çalışmada söz edilmemiş olan, köprünün yıkılması durumunda meydana gelebilecek ölümler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durumda oluşacak manevi ve maddi kayıp, risk maliyetine de ciddi miktarda artış getirecektir. Tüm bu olasılıkları dikkate alarak, köprüye yapısal bir düzenleme uygulamanın gerekliliği açıktır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, köprülerin oyulmaya bağlı yıkılma riskinin hesaplanması üzerinde durulmuş ve Fol Deresi üzerinde bulunan Fol-1 Köprüsü ile örnek bir uygulama yapılmıştır. Hesaplamada, FHWA’nın önerdiği risk-esaslı yöntem ve HYRISK yazılımı kullanılmıştır. Köprünün hem mevcut oyulma kritikliği hem de ileride oluşabilecek taşkın veya akarsuyun yanlış kullanımından dolayı değişebilecek oyulma kritikliği dereceleri için risk hesaplaması yapılmıştır. Buna bağlı olarak, Fol-1 Köprüsü oyulmaya karşı kritik çıkmış olup, yıllık yıkılma olasılığı 0.074, yıllık yıkılma riski ise 59,792 \$ bulunmuştur. Akımın yerel hızlanmasından dolayı sağ orta ayak grubu etrafında çok derin oyulma meydana gelmektedir. Bu nedenle, bu ayak için yapısal düzenleme tasarlama gereği duyulmuştur. Hem ekonomik uygunluğu hem de uygulama kolaylığı göz önüne alınarak kısmi harçlı riprap kaplama tasarlanmıştır. Bu düzenlemenin uygulanması ile köprünün yıllık yıkılma olasılığı ve riski, sırasıyla 0.003 ve 2,525 \$’a düşecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Richardson, E. V. ve Davis, S. R. (2001). "Evaluating scour at bridges." Fourth edition, Federal Highway Administration Report No. FHWA NHI 01-001, Federal Highway Administration, Virginia.
- [2] Pearson, D., Stein, S., ve Jones, J. S. (2002). "*HYRISK methodology and user guide*." Federal Highway Administration Report No. FHWA-RD-02-XXX, Federal Highway Administration, Virginia.
- [3] Johnson, P. A., Gleason, L. G., ve Hey, R. D. (1999). "Rapid assessment of channel stability in vicinity of road crossing." *J. Hydraul. Eng.*, 125(6), 645-651.
- [4] Federal Highway Administration (FHWA) (1989). "Public disclosure of National Bridge Inventory (NBI) Data" < <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/nbi/20070517.cfm>> (10 Mayıs 2011).
- [5] Yanmaz, A. M., Caner, A., ve Berk, A. (2007). "Renovation of a safety-inspection methodology for river bridges." *J. Perfor. Constructed Facilities*, 21(5), 382-389.
- [6] Apaydın, M. (2010). "A study on risk assessment of scour vulnerable bridges." *Yükseklisans tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- [7] Yanmaz, A. M. ve Coşkun, F. (1995). "Hydrological aspects of bridge design: Case Study." *J. Irrig. and Drain. Eng.*, 121 (6), 411-418.
- [8] Brunner, G. W. (2002). "*HEC-RAS river analysis system user's manual Version 3.1*" US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, California.
- [9] Lagasse, P. F., Zevenbergen, L. W., Schall, J. D., ve Clopper, P. E. (2001). "*Bridge scour and stream instability countermeasures - experience, selection, and design guidelines*." Hydraulic Engineering Circular No. 23, Second Edition, Federal Highway Administration Report No. FHWA NHI 01-003, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- [10] Lagasse, P. F., Clopper, P. E., Zevenbergen, L. W., ve Girard, L. G. (2007). "*Countermeasures to protect bridge piers from scour*." National Cooperative Highway Research Program Report No. 593, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C.
- [11] Caner, A., Yanmaz, A. M., Yakut, A., Avşar, O., ve Yılmaz, T. (2008). "Service life assessment of existing highway bridges with no planned regular inspections." *J. Perfor. Constructed Facilities*, 22(2), 108-114.

FALEZLİ KIYILARDA YAPI YAKLAŞMA SINIRININ BELİRLENMESİNDE DURAYLILIK TABANLI YAKLAŞIMLAR

Nihat DİPOVA

Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kampüs, Antalya
e-posta: ndipova@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Falezli kıyılarda çeşitli nedenlerle yapı yapılmaması gereken şeridin genişliğine “yaklaşma mesafesi” denir. Mevcut uygulamada yaklaşma mesafesi; kanun ve kurul kararlarına göre belirlenmektedir. Kıyı kanununda sahil şeritlerinde yapılacak yapıların kıyı kenar çizgisine en fazla 50 metre yaklaşmasına izin verilmekte, uygulama imar planı yapılacak alanlarda ise bu mesafe 10 m’ye kadar inebilmektedir. Mevcut uygulamada falez kayasının mühendislik özellikleri ve duraylılık durumu göz önüne alınmamaktadır. Dünyanın birçok bölgesinde kıyıda kurulu kentlerde falez yenilmesi sorunları yaşanmaktadır. Kıyı erozyonu ve gerilemesine karşı alınabilecek mühendislik önlemleri bulunmasına rağmen, konu falezli kıyılar olduğunda, çözümler zorlaşmakta ve maliyet artmaktadır. Kıyı aşınması ile farklı jeomorfolojik yapılar ortaya çıkmakta ve görsel değere sahip olan bu yapılar doğal peyzaj özelliği taşımaktadır. Şahit kayalar, mantar kayalar, doğal köprüler, mağaralar, çentikler, şelaleler vb. gibi yapılar nedeniyle falezli kıyılar genellikle doğal sit alanı kapsamına alınmaktadır. Bu nedenle de falezler üzerine yapılacak müdahaleler çeşitli kurumlardan özel izinler alınmasını gerektirmektedir. Falezlerin doğal ve estetik değerlerinin ortaya çıkması erozyon, kırılma, kopma ve kayma türü duraysızlıklar gibi jeolojik proseslerle olmuştur. Diğer şevlerde duraylılığı sağlayacak mühendislik çözümleri (örn. drenaj, açığı azaltma, zemin iyileştirmesi) rahatlıkla uygulanabilirken, sit alanı falezlerde doğal yapının korunabilmesi için tehlike şeridi belirlenerek bu bölgede yapılaşmaya izin verilmemesi tercih edilmektedir. Doğal yamaçlarda duraysızlıklar jeolojik birimde dayanım kaybı ve/veya yük artışı ile gerçekleştiğinden, falez üzerindeki yapıların ilave yük aktarması da duraylılığa olumsuz etki yapacaktır. 15 katlı bir yapı falezler üzerine ortalama 7 m yüksekliğinde kaya yüküne denk bir yük aktarmaktadır. Falezli bir kıyıda tehlike şeridi, kıyı erozyonu, kütle hareketleri ve daha genel anlamda jeolojik duraysızlıklardan etkilenecek bölge olarak tanımlanmaktadır. Tehlike şeridinin genişliğinin belirlenmesi için bazı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Jongens vd., (2007) tehlike şeridinin genişliğinin belirlenmesi için bir eşitlik önermiştir. Moon ve Healy (1994) birden fazla yenilme mekanizmasının geçerli olduğu falezlerde en büyük genişliğin tehlike şeridi genişliği olarak alınmasını önermiştir. Forth vd. (1999) mağara, dolin, tansiyon çatlağı, kaya düşmesi, şev açısı, fisürlülük, bitki örtüsü ve kaya dayanımı özelliklerine

ağırlıklar tayin ederek 100 üzerinden bir değerlendirme sistemi oluşturmuş ve bir tehlike haritalama yöntemi geliştirmişlerdir. Nunes vd., (2009) dalga yönü, falez litolojisi ve geometrisi, kumsal genişliği ve kıyı platform genişliğini sayısal değerler olarak kullanan “tehlike indeksi” adını verdikleri bir indeks tanımlayarak falezli kıyıları buna göre bölgeleştirmişlerdir. Bu çalışmada; yapı yaklaşma sınırı (tehlike şeridi) kavramı açıklanacak, tehlike şeridinin belirlenmesi için dünyada kullanılan yöntemler tanıtılacak ve Antalya falezlerinden örnekler verilerek konu irdelenecektir.

Anahtar kelimeler: Doğal sit, Duraylılık, Falez, Tehlike bölgelemesi, Yapı yaklaşma sınırı.

1. GİRİŞ

“Kıyı” olarak tanımlanan coğrafi bölgeler; deniz, kara ve yeraltısuyunun birleştiği, fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerin hızlı ve yoğun yaşandığı dinamik ortamlardır. Kıyılar, bölgenin jeolojik yapısına göre, sediman birikimine veya aşınmaya uğramaktadır. Kıyıya taşınan sediman erozyondan fazla ise; kıyıda kumsal oluşumu, diğer yandan erozyon sediman taşınımından fazla ise kıyı erozyonu ve kıyı gerilemesi gözlenir. Yerkürenin diğer alanlarında olduğu gibi, kıyılardaki değişimler de doğanın yeni biçim almasına neden olur. Jeoloji ve jeomorfoloji bilimleri açısından doğanın dengesini koruyan bu değişimler, mühendislik bakış açısı ile bakıldığında ise kentler ve mühendislik yapıları için tehlike içeren doğal süreçler olabilmektedir.

Falezli kıyılarda çeşitli nedenlerle yapı yapılmaması gereken şeridin genişliğine “yaklaşma mesafesi” denir. Mevcut uygulamada yaklaşma mesafesi; kıyı kanunu, nazım imar planları ve Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Yüksek Kurulu kararlarına göre belirlenmektedir. Kıyı kanununda sahil şeritlerinde yapılacak yapıların kıyı kenar çizgisine en fazla 50 metre yaklaşmasına izin verilmektedir. Taşıt yolları dahil tüm yapılar sahil şeridinin kara yönünde yapı yaklaşma sınırı gerisinde kalan alanda düzenlenebilmektedir. Ancak yine aynı kanunda; uygulama imar planı yapılacak alanlarda en az 10 m’den itibaren sahil şeridinde yapılaşma kabul edilmektedir. Kültür ve Turizm Bakanlığı “Doğal Sit Alanları” için yapılaşmaya izin verilmeyen sınırları belirlemektedir. Nazım imar planları ise yerel yönetimlerce yapılmakta ancak kıyı kanunu ve doğal sit alanı ölçütlerine uyma zorunluluğu bulunmaktadır. Yasal mevzuatta falez kayasının mühendislik özellikleri ve duraylılık durumu göz önüne alınmamaktadır.

Falezli kıyılarda oluşan erozyon ve duraysızlıklar zamanla karanın gerilemesine ve böylece de falezler üzerindeki arazinin ve yapıların zarar görmesine neden olur. Dünyanın birçok bölgesinde kıyıda kurulu kentler falez yenilmesi sorunları yaşamaktadır. Kıyı erozyonu ve gerilemesine karşı alınabilecek mühendislik önlemleri bulunmasına rağmen, konu falezli kıyılar olduğunda, çözümler zorlaşmakta ve maliyet artmaktadır. Kıyı aşınması ile farklı jeomorfolojik yapılar ortaya çıkmakta ve görsel değere sahip olan bu yapılar doğal peyzaj özelliği taşımaktadır. Şahit kayalar, mantar kayalar, doğal köprüler, mağaralar, çentikler, şelaleler vb. gibi yapılar nedeniyle falezli kıyılar genellikle doğal sit alanı kapsamına alınmaktadır. Falez duraysızlıklarını diğer yamaç duraysızlığı vakalarından ayıran bir durum vardır. Falezler genelde doğal ve estetik değere haiz yerlerdir. Falezlerin bu değerlerinin ortaya çıkması erozyon, kırılma, kopma ve kayma türü duraysızlıklar gibi jeolojik proseslerle olmuştur. Diğer şevlerde duraylılığı sağlayacak mühendislik çözümleri (örn. drenaj, açi azaltma, zemin iyileştirmesi) rahatlıkla uygulanabilirken, sit alanı

falezlerde doğal yapının korunabilmesi için tehlike şeridi belirlenerek bu bölgede yapılaşmaya izin verilmemesi tercih edilmektedir.

2. FALEZLİ KIYILAR

Falezli kıyılarda oluşan erozyon ve duraysızlıklar sonucu oluşan gerilemeler falezler üzerindeki arazinin ve üzerindeki yapıların hasar görmesi ile sonuçlanabilir. Dünyanın birçok bölgesinde kıyıda kurulu kentler falez yenilmesi sorunları yaşamaktadır (Şekil 1). Kıyı erozyonu ve gerilemesine karşı mühendislik çözümleri üretilmesi elbette mümkündür. Ancak konu falezli kıyılar olduğunda, çözümler zorlaşmakta ve maliyet artmaktadır. Mühendisliğin ekonomi ölçütü hesaba katıldığında, kimi zamanlarda doğaya meydan okumak yerine doğayla uyumlu yaşamak tercih edilebilmektedir. Kıyı aşınması ile farklı jeomorfolojik yapılar ortaya çıkmakta ve görsel değere sahip olan bu yapılar doğal peyzaj özelliği taşımaktadır. Şahit kayalar, mantar kayalar, doğal köprüler, mağaralar, çentikler, şelaleler vb. gibi yapılar nedeniyle falezli kıyılar genellikle doğal sit alanı kapsamına alınmaktadır. Bu nedenle de falezler üzerine yapılacak müdahaleler çeşitli kurumlardan özel izinler alınmasını gerektirmektedir.



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

(F)

(G)

Şekil 1. Falez yenilmeleri; dünyadan bazı örnekler, a) California-ABD, b) Norfolk-İngiltere, c) Hampshire-İngiltere, d) California-ABD, e) Pacifica, California –ABD, f) Ramsgate-İngiltere, g) Sussex-İngiltere.

Kıyı kanununa göre dar-yüksek kıyılarda kıyı-kenar çizgisi falez veya şevin üst sınırından geçirilmekte ve yapı yaklaşma mesafesi bu çizgiden itibaren ölçülmektedir. Ancak falez duraysızlıkları nedeniyle kıyı-kenar çizgisinde hızlı gerileme söz konusu ise kıyı-kenar çizgisinin belirlenmesinde zorluk yaşanmaktadır. Özellikle imar çalışması yapılarak 10 metre gibi dar bir yapı yaklaşma sınırları ortaya çıktığında, kıyı kenar çizgisinin belirlenmesi daha da önem kazanmaktadır. Yer kaymaları sonucu falezlerin 5-10 m gerilemesi ve yapıların tehlike altına girmesi söz konusu olabilecektir.

3. KANUN, YÖNETMELİK VE YEREL KARARLAR

Falezli kıyılarda yapı yaklaşma sınırı; kıyı kanunu, nazım imar planları ve Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Yüksek Kurulu kararlarına göre belirlenmektedir. 3621 kanun numaralı kıyı kanununa göre; sahil şeritlerinde yapılacak yapıların kıyı kenar çizgisine en fazla 50 metre yaklaşmasına izin verilmektedir. Yaklaşma mesafesi ve kıyı kenar çizgisi arasında kalan alanlar, ancak yaya yolu, gezinti, dinlenme, seyir ve rekreatif amaçla kullanılmak üzere düzenlenebilmektedir. Taşıt yolları, sahil şeridinin kara yönünde yapı yaklaşma sınırı gerisinde kalan alanda düzenlenebilmektedir. Ancak yine aynı kanunda; uygulama imar planı yapılacak alanlarda en az 10 m'den itibaren sahil şeridinde yapılaşma kabul edilmektedir. Toplum yararına açık olmak şartı ile konaklanmayan ancak günü birlik turizme yönelik yapı ve tesisler yoluyla da bu alanların kullanılabilceği belirtilmektedir. Kültür ve Turizm Bakanlığı "Doğal Sit Alanı" tanımı yaparak doğal sit alanları için yapılaşmaya izin verilmeyen sınırları belirlemektedir. Nazım imar planları ise yerel yönetimlerce yapılmakta ancak kıyı kanunu ve doğal sit alanı ölçütlerine uyma zorunluluğu bulunmaktadır.

4. FALEZLİ KİYILAR İLE İLGİLİ JEOLJİK VE JEOTEKNİK HUSUSLAR

Kıyı-kenar çizgisi: Kıyı kanununa göre dar-yüksek kıyılarda kıyı-kenar çizgisi falez veya şevin üst sınırından geçirilmekte ve yapı yaklaşma mesafesi bu çizgiden itibaren ölçülmektedir. Ancak falez duraysızlıkları nedeni ile kıyı-kenar çizgisinde hızlı gerileme söz konusu ise kıyı-kenar çizgisinin belirlenmesinde zorluk yaşanmaktadır. Ayrıca şev veya falezin gerisinde kumluk, sazlık, bataklık, lagün gibi oluşumlar varsa bu durumlar ve oluşumlar gözetilerek kıyı kenar çizgisi daha geriden tespit edilmelidir.

Kıyı erozyonu: Falezli kıyılarda aşındırıcı süreçler; dalganın mekanik etkisi, yeraltısuyu girişim bölgesindeki kimyasal çözünme, tuz kristallenmesi yolu ile aşınma ve biyolojik ayrışmayı içerir. Bu süreçler falezin stabilitesinde ve morfolojisinin ortaya çıkmasında etkili olur. Falezler üzerindeki erozyonun hızı; dalga kuvveti, kaya malzemesinin dayanımı, kaya süreksizlik özellikleri, kayanın ayrışmaya ve ıslanmaya bağlı dayanım azalması, dalganın döngüsel yükü nedeniyle malzeme yorulması ve topukta kütle azalması etkenlerine bağlıdır.

Kıyı mağaraları: Mağaralar oluştuğu kayaya bağlı olarak, gelişim zamanına göre birincil mağaralar veya ikincil mağaralar olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar. Ana kaya ile birlikte oluşan mağaralara birincil mağara adı verilir. Anakaya oluştuktan sonra gelişen mağaralara ise ikincil mağaralar adı verilir. Kıyılarda, deniz seviyesine yakın seviyelerde gözlenen mağaralara kıyı mağarası adı verilir. Kıyılarda bulunan mağaraların oluşum biçimine göre sınıflanması, mağaraların içinde oluştukları kaya kütlelerinin mühendislik davranışına etkilerinin anlaşılması için daha faydalı olacaktır. Bu anlamda kıyılardaki mağaralar üç ana gruba ayrılabilir. Bunlardan birincisi oluşuma bağlı gelişen birincil mağaralardır. İkincisi; dalga aşındırması, tuz erozyonu ve biyo-erozyon gibi nedenlerle başlar, tavan çökmeleri ile genişler ve “deniz mağarası” olarak adlandırılır. Üçüncü tür ise yine kıyıda yer almalarına rağmen deniz mağaralarından farklı olarak kimyasal çözünme (erime) ile oluşurlar ve “yamaç kenarı mağaraları” olarak adlandırılırlar (Mylroie ve Carew, 1990). Her iki tür kıyı mağarasında da aşınmalar çoğu zaman fay kırıklarında, farklı tabakaların temas ettiği noktalarda veya litolojik olarak zayıf bölgelerde olurlar. Bu durum mağaraların nihai morfolojisinde etkilidir.

Kitle hareketleri: Falezli kıyılarda kitle hareketleri, topukta desteğin ortadan kalkması, şevin dikleşmesi ve su içeriği artışı veya ayrışma sonucu dayanımın azalması sonucu oluşur. Falezlerde yenilmeler küçük boyutlu süreksizlik kontrollü kaya düşmeleri, büyük boyutlu kama ve düzlemsel kayma, mağara veya dolin çökmesi, büyük boyutlu süreksizlik düzlemi yenilmeleri ve kütsel kaymalar biçiminde olabilir (Moon and Healy 1994, Dipova 2009). Doğal yamaçlarda duraysızlıklar jeolojik birimde dayanım kaybı ve/veya yük artışı ile gerçekleştiğinden, falez üzerindeki yapıların ilave yük aktarması da duraylılığa olumsuz etki yapacaktır. 15 katlı bir yapı falezler üzerine ortalama 7 m yüksekliğinde kaya yüküne denk bir yük aktarmaktadır.

5. YAPI YAKLAŞMA MESAFESİNİN BELİRLENMESİNDE DURAYLILIK TABANLI YAKLAŞIMLAR

Falezli bir kıyıda yapı yaklaşma sınırı (tehlike şeridi), kıyı erozyonu ve kütle hareketleri veya genel anlamda jeolojik ve jeomorfolojik duraysızlıklardan etkilenecek bölge olarak tanımlanabilir (Marques, 2009). Bu sınırın belirlenebilmesi için; yerel bilgiler, güvenilir tarihsel veri, gözlem, hava fotoğrafları, arazi çalışmaları, harita analizleri ve stabilite analizlerinin yapılması gerekmektedir (Gibb, 1978). Aşağıda konu ile ilgili literatüre girmiş yaklaşımlar özetlenmektedir.

Sunamura (1992) falezli kıyıların oluşumunda kıta-deniz birleşimindeki erozyon ve buna bağlı gelişen kıyı gerilemesinin etkili olduğunu belirtmiştir. Emery and Khun (1982) falez geometrisinin, kaya kütselinin dayanım özelliklerine ek olarak, denizel ve karasal erozyonun göreceli şiddeti ile belirlendiğini, deniz aşındırmasının karasal yüzey erozyonundan daha fazla etkin olduğunda dik ve dike yakın falezler ve bunun gerisinde

yatay ve yataya yakın platolar oluştuğunu belirtmiştir. Falezli kıyılarda deniz seviyesinde “V” şeklinde denize doğru açılmış çentikler (kertik, dalga oyugu) gözlenir. Kıyılarda çentik oluşumu için klasik teori (Sunamura 1992) dalga aşındırmasının egemen etmen olduğunu öngörmektedir. Diğer araştırmacılar tarafından (Goudie and Viles, 1997; Rodriguez-Navarro ve Doehne, 1999; Focke, 1978) birbirlerine göre ağırlığı konusunda net bir görüş bulunmamasına rağmen, biyo-erozyon ve tuz erozyonunun da önemli etkiye sahip olduğu savunulmaktadır. Kıyılardaki jeolojik malzemelerin erozyonunu etkileyen en önemli faktörler; dalga yönü ve büyüklüğü, kaya malzemesi ve kütle özellikleridir. Sunamura (1977) yaptığı araştırmada çentik büyümesi hızının dalga kuvveti ile doğru orantılı olduğunu belirlemiştir. Sunamura (1992) kaya dayanımı ve zaman parametrelerini bir arada değerlendirerek çentik genişlemesine sebep olacak erozyon hızına ilişkin olarak aşağıdaki eşitliği önermiştir.

$$R = K \cdot \ln(F_w/F_r)$$

(1)

$$F_w = A \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$$F_r = B \cdot \sigma_c$$

Burada:

R = Erozyon hızı,

F_w = Dalga kuvvet

F_r = Kaya dayanımı

H = Dalga Yüksekliği,

ρ = Deniz Suyu Yoğunluğu,

g = Yerçekimi İvmesi,

σ_c = Tek eksenli sıkışma dayanımı,

A: kumsal abrazyonu, B: Süreksizlik yoğunluğu, K: Hızın fiziksel büyüklüğü ile ilgili katsayı.

Bu eşitlikteki kaya dayanımı (F_r) için Budetta vd., (2000) kaya kütle dayanımı (örn. R_{Mi}) kullanılmasını, dalga kuvvetinin ise tarihsel verileri inceleyerek “R” ile “F_r” arasında oluşturulacak bir yarı logaritmik ilişkidir elde edilmesini önermektedir.

Falezlerde erozyon hızı çoğunlukla hava fotoğraflarındaki değişimlerden (Moore, 2000) ve falez yüzey topoğrafyası değişimlerinden (Rosser vd., 2005) ölçülmektedir. Bu yaklaşımlarla bulunan gerilemeler, yukarıda değinildiği gibi sadece dalga aşındırmasını değil aynı zamanda kütle hareketlerini de içermektedir.

Falez duraysızlıklarını diğer şev duraysızlığı vakalarından ayıran bir husus falezlerin genelde doğal ve estetik değere sahip olmalarıdır. Diğer şevlerde duraylılığı sağlayacak mühendislik çözümleri (örneğin; drenaj, eğim açısı azaltma, zemin iyileştirmesi) kolaylıkla uygulanabilirken, falezlerde doğal yapının korunabilmesi için tehlike şeridi (yapı yaklaşma sınırı) belirlenerek bu bölgede yapılaşmaya izin verilmemesi doğal ve kültürel değerlere saygılı yol olmaktadır. Tehlike şeridinin genişliğinin belirlenmesi için bazı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Jongens vd. (2007) kıyı tehlike şeridinin derinliğinin belirlenmesi için bir eşitlik önermiştir (Eşitlik 2).

$$CLHZ = S+(RT)+F$$

(2)

Burada

CLHZ: kıyı tehlike şeridinin genişliği

R: Uzun dönem gerileme hızı;

S: Potansiyel kütle hareketi beklenen genişlik

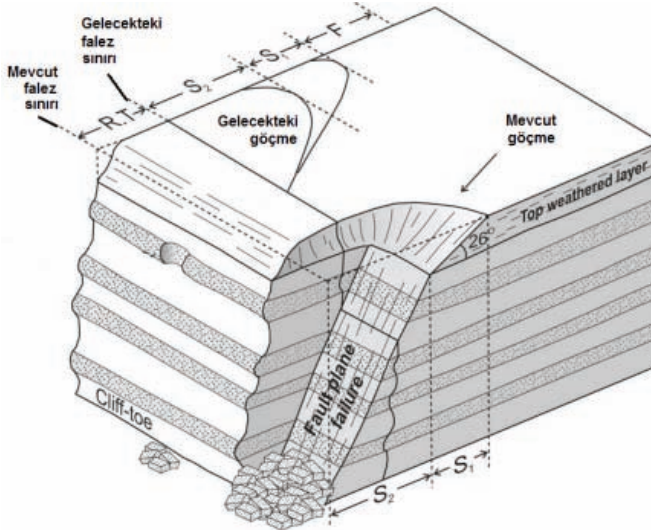
T: Zaman (100 yıl)

F: Ölçme ve hesaptan kaynaklanan belirsizlikler için güvenlik zone

Moon ve Healy (1994) birden fazla yenilme mekanizmasının geçerli olduğu falezlerde en büyük genişliğin tehlike şeridi genişliği olarak alınmasını önermiştir. Tehlike şeridinin belirlenmesine dönük çalışmalarda analitik yöntemler kullanılmıştır. Analitik yöntemlerin sınırlamalarının fazlalığı nedeni daha gelişmiş yöntemlerin seçilmesi gerekebilir. Örneğin dilim yöntemlerinde çekme dayanımı kullanılamamakta veya aşamalı (progressive) yenilmenin olduğu bir şevde Coulomb ölçütü ile ancak limit denge yenilmesi modellenebilmektedir.

Forth vd. (1999) mağara, dolin, tansiyon çatlağı, kaya düşmesi, şev açısı, fisürlülük, bitki örtüsü ve kaya dayanımı özelliklerine puanlar atayarak 100 üzerinden bir değerlendirme sistemi oluşturmuş ve bir tehlike haritası hazırlamıştır.

Nunes vd (2009) “tehlike indeksi” adını verdikleri bir index tanımlayarak falezli kıyıları buna göre bölgeleştirmişlerdir. Dalga yönü, falez litolojisi ve geometrisi, kumsal genişliği ve kıyı platform genişliğini sayısal değerler olarak tanımlanmış, bu değerler ağırlıklarla çarpılarak toplamından tehlike indeksi elde edilmiştir (Eşitlik 3).



Şekil 2. Bir falezde tehlike şeridinin belirlenmesi (Jongens vd. 2007)

$$\text{Tehlike indeksi} = \sum(\text{WE}; \text{CLP}; \text{BW}; \text{PW})$$

(3)

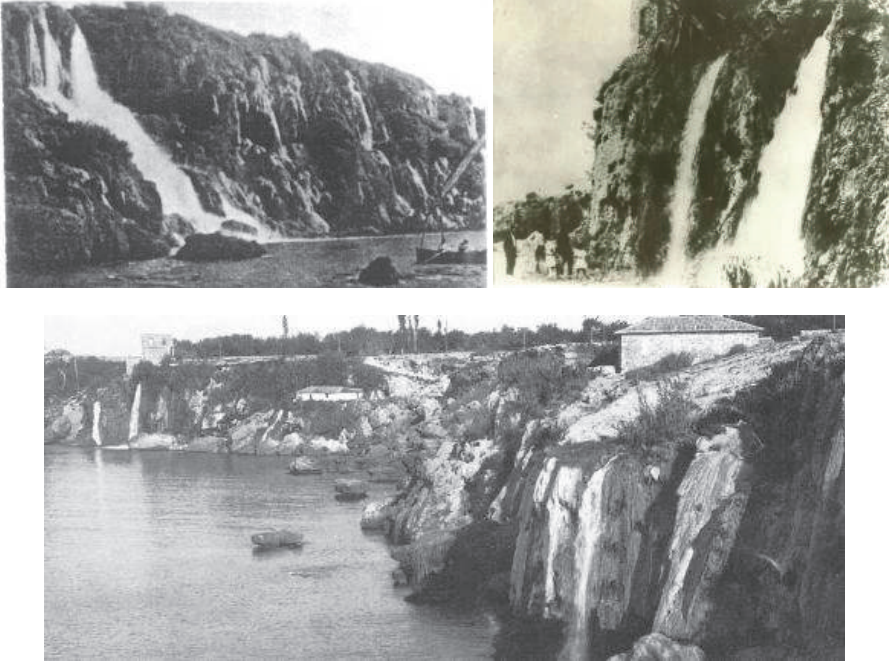
Burada WE: Dalga yönü, CLP: falez litolojisi ve geometrisi, BW: kumsal genişliği, PW: kıyı platform genişliği

Coğrafi bilgi sistemi tabanlı bu tür yaklaşımlar geniş alanların çalışılmasında kuşkusuz yararlı olacaktır. Ancak her bir bileşen için ağırlıkların belirlenmesi ve değerlendirilmesi güçlükler içerecek ve duyarlılık düşük olacaktır. Örneğin, “falez litolojisi ve geometrisi” bir tehlike bölgelemesinin en önemli bileşeni olmalıdır ve bunun da daha duyarlı bir yöntemle analiz edilmesi gerekir.

6. ANTALYA FALEZLERİ ÖRNEĞİ

Antalya falezleri için duraylılık tabanlı bir yöntemle belirlenmiş bir tehlike şeridi henüz bulunmamaktadır. Antalya Belediyesi tarafından 1980 yılında onanan 1/5000 ölçekli Antalya Nazım İmar Planında 150 m eninde bir kıyı şeridi “Doğal Sit Alanı” olarak ilan edilmiş ve planlama çalışması bu amaca uygun olarak yürütülmüştür. 150 metrelik bu şeridin ilk 75 metrelik bölümü halka açık alanlar (yeşil alanlar, plaj tesisleri vb.), ikinci bölümü ise kıyı kullanımını arttırabilmek için turistik tesislere ve daha gerisindeki bölgede de konut alanlarına ayrılmıştır. 1983–84 yıllarında Kültür ve Turizm Bakanlığı “Doğal Sit Alanı” sınırının Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Yüksek Kurulunca 150 m’den 35 m’ye indirilmesini sağlamıştır. Mevcut imar planına göre ise yapı yaklaşma mesafesinin 10 m’ ye kadar düştüğü gözlenmektedir.

Antalya falezlerinde gerileme hızı ölçülememiş olmakla birlikte çok düşük bir değerde olduğu söylenebilir. Antalya falezlerinde inşa edilmiş iki tarihi liman (Attelia ve Magydos) 2000 yılı aşkın bir süredir varlığını korumuştur. Bu nedenle jeolojik tarih anlamında bir gerileme var olmakla birlikte insanlık tarihi süresince düşük hızlı bir gerileme ve mühendislik zamanı için ise ancak duraysızlıktan söz edilebilir. Ancak Antalya falezleri geçmişe oranla daha fazla erozyon ve duraysızlık riski altındadır. 1930’lu yılların falez fotoğraflarında falezler boyunca şelalelerin bulunduğu ve şelale ortamı tufaları oluşturduğu gözlenmektedir (Şekil 3). Bu tufa oluşumları kalkan gibi falezleri korumakta idi. Şelalelerin çeşitli nedenlerle yok olması falezlerin direncini azaltmıştır. Kentleşme öncesinde Antalya tufa biriminde dereler, yarlar, dolinler bulunmakta ve yağmur sularının drenajını kolaylaştırmakta idi. Tufa üzerindeki maki bitki örtüsü yağmuru tutmakta ve suyun hızını düşürmekte, havzanın üst kotlarında yağmur sularının yeraltısuyuna ulaşması kolaylaşmakta idi. Hızlı kentleşme sonrasında yarlar ve dereler, yol ve park çalışmaları sırasında kapatıldı. Maki ormanının yerini beton ve asfalt aldı. Sonuçta yağmur suları çatılar ve yollarda birikerek akış aşağı falezlere doğru akmakta, falezlerden akarken erozyonun ve tufanın suya doygunluk derecesinin artmasına neden olmaktadır. 8 Şubat 2010’da gerçekleşen falez yenilmesi yüksek yağışlı bir dönemde, Lara Caddesi’nden falezlere ulaşan bir sokağın yaklaşık 6° eğimli yüzeyinde taşıdığı suyun falezle ulaştığı yerde gerçekleşmiştir.



Şekil 3. Antalya kıyı şeridinin 1930'lu yıllara ait görüntüleri ve falezler boyunca görülen şelaleler (Fotoğraflar: Cem Oğuz arşivi).

Yamaç duraysızlıkları jeolojik birimde dayanım kaybı ve/veya yük artışı sonucunda gerçekleştiğinden, falez üzerindeki yapıların ilave yük aktarması da yamaç duraysızlığına olumsuz etki yapacaktır. 15 katlı bir yapı falezler üzerine ortalama 7 m yüksekliğinde kaya yüküne karşılık gelen bir yük aktarmaktadır. Antalya falezleri üzerinde yoğun ve yüksek katlı yapılaşma dikkat çekicidir (Şekil 4).



Şekil 4. Antalya falezleri üzerinde yoğun ve yüksek katlı yapılaşma.

Antalya falezlerinde değişik zaman aralıklarında, kaya düşmesi, şev kayması ve falez üstünde yarıklar açılması biçiminde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Eski Lara Yolu boyunca falezlerde erozyon izleri gözlenmektedir. Falez önündeki kaya blokları falez üzerinden koparak düşmüşlerdir. Bazı kaya bloklarının falez üzerinden koştukları yer kolayca ayırt edilebilmektedir. 1980' li yılların başında eski orduvi binasında, İskele Caddesi üzerinde ve Tophane Çay Bahçesi'nde çatlaklar ve yarılmalar gözlenmiştir. 1982 yılında Tophane Çay bahçesinin falezinden bir kaya parçası düşmüştür. Eski Lara Yolu'nun Bambus Plajı ile Dedeman Otel'i arasında kalan bölümünde Aralık 2001' de derin yarıklar ve yol üzerinde deformasyonlar gözlenmiştir. Asfalt kaplama üzerinde 3 ayrı hat üzerinde yarıklar oluşmuştur. Yer yer genişliği 1 m' ye, derinliği 5 m' ye ulaşan yarıklar belirlenmiştir. 2002

yılında Karpuzkaldıran-Fener arasında iki adet büyük blok falezden koparak denize devrilmiştir. Şirinyalı koyunda meydana gelen yenilmelerde Kervansaray plaj tesislerinin denize inen merdivenlerinin alt kısmı tamamen yıkılmış, üst kısımlarda da merdivenlerin altındaki kaya tamamen yenildiğinden merdiven askıda kalmıştır. 2010 Şubat ayında Şirinyalı Koyu'nda yer kayması gerçekleşmiş ve falez yaklaşık 7 m gerilemiştir. Falez paralel yol çizgisine kadar devam eden yarık nedeniyle çevredeki konutlarda yaşayan insanlar tedirgin olmuşlardır (Şekil 5). Falezler boyunca irili ufaklı çok sayıda mağaranın bulunuyor olması da diğer bir olumsuzluktur (Dipova vd. 2008) (Şekil 6).

Falezlerin duraylılık sorunları ve falezler üzerindeki kentleşmeye etkileri Antalya kentinin gündeminde önemli bir yer tutmaktadır. Günümüze değin bu konu ile ilgili bütçeli ve kapsamlı bir çalışma yapılmadığından, sorun karbonat kayada erime ve buna bağlı gelişen kaymalar olarak değerlendirilmiş, sınırlı olanaklarla yapılan çalışmalarda da duraysızlık mekanizmasının tam olarak ortaya çıkarılması ve mühendislik çözümlerinin üretilmesi mümkün olamamıştır.

Dipova (2009) Antalya falezlerinde gözlenen duraysızlık sorunlarını, bunların gerekçelerini ve yenilme modlarını açıklamıştır. Antalya falezlerinde yaygın olarak gözlenen duraysızlık türleri; kaya düşmesi, sökülme ile gerileme, mağara çökmesi, zayıf çimentolu tanelerin yıkanması, düzlemsel kayma, ikincil devrilme ve karmaşık yenilmelerdir. Büyük boyutlu yenilmeler, özellikle Kasım ve Aralık aylarındaki yüksek yağış dönemlerinde gerçekleşmiştir. Antalya merkezde 1200 mm dolayında olan yıllık ortalama yağışın %54 ü kış aylarında düşmektedir (Yılmaz, 2008). 2001 yılında ise, 1892 mm yağış ile 1969 yılındaki 1914 mm değerinin ardından son 100 yılın ikinci büyük yağışı kaydedilmiştir. Daha dikkat çekici olanı ise, bu yağışın 1390 mm sinin (yıllık toplamın % 74 ü) Kasım ve Aralık aylarında gerçekleşmiş olmasıdır (Dipova 2009). Günlük yağışa bakıldığında ise, Antalya'nın topoğrafik yapısının da büyük etkisiyle, Antalya Körfezi'nde en fazla yağış miktarının falezleri içine alan Antalya şehir merkezinin kıyı kesimlerinde gerçekleştiği görülmektedir (Şen ve Göktürk, 2006).



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

Şekil 5. Son 10 yılda Antalya’da gerçekleşen bazı yenilmeler: a) Karpuzkaldıran (doğu), b) Fener-Astur, c), Şirinyalı, d) Sazak, e) Karpuzkaldıran (batı), f) Bambus



Şekil 6. Falezlerde mağaralar ve çöküntü alanları (Dipova 2009).

7. SONUÇLAR

Falezli kıyılarda yapı yapılmaması gereken şeridin genişliği olan yaklaşma mesafesi; kıyı kanunu, nazım imar planları ve Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Yüksek Kurulu kararlarına göre belirlenmektedir. Kıyı kanununda bu mesafe 50 metre olarak belirtilmekle birlikte uygulama imar planı yapılacak alanlarda bu mesafe 10 m’ye kadar düşmektedir. Kültür ve Turizm Bakanlığı “Doğal Sit Alanları” için yapılaşmaya izin verilmeyen sınırları belirlemektedir. Nazım imar planları ise yerel yönetimlerce yapılmakta ancak kıyı kanunu

ve doğal sit alanı ölçütlerine uyma zorunluluğu bulunmaktadır. Yasal mevzuatta falez kayasının mühendislik özellikleri ve duraylılık durumu göz önüne alınmamaktadır.

Kıyı erozyonu ve gerilemesine karşı alınabilecek mühendislik önlemleri bulunmasına rağmen, konu falezli kıyılar olduğunda, çözümler zorlaşmakta ve maliyet artmaktadır. Kıyı aşınması ile farklı jeomorfolojik yapılar ortaya çıkmakta ve görsel değere sahip olan bu yapılar doğal peyzaj özelliği taşımaktadır. Bu nedenle de falezler üzerine yapılacak müdahaleler çeşitli kurumlardan özel izinler alınmasını gerektirmektedir.

Kıyı kanununa göre dar-yüksek kıyılarda kıyı-kenar çizgisi falez veya şevin üst sınırından geçirilmekte ve yapı yaklaşma mesafesi bu çizgiden itibaren ölçülmektedir. Ancak falez duraysızlıkları nedeni ile kıyı-kenar çizgisinde hızlı gerileme söz konusu ise kıyı-kenar çizgisinin belirlenmesinde zorluk yaşanmaktadır.

Doğal yamaçlarda duraysızlıklar jeolojik birimde dayanım kaybı ve/veya yük artışı ile gerçekleştiğinden, falez üzerindeki yapıların ilave yük aktarması da duraylılığa olumsuz etki yapacaktır. 15 katlı bir yapı falezler üzerine ortalama 7 m yüksekliğinde kaya yüküne denk bir yük aktarmaktadır

Falez duraysızlıklarını diğer yamaç duraysızlığı vakalarından ayıran bir durum vardır. Falezler genelde doğal ve estetik değere haiz yerlerdir. Falezlerin bu değerlerinin ortaya çıkması erozyon, kırılma, kopma ve kayma türü duraysızlıklar gibi jeolojik proseslerle olmuştur. Diğer şevlerde duraylılığı sağlayacak mühendislik çözümleri (örn. drenaj, aç azaltma, zemin iyileştirmesi) rahatlıkla uygulanabilirken, sit alanı falezlerde doğal yapının korunabilmesi için tehlike şeridi belirlenerek bu bölgede yapılaşmaya izin verilmemesi tercih edilmektedir.

Tehlike şeridinin genişliğinin belirlenmesi için bazı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Jongens vd., (2007) tehlike şeridinin genişliğinin belirlenmesi için bir eşitlik önermiştir. Moon ve Healy (1994) birden fazla yenilme mekanizmasının geçerli olduğu falezlerde en büyük genişliğin tehlike şeridi genişliği olarak alınmasını önermiştir. Forth vd. (1999) mağara, dolin, tansiyon çatlağı, kaya düşmesi, şev açısı, fisürlülük, bitki örtüsü ve kaya dayanımı özelliklerine ağırlıklar tayin ederek 100 üzerinden bir değerlendirme sistemi oluşturmuş ve bir tehlike haritalama yöntemi geliştirmişlerdir. Nunes vd., (2009) dalga yönü, falez litolojisi ve geometrisi, kumsal genişliği ve kıyı platform genişliğini sayısal değerler olarak kullanan “tehlike indeksi” adını verdikleri bir indeks tanımlayarak falezli kıyıları buna göre bölgelendirmişlerdir.

Antalya falezleri için duraylılık tabanlı bir yöntemle belirlenmiş bir tehlike şeridi henüz bulunmamaktadır. İmar planındaki yapı yaklaşma sınırı yerel yönetimler ve diğer ilgili kurumların aldığı kararlar doğrultusunda belirlenmiştir. Antalya falezlerinde gözlenen duraysızlık sorunları ve falezler üzerinde artan kentsel etkinlik bir arada düşünüldüğünde tüm falezleri içine alacak duraylılık tabanlı bir tehlike şeridi belirleme çalışmasının ivedi bir şekilde yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Budetta, P., Galiotta, G., Santo, A., A methodology for the study of the relationship between cliff erosion and the mechanical strength of soils and rock masses. *Engineering Geology*, 56, 243–56, (2000).
- [2] Dipova, N., Preliminary assessments on the modes of instability of the Antalya (SW-Turkey) coastal cliffs, *Environmental Earth Sciences*, 59-3, 547-60, (2009).
- [3] Dipova, N., Okudan, E.Ş., Uzunsakal, L., Cangir, B., Dağlı, E., Doğan, A., Antalya Tufa Falezlerinde Gözlenen Çentik ve Mağaraların Morfolojik Köken ve Biyolojik Açılarından İncelenmesi, (Akdeniz Üniversitesi, AFP 2008.01.0102.003) (2008).
- [4] Emery, K. and Kuhn, G., Sea cliffs: their processes, profiles and classification. *Geol.Soc.Am.Bull.* 93, 644-654 (1982).
- [5] Focke, J., Limestone cliff morphology on Curacao. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 22, 329-249, (1978).
- [6] Forth, R. A., Butcher, D. and Senior, R., Hazard mapping of karst along the coast of Algarve, Portugal, *Engineering Geology*, 52: 67-74, (1999).
- [7] Gibb, J.G., Rates of coastal erosion and accretion in New Zealand. *NZ J Mar Freshwater Res.*, 12:429–456, (1978).
- [8] Goudie, A. S. and Viles, H., *Salt weathering hazards*, John Wiley and Sons, Chichester, (1997).
- [9] Jongens, R.; Gibb, J.; Alloway, B.V., A new hazard zonation methodology applied to residentially developed sea-cliffs with very low erosion rates, East Coast Bays, Auckland, New Zealand. *Natural Hazards* 40: 223-244, (2007).
- [10] Marques, F.M.S.F., Sea cliff instability hazard prevention and planning: examples of practice in Portugal, *Journal of Coastal Research*, SI 56 (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium), 856-860. Lisbon, Portugal, (2009).
- [11] Moon, V.G. ve Healy, T.R., Mechanisms of coastal cliff retreat and hazard zone delineation in soft flysch deposits. *J Coastal Res* 10:663–680, (1994).
- [12] Moore, L.J., *Shoreline Mapping Techniques*. *Journal of Coastal Research*. Volume 16. Pages 111 to 124, (2000)
- [13] Mylroie, J. E., and Carew, J. L., The flank margin model for dissolution cave development in carbonate platforms: *Earth Surface Processes and Landforms*, 15, 413-424, (1990).
- [14] Nunes, M., Ferreira, O. Schaefer, M. Clifton, J., Baily, B., Moura, D. and Loureiro, C., Hazard assessment in rock cliffs at Central Algarve (Portugal): a tool for coastal management. *Ocean & Coastal Management* 52 (2009) 506-515, (2009).
- [15] Rodriguez-Navarro, C. and Doehne, E., Salt weathering: Influence of evaporation rate, supersaturation and crystallization pattern. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, 191-209, (1999).
- [16] Rosser, N. J. and Petley, D. N. and Lim, M. and Dunning, S. A. and Allison, R. J., Terrestrial laser scanning for monitoring the process of hard rock coastal cliff erosion.', *Quarterly journal of engineering geology and hydrogeology*., 38 (4). pp. 363-375, (2005).
- [17] Sunamura, T., A relationship between wave-induced cliff erosion and erosive force of waves, *J. Geology* 85: 613-618, (1977).
- [18] Sunamura, T., *The geomorphology of rock coast*. Wiley, Chichester, (1992).

- [19] Şen, Ö.L., Göktürk, O.M., Antalya'da meydana gelen şiddetli yağış olaylarına topoğrafyanın etkisinin bir bölgesel iklim modeli ile araştırılması, TÜBİTAK ÇAYDAG 104Y182, 2006: 51 sayfa, (2006).
- [20] Yılmaz, F.K., Antalya'nın günlük yağış özellikleri ve şiddetli yağışların doğal afetler üzerine etkisi, Sosyal Bilimler Dergisi, 10-1, 19-65, (2008).

KAYMA DALGA HIZINDAN SIVILAŞMA ÇÖZÜMLEMESİ KUMLUCA/ANTALYA ÖRNEĞİ

Osman UYANIK^{*}, Buket EKİNCİ^{**} ve N.Ayten UYANIK^{***}

^{*}Suleyman Demirel Üniversitesi., Jeofizik Müh. Böl. Isparta - osmanuyanik@sdu.edu.tr

^{**}Devlet Su İşleri 13. Bölge Müdürlüğü-Antalya - buketari@gmail.com

^{***}Suleyman Demirel Üniv. Deprem ve Jeoteknik A. M. Isparta -aytenuyanik@sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada kayma dalga hızı ve deprem dalgasının hakim periyodu kullanılarak kum zeminlerin sıvılaşma çözümlemesi yapılmıştır. Bu yöntem Seed-Idriss'in sıvılaşma çözümlemesinin genel biçimine benzemektedir. Kayma dalga hızından sıvılaşma analizinde aşağıdaki parametreler hesaplanmalıdır. Bunlardan birincisi kayma gerilme oranı, ikincisi kayma direnç oranını ve üçüncü olarak güvenlik faktörünün belirlenmesidir.

Kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma çözümlemesi Kumluca/Antalya yerleşim alanına uygulanmıştır. Bu çözümde kullanılan kayma dalga hızı yüzey dalgalarından hesaplanmıştır. Kumluca bölgesinde yapılan sıvılaşma çözümlemesinde farklı ivme değerlerine bağlı sıvılaşan ve sıvılaşmayan alanlar belirlenmiştir. Sonuçlar sıvılaşma haritası olarak sunulmuştur. Sıvılaşma haritası incelendiğinde çalışma alanındaki Lagünün kıyı kordonu ve eski göl alanı sınırları belirlenmiştir. Çalışma alanında oluşabilecek ivme değeri küçüldükçe sıvılaşan alanlar daralmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sıvılaşma, kayma dalga hızı, Kumluca, lagün

1. GİRİŞ

Deprem bölgelerinde sıvılaşabilecek zeminleri önceden belirlemek, var olan mühendislik yapıların güçlendirilmesinde, sıvılaşabilecek zeminlerin iyileştirilmesinde ve yapılacak yapıların mühendislik tasarımında önemlidir. [1]'de 1802 ve 1887 Niigata, 1891'de Mino Ovari, 1925'de Santa Barbara, 1940'da El Centro, 1944'de Tohankai, 1948'de Fukui, 1957'de San Francisco, 1960'da Chile ve 1964'de Niigata ve Alaska depremlerinden zeminin sıvılaşma direnç değerlendirmeleri için 1960'lı yılların sonuna doğru basit bir sıvılaşma analiz yöntemi geliştirmişlerdir [2]. Bu basitleştirilmiş yöntemi izleyerek [3]'de kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma analiz yöntemi geliştirmiştir ([4]; [1]). Bilindiği üzere kayma dalgaları zeminlerin sıvılaşma analizlerine ek olarak zeminin dinamik özelliklerini

belirlemede ve deprem mühendisliği için gerekli bir parametredir ([3]; [5]; [6]; [7]; [8]; [9] ve [10]).

Sismik kırılma yöntemi ile sığ yeraltı yapılarında kayma dalgalarının özellikleri belirlenebilir. Fakat bu yöntemdeki sorun kayma dalgasının yaratılması özellikle yüksek gürültülü alanlarda veya sinyal gürültü oranının düşük olduğu durumlarda sağlıklı sonuçların elde edilmesi uzmanlık ister. Buna karşın Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi ve Mikrotremör Dizilim Ölçüm yöntemleri ile çok-kanallı alıcılar kullanılarak veri toplama ve yeraltı yapılarının kayma dalga değişimleri belirlenebilmektedir [11]. [12]'de yüzey dalgalarından hesaplanan kayma dalga değişimlerinin de hassas olduğunu saptamışlardır.

Çalışma alanı olan Antalya/Kumluca bölgesinde kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma analizi uygulanmıştır. Bu alanda yüzey dalgalarının çok kanallı analizi ile kayma dalga hızları [18] tarafından elde edilmiştir. Bu çalışmada [18] tarafından bulunan kayma dalga hızları ve [3] sıvılaşma analizi kullanılarak Kumluca bölgesinin zeminin sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Sonuçlar grafik ve harita şeklinde sunulurken sıvılaşan ve sıvılaşmayan bölgeler ayırt edilmiştir.

2. SIVILAŞMA ANALİZ YÖNTEMİ

[3]'de geliştirdiği sıvılaşma çözümlemesini 22 adet deprem ve 200 den fazla kayma dalga ölçümünü içeren verilerle denetlemiştir. Sonuç olarak kayma dalga hızı ve deprem dalgasının etkin periyoduna bağlı geliştirilen sıvılaşma çözümleme yönteminde kullanılan veriler içerisinde sıvılaşan verilerin tamamının sıvılaşma bölgesinde ve sıvılaşmayan verilerin %66'dan fazlasının sıvılaşmayan bölgede çıkmasını sağlamıştır [2].

Kayma dalga hızı ve depremin etkin periyodundan sıvılaşma değerlendirmesinde temel olarak 3 parametrenin hesabı gereklidir. Bunlardan birincisi kayma gerilme oranıdır ve anlamı depremin zeminde yarattığı tekrarlı gerilmelerdir ve eşitlik 1 ile ifade edilir. İkincisi kayma direnç oranıdır ve zeminin doğal durumdaki direncini ifade eder ve eşitlik 8 ile verilir. Üçüncü olarak güvenlik faktörünün belirlenmesidir ve eşitlik 10 ile verilir.

2.1 Kayma Gerilme Oranı (KGO)

[1] tarafından verilen eşitliğe alternatif olarak [4] ve [3] tarafından aşağıdaki eşitlik 1, kayma gerilme oranı olarak kullanılmıştır. Buradaki kayma gerilme oranı ortamın kayma dalga hızına, birim hacim ağırlıklarına, yaraltı su derinliğine, depremin ivmesi ve periyoduna bağlıdır. Bu yöntemin detayı için ([4], [3], [2]) incelenmelidir.

$$KGO = \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma'_s}{\sigma_s} r_d \quad (1)$$

$$\sigma_s = 2.45T \sum_{i=1}^n \gamma_i V_{s_i} \quad (2)$$

$$\sigma'_s = \sigma_s - 9.81(z - z_w)(\gamma_{sa} - \gamma_d) \quad (3)$$

Eşitlik 1’de;

$a_{\max}$: En büyük yatay yer ivmesi, g : Yer çekim ivmesi, σ_{Vs} : Kayma dalga hızı ve deprem dalgası periyodundan hesaplanan incelenen derinlikteki dinamik düşey gerilme,
 σ_{Vs} : Aynı parametreler ile hesaplanan ve aynı derinlikteki efektif dinamik düşey gerilmedir.
 r_d Gerilme azaltma katsayısıdır.

Eşitlik 2 ve 3’ de

T : Deprem dalgasının hakim periyodu, V_{Si} : Zemine ait kayma dalga hızları, γ_i : Zeminin birim hacim ağırlıkları, γ_{sa} : Suyu doymuş zeminin birim hacim ağırlığı, γ_d : Doymuş olmayan üst zeminin birim hacim ağırlığı, z : Araştırma derinliği ve z_w : Yer altı suyu derinliği olarak verilmektedir.

[1]’de gerilme azaltma katsayısını (r_d) değişik deprem titreşimleri kullanarak ve derinliğe bağlı deneysel olarak belirlemiştir. Bu çalışmada kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma analizinde kullanılan r_d değerleri eşitlik (4), (5), (6)’dan hesaplanmıştır [13], [14].

$$r_d = 1 - 0.00765z \quad z < 9.15m \quad (4)$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \quad 9.15 < z < 23m \quad (5)$$

$$r_d = 0.744 - 0.008z \quad 23 < z < 30m \quad (6)$$

Zeminin kayma dalga hızı farklı sismik teknikler ile bulunabilir. Bu tekniklerden elde edilecek kayma dalga hızlarında azda olsa farklılıklar oluşacaktır. Bu farklılıkları gidermek ve ortak bir kayma dalga hızını elde etmek için efektif gerilmeye bağlı düzeltme uygulanmıştır. Kayma dalga hızının efektif gerilmeye bağlı düzeltilebileceği (7) ile gösterilmiştir [15], [16]; [4]. Burada,
 V_{Sc} : efektif düşey gerilme ile düzeltilmiş kayma dalga hızı, V_s : yerinde ölçülmüş kayma dalga hızı, P_a : 100kPa referans gerilme ya da atmosfer basıncı ve σ'_v : efektif düşey gerilme (kPa).

$$V_{Sc} = V_s(P_a / \sigma'_v)^{0.25} \quad (7)$$

2.2 Kayma Direnç Oranı (KDO)

[17], [3] ve [2] kayma direnç oranı ve düzeltilmiş kayma dalga hızı arasında aşağıdaki ilişkiyi önermektedir. Bu ilişki sıvılaşma yada sıvılaşmama sınırını belirleyen eğriyi oluşturmaktadır. Kayma direnç oranının anlamı zeminin doğal direncidir.

$$KDO = [a(\frac{V_{Sc}}{100}) + b(\frac{1}{V_{S_{\max}} - V_{Sc}} - \frac{1}{V_{S_{\max}}})]MSF \quad (8)$$

$$MSF = \left(\frac{M_w}{7.5}\right)^n \quad (9)$$

Burada; V_{Sc} : Düzeltilmiş kayma dalga hızı,

$V_{S_{\max}}$: Sıvılaşmanın oluşabileceği düzeltilmiş kayma dalga hızının üst sınır değeri ve zeminin incelik içeriğine (FC) bağlı aşağıdaki ilişkiyle değişir.

$$\begin{array}{ll} V_{S_{\max}} = 250m/s & FC \leq \%5 \\ V_{S_{\max}} = 250 * (FC - 5) m/s & \%5 < FC < \%35 \\ V_{S_{\max}} = 220m/s & FC \geq \%35 \end{array} \quad (10)$$

a ve b: Eğriye uygun parametreler

MSF: Magnitüd skala faktörü

M_w : Deprem büyüklüğü.

n : üstel sabit ve bu sabit [17] tarafından $M_w > 7.5$ depremler için -2.56 ve $M_w \leq 7.5$ depremler için -3.3 olarak tanımlanır [2].

Eşitlik 8'in ilk terimi [19] tarafından önerilen ortalama tekrarlı kayma deformasyon sabiti için V_{sc} ve Kayma direnç oranı arasındaki ilişkiyi yansıtan yeniden üretilmiş bir ilişkidir. İkinci terim, düzeltilmiş kayma dalga hızının düşük değerlerinde küçük bir değer ile ve V_{sc} nin yüksek değerlerinde V_{smax} sınır değerini gösteren bir hiperboldür. Üçüncü terim ise [20] tarafından deprem büyüklüğünün kayma direnç oranı üzerindeki etkisini hesaplayan magnitüd skala faktörüdür [2]. [3]'de eşitlik 8'deki $a=0.025$, $b=4$ ve $V_{smax}=250\text{m/s}$ olarak belirlemiştir. Ayrıca [2]'da zeminin incelik içeriğine bağlı olarak $V_{smax}=220\text{-}250\text{m/s}$ arasında değiştiğini belirlemiştir.

2.3 Güvenlik Faktörü

Sıvılaşma riskinin belirlenmesinde yaygın olarak güvenlik faktörü kullanılmaktadır. Kaynak [1] ve [2] güvenlik faktörünü aşağıdaki eşitlikle hesaplanmasını önerir. [21]'de güvenlik faktörünün 1 ve küçük değerleri sıvılaşır, 1-1.2 arasındaki değerleri potansiyel sıvılaşma ve 1.2 den büyük değerleri sıvılaşmaz olarak verilmektedir.

$$GF = KDO/KGO \quad (11)$$

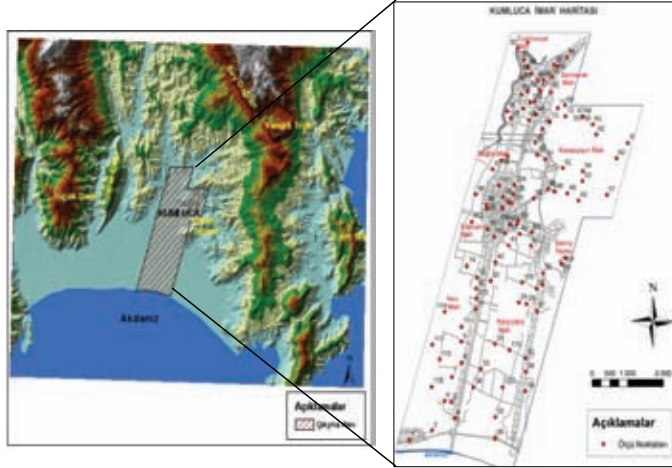
3. KAYMA DALGA HIZI ELDE ETMEK İÇİN UYGULANAN YÖNTEMLER

Kayma dalga hızları sismik yöntem içerisinde birçok teknik ile elde edilebilir. Bunlardan sismik kırılma yöntemi içerisinde S dalga üretme tekniği, Kuyu içi S dalga teknikleri, Yüzey dalgalarının spektral analiz tekniğinde aktif ve pasif kaynaklı teknikler sayılabilir. Bu çalışmada, [18] tarafından yüzey dalgalarının aktif ve pasif kaynakları kullanılarak elde edilen S dalgaları kullanılmıştır. Yüzey dalgasının aktif kaynaklı tekniğinde enerji, yere balyoz ile düşey olarak vurulan darbelerden oluşan sinyallerin algılanması ve pasif kaynaklı teknikte ise yerdeki doğal titreşimlerin jeofonlar tarafından algılanması ve sismograf tarafından bu sinyallerin kaydedilmesi esasına dayanır. Sahada yüzey dalgası elde etmek amacı ile 24 kanallı sismograf ve 4.5 Hz'lik algılayıcılar (jeofonlar) kullanılmıştır. Her iki teknik de jeofon aralığı 1m dir. Aktif kaynaklı teknikte örnekleme aralığı 0.5ms, kayıt uzunluğu 1s, Pasif kaynaklı teknikte ise örnekleme aralığı 2ms, kayıt uzunluğu 30s'dir. Aktif ve Pasif kaynaklı teknikler kullanılarak elde edilen yüzey dalgalarından hesaplanan dispersiyon eğrileri birleştirilip her bir sismik ölçüm noktası için ters çözüm yapılmış ve ilgili alanın derinliğe bağlı S hızı değişimi çıkartılmıştır [18].

4. ÇALIŞMA ALANI VE SIVILAŞMA DEĞERLENDİRMELERİ

Çalışma alanı, Akdeniz Bölgesinde yer alan Antalya ilinin güneybatısında, Kumluca ilçe sınırları içinde yer almaktadır (Şekil 1). [18] tarafından Kumluca yerleşim merkezinde 120 noktadan; aktif kaynak kullanarak 142 adet ve pasif kaynak kullanarak 128 adet yüzey dalgası verisi elde edilmiş ve bu yüzey dalgası verilerinden derine doğru kayma dalga hızları belirlemiştir. Bu çalışmada yüzey dalgasından elde edilen kayma dalga hızları,

çalışma alanında yapılan sondaj ve araştırma çukurlarından yeraltı suyunun derinlikleri, birim hacim ağırlıkları kullanılmıştır. Kayma dalga hızına bağlı sivilaşma analizinde, zemin parametreleri olarak kayma dalga hızı, yeraltı suyu derinliği, birim hacim ağırlığı ve deprem parametreleri olarak da depremin büyüklüğü, ivmesi ve hakim periyodu parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 1. Çalışma Alanı ve Sismik Yüzey Dalgalarının Ölçüm Noktaları ([18]'den düzenlenmiştir).

Çalışma alanında yeraltı suyu 4-30m arasındadır. Çalışma alanının güney kesimlerindeki zeminlerde yeraltı suyu yüzeye yakın ancak kuzey ve kuzey doğu kesimlerine doğru yeraltı suyu seviyesi derinleşmektedir. Sivilaşma analizinde kullanılan parametrelere ek olarak zemin türünde bulunan incelik içerikleri %5 den az kabul edilmiştir. İncelik içeriğinin %5 den az olması durumunda eşitlik 10 dan $V_{s_{max}}$ 250m/s bulunur. Dolayısıyla eşitlik 8 de $V_{s_{max}}$ yerine 250m/s kullanılmıştır. Kumluca bölgesinde ve civarında meydana gelebilecek 7.5 büyüklüğündeki bir depremin ivmesinin 0.4g, 0.3g, 0.2g ve 0.1g olması durumunda kumluca bölgesinin kayma dalga hızına bağlı sivilaşma analizi yapılmıştır. Yapılan sivilaşma analizinde eşitlik 1 ve 8 kullanılarak sırasıyla depremin zeminde yarattığı etki ve zeminin doğal direnci belirlenmiş ve eşitlik 11 ile de kıyaslanmıştır. Güvenlik faktörü 1 den küçük olan alanlarda sivilaşma, 1-1.2 arasındaki alanlarda potansiyel sivilaşma ve 1.2 den büyük olan alanlarda ise sivilaşmaz olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar grafik ve harita biçiminde sunulmuştur (Şekil 2, 3). Grafik ve haritalardan görüleceği üzere depremin ivmesi küçüldükçe sivilaşan alanlar azalmaktadır.

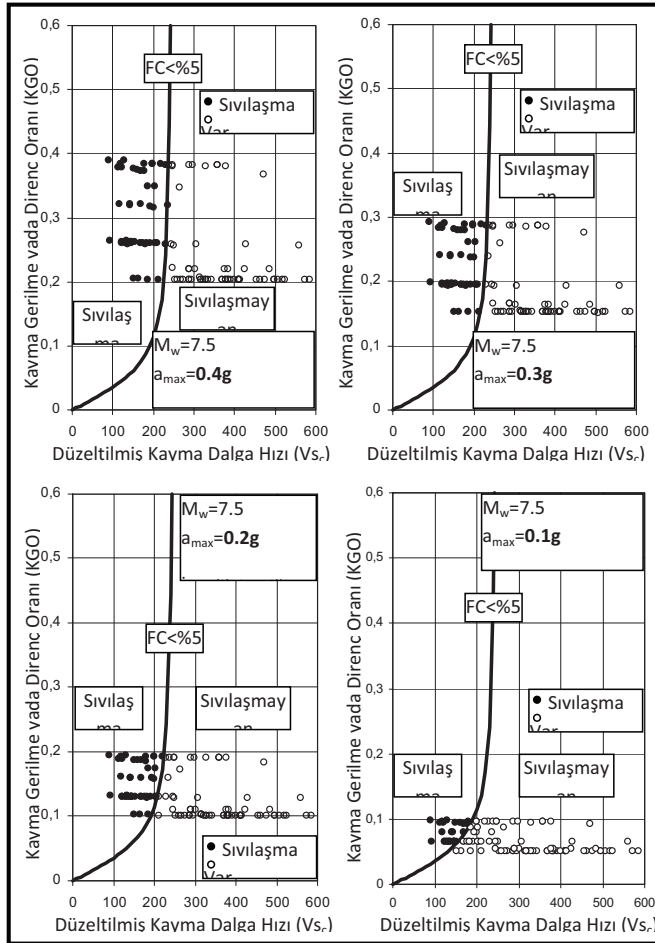
Haritadaki açık maviden koyu mavi arasındaki alanlar sivilaşacak alanlardır. Sarı olan alanlar ise potansiyel sivilaşma alanları ve kırmızı ve geri kalan renkler ile gösterilen alanlar ise sivilaşmazdır. Buna göre Bağlık, Eskiçam, Karşıyaka ve Yeni mahallelerinde yoğun sivilaşma problemleri ile karşılaşılacaktır. Buna karşın Cumhuriyet, Sarıkavak, Kasapçıyırı mahallelerinde ve Sarıncı tepesi kesimlerinde sivilaşma meydana gelmeyecektir.

5. SONUÇLAR

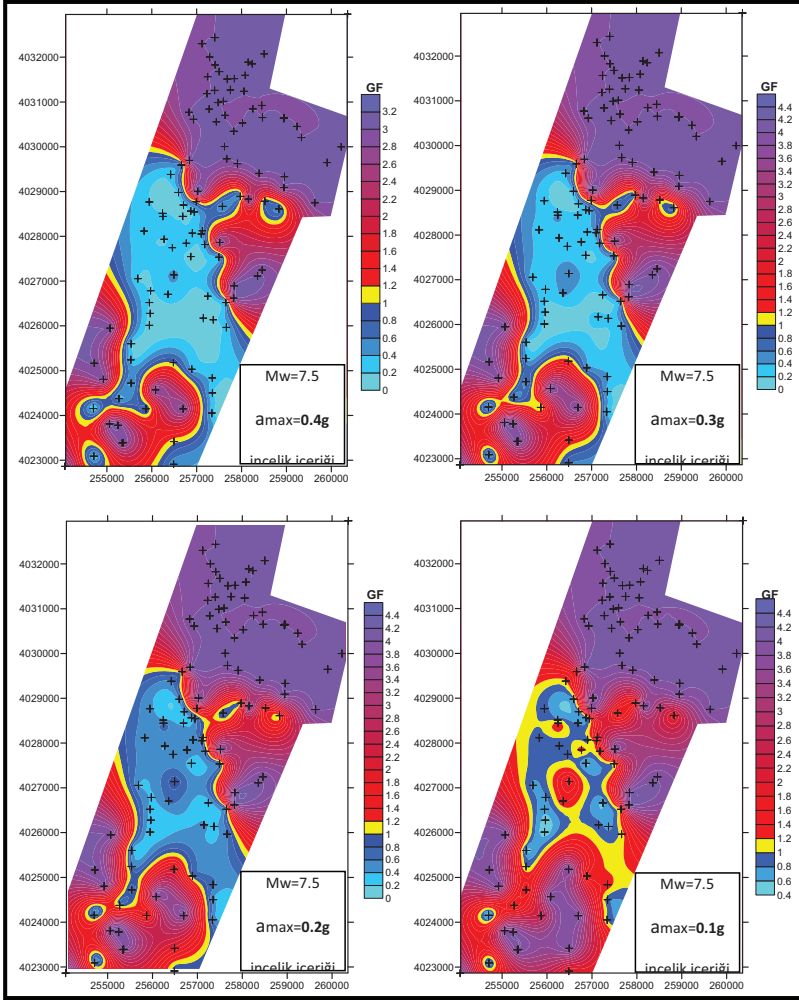
Kumluca bölgesi yerleşim alanı ve civarındaki zeminlerde kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma analizi yapılmıştır. Sıvılaşma analiz sonuçları hem grafik olarak hem de harita olarak sunulmuştur. Sonuç olarak kumluca bölgesinde meydana gelebilecek 7.5 büyüklüğündeki bir depremin zeminde yaratabileceği farklı ivme değerlerine bağlı olarak sıvılaşan alanlar ortaya konmuştur.

Sıvılaşma haritaları irdelendiğinde Kumluca yerleşim alanını oluşturan eski lagün gölünün sınırları ortaya konulmuştur.

Sıvılaşmanın olacağı alanlarda yapılaşma yapılmamalı yada zemin iyileştirmeleri yapılarak yapılaşmalara izin verilmeli Aksi durumda önlemsiz yapılaşmalar yapılırsa hem can hem de ekonomik kayıplar meydana gelecektir.



Şekil 2. Farklı ivme değerleri için kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma analiz grafikleri



Şekil 3. Farklı ivme değerleri için kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma analiz haritaları

KAYNAKLAR

- [1] H.B. Seed, ve I.M. Idriss, 1971, Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. ASCE 97, 1249-1273.
- [2] O. Uyanık ve A.G. Taktak, 2009, Kayma Dalga Hızı ve Etkin Titreşim Periyodundan Sıvılaşma Çözümlemesi için Yeni Bir Yöntem, SDÜ, Fen Bil. Ens. Dergisi, 13-1.
- [3] O. Uyanık, 2002, Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi, DEÜ. Fen Bil. Ens. (Doktora-Tezi), İzmir.
- [4] O. Uyanık, 2006, Sıvılaşır yada Sıvılaşmaz Zeminlerin Yinelemeli Gerilme Oranına Bir Seçenek, DEÜ. Fen ve Müh. Dergisi, 8 (2), 79-91.

- [5] O. Uyanık, E. Türker, ve T. İsmailov, 2006, Sığ Sismik Mikro-Bölgeleme ve Burdur/Türkiye Örneği, *Ekolojiya ve Su Teserrufatı* 1(8), 9-15.
- [6] E.U. Ulugergerli, ve O. Uyanık, 2007, Statistical Correlations between Seismic Wave Velocities and SPT Blow Counts and the Relative Density of Soils, *J. of Testing and Evaluation* 35 (2), 1-5.
- [7] O. Uyanık, ve E.U. Ulugergerli, 2008, Quality control of compacted grounds using seismic velocities, *Near Surface Geophysics*, 6, 299-306
- [8] Ü. Dikmen, 2009, Statistical correlations of shear wave velocity and penetration resistance for soils, *Jour. of Geophysics and Engineering* 6, 61-72.
- [9] O. Uyanık, 2010, Compressional and shear-wave velocity measurements in unconsolidated top-soil and comparison of the results, *International Journal of the Physical Sciences* 5(7), pp. 1034-1039.
- [10] O. Uyanık, 2011, The porosity of saturated shallow sediments from seismic Compressional and shear wave velocities. *Journal of Applied Geophysics* doi:10.1016/j.jappgeo.2010.11.001.
- [11] J. Ivanov, C.B. Park, R.D. Miller, ve J. Xia, 2000, Mapping Poisson's Ratio of unconsolidated materials from a joint analysis of surface-wave and refraction events, *Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems*, 11-19. Virginia.
- [12] R.D. Miller, J. Xia, C.B. Park, ve J. Ivanov, 2000, Shear wave velocity field from surface waves to detect anomalies in the subsurface, *Geophysics* 2000, Special Publication, 4:8.1-4:8.10.
- [13] S.S.C. Liao, ve R.V. Whitman, 1986, Overburden Correction Factors for SPT in Sands, *J. of Geotechnical Engineering (ASCE)* 112, 373-337.
- [14] P.K. Robertson ve C.E. Wride, 1997, Cyclic Liquefaction and Evaluation Based on the SPT and CPT, *NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*, NCEER-97-0022.
- [15] D.W. Sykora, 1987b, Cretation of a Data Base of Seismic Shear Wave Velocities for Correlation Analysis, *Geotechnical Laboratory Miscellaneous*, Paper GL 87-26.
- [16] P.K. Robertson, D.J. Woeller, ve W.D.L. Finn, 1992, Seismic Cone Penetration Test for Evaluating Liquefaction Potential under Cyclic Loading, *Can. Geotch. J. Ottawa* 29, 686-695.
- [17] R.D. Andrus, ve K.H. Stokoe II, 1997, Liquefaction Resistance Based on Shear Wave Velocity. *NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*, 97-0022.
- [18] B. Ekinci, 2010, Kumluca yerleşim alanının zemin özelliklerinin yapay ve doğal kaynaklı yüzey dalgalarının çok kanallı analiziyle belirlenmesi. *SDÜ Fen Bil. Ens. s.149*.
- [19] R. Dobry, R.S. Ladd, F.Y. Yokel, R.M. Chung, ve D. Powell, 1982, Prediction of Pore Water Pressure Buildup and Liquefaction of Sands During Earthquakes by the Cyclic Strain Method, *NBS Building Science Series 138*, National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD, 152.
- [20] T.L. Youd, I.M. Idriss, R.D. Andrus, I. Arango, G. Castro, J.T. Christian, R. Dobry, W.D.L. Finn, L.F.Jr. Harder, M.E. Hynes, K. Ishihara, J.P. Koester, S.S.C. Liao, W.F.III. Marcuson, G.R. Martin, J.K. Mitchell, Y. Moriwaki, M.S. Power, P.K. Robertson, R.B. Seed, ve K.H. Stokoe II, 1997, Summary Report, *NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*, Technical Report NCEER-97-0022, T.L. Youd and I.M. Idriss, (Eds.), Buffalo, NY, 1-40.
- [21] H.B. Seed, ve I.M. Idriss, 1982, *Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes*. Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, California.

DOĞAL AFET VE DİĞER JEOLJİK PROSESLERİN ALTYAPI VE KENT PLANLAMASINA ETKİLERİ; ANTALYA ÖRNEĞİ

Nihat DİPOVA

Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kampüs, Antalya
e-posta: ndipova@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Ülkemizin jeolojik, jeomorfolojik ve meteorolojik özellikleri nedeniyle deprem, yer kayması, sel, kaya düşmesi ve benzeri doğal afetlerle sıkça karşılaşmakta ve bu nedenlerle can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. 7269 sayılı Afetler Kanununda sadece afet sonrası yapılacak çalışmalar belirtilmekte ve afet zararlarını azaltma yerine afet sonrası yara sarma politikası uygulanmaktadır. Oysa afet yönetimi, afet anında yapılması gerekenlerin yanı sıra afet öncesinde beklenen afet türünün belirlenmesi ve afete göre önlem alınmasını da içermelidir. Antalya, turistik, doğal, tarımsal ve ekonomik değerleri ile GB Anadolu'nun önemli şehirlerinden biridir. Jeolojik yapısı oldukça karmaşıktır. İmar alanı içinde zayıf killer, gevşek kumlar, zayıf çimentolu çökebilen zeminler ve kaya zeminler bir arada bulunmaktadır. Çoğunlukla deprem tehlikesi öne çıkarılan Antalya imar planına esas jeoloji raporu imar planından yıllar sonra yürürlüğe girmiştir. Mühendislik jeolojisi kriterleri değerlendirildiğinde; mevcut imar planının bazı sakıncalar içerdiği, yoğun yapılaşmanın büyük risk taşıdığı, imar planının jeolojik veriler ışığında revize edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Anlık yüksek yağış alan dik topoğrafyalı, dar kıyılı bir bölgede sel ve taşkın riski bulunmaktadır. Özellikle Boğaçayı ve Aksu ovaları taşkından etkilenmektedir. Antalya il merkezi 2. derece deprem bölgesi içerisinde. Bazı bölgelerde zeminin yumuşaklığı nedeni ile olası bir depremin şiddeti kaya zeminlere göre daha fazla hissedilecektir. Antalya'da mevcut yapıların depreme karşı dayanıklılıklarının incelenmesine dönük bir çalışma başlatılmadan önce, zeminlerin depremsellik davranışları ile ilgili tüm bilgilerin bir mikro-bölgelendirme çalışması halinde tamamlanmış olması gerekmektedir. Yamaç duraysızlığı türü kitle hareketi beklenilecek alanlar falezler ve iki büyük platoyu ayıran Kepez yamaçlarıdır. Falezlerde değişik zaman aralıklarında, kaya düşmesi, şev kayması ve falez üstünde yarıklar açılması biçiminde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Antalya için söz konusu olabilecek diğer bir kitle hareketi ise karstik yapılarda beklenilebilir. Afet yönetimi açısından zararları en aza indirmek için sorun disiplinler arası bir bakış açısı ile değerlendirilmelidir. Antalya için coğrafi bilgi sistemi tabanlı afet yönetimi ve planlaması gereklidir. Afet bilgi sisteminin ve afet yönetiminin arzu edilen hedeflere ulaşması ve etkin olarak kullanılabilmesi için tüm parametrelerin göz

önünde bulundurulduğu, kentsel planla ilişkilendirildiği ve çevresel faktörlerin dikkate alındığı GIS tabanlı afet öncesi planlama büyük önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Afet, Altyapı, Antalya, Kent jeolojisi, Kent planlaması

1. GİRİŞ

Afet tehlikesi, can ve mal kayıpları ile fiziksel, sosyal, ekonomik, politik ve çevresel kayıp ve zararlara yol açma olasılığı olan doğal, teknolojik ve insan kökenli olayları ifade eder (AIGM, 2006). Türkiye'nin jeolojik, jeomorfolojik ve meteorolojik özellikleri nedeniyle doğal afetlerle sıkça karşılaşmakta ve can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Ülkemizde meydana gelen afet zararlarının yüzde 55'i deprem, yüzde 21'i heyelan, yüzde 8'i su baskını, yüzde 7'si kaya düşmesi ve yüzde 2'si çığdan kaynaklanmaktadır (Gökçe vd. 2008). Jeolojik olarak uygun olmayan araziler üzerinde yapılaşmalar ile oluşan yerleşim alanları, temel mühendislik kriterlerinden yoksun yapılaşma nedeniyle afete dirençsiz yapılar ve altyapı tesisleri, yeni sermaye dolaşım alanları oluşturabilmek amacı ile kent merkezinde aşırı yoğun yerleşim alanları doğal afet ve diğer jeolojik proseslerin etkilerinin daha fazla hissedilmesine neden olmaktadır. 7269 sayılı Afetler Kanununda sadece afet sonrası yapılacak çalışmalar belirtilmekte ve afet zararlarını azaltma yerine afet sonrası hasarın tamiri politikaları uygulanmaktadır. Oysa afet yönetimi, afet anında yapılması gerekenlerin yanı sıra afet öncesinde beklenen afet türünün belirlenmesi ve afete göre önlem alınmasını da içermektedir.

Antalya, turistik, doğal, tarımsal ve ekonomik değerleri ile GB Anadolu'nun önemli şehirlerinden biridir. Jeolojik yapısı oldukça karmaşıktır. İmar alanı içinde zayıf killer, gevşek kumlar, organik zeminler, zayıf çimentolu çökebilen zeminler ve kaya zeminler bir arada bulunmaktadır. Bölge üç diri fay kuşağının ortasında yer almaktadır. Antalya il merkezi 2. derece deprem bölgesi içerisinde. Bazı bölgelerde zeminin yumuşaklığı nedeni ile olası bir depremin şiddeti kaya zeminlere göre daha fazla hissedilecektir. Anlık yüksek yağış alan dik topoğrafyalı bir bölgede sel ve taşkın riski bulunmaktadır. Birçok kentte olduğu gibi Antalya'nın imar planları da jeolojik araştırma yapılmaksızın hazırlanmıştır. Antalya imar planına esas jeoloji raporu yıllar sonra 2001 tarihinde yürürlüğe girmiştir ve çoğunlukla deprem tehlikesi öne çıkarılmıştır. Ancak afet depremden daha fazlasını içermektedir. Sık sık ortaya çıkan sel baskınları, sayısı yüzlerle ifade edilen duraysızlık sorunu yaşamış binaların varlığı Antalya'nın kendine özgü jeolojik yapısının göz önüne alınması için yeterli nedenlerdir. Mühendislik jeolojisi kriterleri değerlendirildiğinde; mevcut imar planının bazı sakıncalar içerdiği, yoğun yapılaşmanın büyük risk taşıdığı, imar planının jeolojik veriler ışığında revize edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada Antalya inceleme alanı seçilerek altyapı ve kent planlamasında dikkate alınması gereken mühendislik jeolojisi konuları irdelenmiştir. Kentin jeolojik yapısı ortaya çıkarılmış, jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri tanımlanmış, kentleşmeyi etkileyebilecek afet ve diğer doğal süreçler belirlenmiş ve kentleşme faaliyetlerinin doğal yapıya uygunluğu irdelenmiştir.

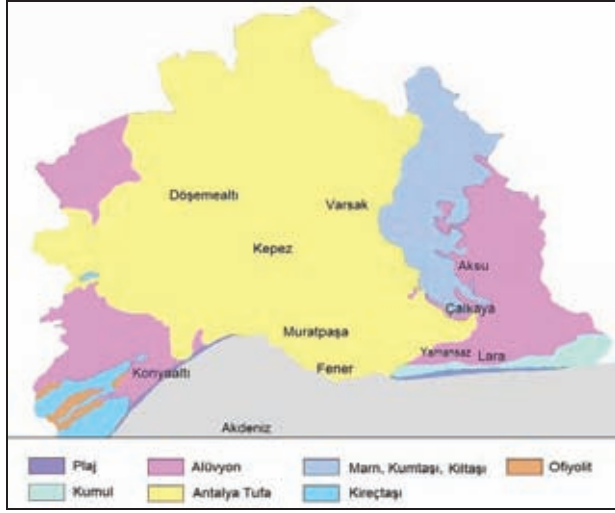
2. ANTALYANIN JEOLÖJİK VE TOPOĞRAFİK YAPISI

Antalya bölgesi batı Torosların güney kenarında bulunmaktadır. Antalya'nın topoğrafik yapısı dar kıyı düzlükleri ve bunların gerisinde yüksek sıradağlardan oluşmaktadır (Şekil 1). Güney-batı Akdeniz bölgesinin önemli bir dağ kuşağı olan Tahtalı dağ sıradağlarının uzantıları, Antalya Ovası'na kadar girmekte, Konyaaltı'na yakın Tünektepe'de yükselti 618 metreye ulaşmaktadır. Beydağları ikinci dağ kuşağını oluşturmakta, Geyikbayırı çevresinde 1000-1300 metreye, Saklıkent çevresinde ise 2500 metreyi aşmaktadır. Antalya kentinin doğusunda Aksu ve Yamansaz düzlükleri, batısında ise, Boğaçay'ın oluşturduğu alüvyonal düzlükler yer almaktadır. Antalya'da deniz tabanı kıydan 2-5 mil uzaklıklara kadar 0-200 m'lik derinlik arasında tatlı bir eğimle uzanmakta, 200 m'den sonra eğim dikleşmekte, körfez ortalarında 1000-2000 m'lik derinliklere ulaşmaktadır.



Şekil 1. Antalya ve çevresinin topoğrafik yapısı

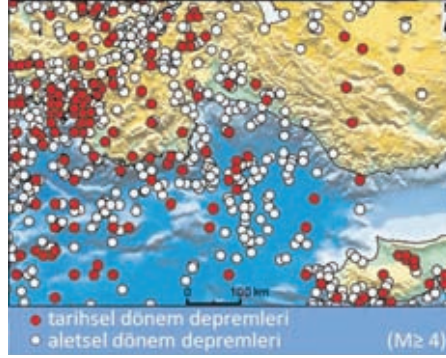
Bölgenin hakim kaya birimleri otokton ve allokton olarak iki gruba ayrılabilir. Platform tipi karbonat çökellerden oluşan Anamas-Akseki görel otoktonu (Kambriyen-Eosen) ve Beydağları görel otoktonu (Jura-Miyosen), allokton birimlerin yerleşeceği ve genç otokton birimlerin çökeleceği ana kaya görevi görürler. Genç otokton birimler ise; kumtaşı, çakıtaşı, kireçtaşı ve kilaşından oluşan Antalya Miyosen havzası çökelleri, Üst Miyosen-Pliyosen havzası çökelleri ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı tufa (traverten) dir. Antalya napları bölgenin allokton birimlerini oluşturur (Akay vd, 1985). Antalya'nın genelleştirilmiş jeoloji haritası Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Antalya ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası.

Bölgenin jeolojik evriminde tektonik kuvvetler önemli rol oynamıştır. Anadolu yarımadasındaki tektonik etkilerle Anadolu bloğu batıya doğru hareket etmiş ve sıkışma sonucu oluşan yükselme Aksu Havzası'nın yarı graben şeklinde açılmasını sağlamıştır. Böylece Holosen öncesinde, kıtanın batıda alçalmasını, doğuda ise yükselmesini sağlamıştır (Glover ve Robertson, 1998a). Eski Antalya şehri (Kaleiçi) merkez kabul edilirse, Teke yarımadası'nı içine alan batı bölüm boğulmuş (batmış) kıyı yapılarından oluşur. Doğu bölümde ise östatik deniz seviyesi artışı, karanın yükselmesi ile karşılanmış ve sınırlı birkaç alan dışında lagün oluşumu gerçekleşmemiştir. Holosen sonrası jeomorfolojik evrim ise daha çok östatik ve relatif deniz seviyesi değişimleri, buna bağlı lagün oluşumları ve dolgu ile düzlüklere dönüşümleri şeklinde kendini göstermiştir. Son 15.000 yılda deniz seviyesinin yaklaşık 100 m yükselmesi ve tektonik gerekçeli batma sonucu günümüzden 6000 yıl önce Teke Yarımadası'ndaki eski kara topoğrafyası boğulmuş kıyı yapıları ile koy ve körfezlere dönüşmüştür (Öner, 1997). Bu koy ve körfezlere akarsuların taşıdığı alüvyonlarla deniz dolmaya başlamış, lagünler oluşmuş, sonuçta ise yer yer bataklık olan kıyı ovaları oluşmuştur. Bölgenin evrimine paralel olarak, Boğaçay ovasının bulunduğu bölgede son buzul çağı sonrası deniz seviyesinin yükselmesi ile akarsuların getirdiği malzemeler delta şeklinde dolgu oluşturmaya başlamıştır. Bu granüler malzeme dolgusu kıyı oku şeklinde günümüzde limanın bulunduğu bölgeye kadar ilerleyerek kuzeyinde kalan körfez parçasını lagüne dönüştürmüştür. Günümüzde Sarısu deresi ise lagünün muhtemel çıkışı ağzı olmalıdır. Benzer bir süreç Antalya'nın doğusunda da gerçekleşmiştir. Deniz seviyesi yükselmesi sonucu bir tufa (traverten) düzlüğü deniz seviyesinin altında kalmış, Aksu Çayı'nın taşıdığı sedimanlarla kıyı oku oluşmuş ve günümüzde Lara kumsalı olarak bilinen kumsal ortaya çıkmıştır. Lara kumsalının ve kumul alanlarının arkasında lagün gelişmiş ve Yamansaz Gölü ortaya çıkmıştır.

ise 3. ve 4. derece deprem bölgeleri içerisinde yer almaktadır. Büyüklüğü 6 dan büyük olan deprem sayısı Antalya merkezden 100 km yarıçaplı bir dairesel alan için 2 adettir. En sık meydana gelen depremlerin $3 < M < 3.9$ aralığında yoğunlaştığı görülmektedir. Şekil 4'te Antalya bölgesinde meydana gelmiş $M \geq 4$ depremlerin episantr dağılımı verilmektedir.



Şekil 4. Antalya bölgesinde meydana gelmiş $M \geq 4$ depremlerin episantr dağılımı (Tan vd, 2008).

Boğaçay ovasında anakaya derinliğinin fazlalığı ve zeminin yumuşaklığı nedenleri ile deprem şiddeti kaya zeminlere göre daha fazla hissedilecektir. Kil oranı % 10 un altında silt veya ince kum tabakalarına rastlanmadığından sıvılaşma riskinin düşük olduğu söylenebilir. Lara-Yamansaz düzlüğünde ise gevşek kumullar ve plaj kumu sıvılaşma potansiyeli irdelenmesi gereken zeminlerdir. Turba ve kil zeminler için ise büyütme söz konusu olacaktır. Tufa platosu üzerindeki zayıf çimentolu birimlerin dinamik davranışı üzerine ne yazık ki bir çalışma bulunmamaktadır. Statik koşullarda dahi duraysızlık sorunları yaşanan bu birimlerin deprem kuvvetleri altında nasıl davranacağı sorusu kaygılar içermektedir.

4. TAŞKIN

Antalya merkezde 1200 mm dolayında olan yıllık ortalama yağışın %54'ü kış aylarında düşer (Yılmaz 2008). 2001 yılında ise 1892 mm yağış ile 1969 yılındaki 1914 mm değerinin ardından son 100 yılın ikinci büyük yağışı kaydedilmiştir. Daha dikkat çekici olanı ise bu yağışın 1390 mm sinin (yıllık toplamın % 74'ü) Kasım ve Aralık aylarında gerçekleşmiş olmasıdır (Dipova, 2009). Boğaçay havzası yağış alanının %14'ü 1500 m. kotu üzerinde olup, denize 27 km yatay mesafede kot 2000 m ye çıkmaktadır. Havzada kireçtaşı ağırlıklı olmakla birlikte ofiyolit türü geçirimsiz kayalar da bulunmaktadır. Yüksek eğim ve anlık yüksek yağış Boğaçay'ın "boğa" gibi hızlı ve korkutucu akmasına neden oluşturmaktadır ki halk çaya Boğaçay ismini vermiştir. Boğaçay havzasındaki yerleşim yerleri her zaman sel ve taşkın riski altında kalmıştır. Tarım arazisinde su birikmeleri ve sel sularının getirdiği taş, çakıl, moloz gibi malzemeler (Rusubat) geniş bir alana yayılması çok kez tekrar etmiştir. Bölgenin imara açılması ile sel ve taşkın hasarlarının boyutu daha da büyümüştür. 2003 Aralık ayında meydana gelen fırtına sonrasında Boğaçay mansabında bulunan karayolu köprüsü büyük hasar görmüştür. Köprüde meydana gelen hasar, fırtına sırasında bu çayın taşkın debisinin köprü ayağı temellerinde meydana getirdiği yerel oyulmadan kaynaklanmıştır. 260 m genişliğindeki çay kanalının tümüyle dolduğu, köprü

ayakları kazık temelle inşa edilen kuzeydeki diğer köprünün tabliye seviyesine kadar suyun yükseldiği, yer yer de yatak dışına taşıdığı ve imar alanlarını bastığı görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5. Bir taşkın döneminde Boğaçay yatağının tümüyle dolarak, yer yer yatak dışına taşması.

Aksu Çayı taşkınları da Antalya'nın doğu kesimini etkisi altına almaktadır. Aksu Çayı Eğridir Gölünden başlayarak 140 km lik bir yol kat ettikten sonra denize boşalmaktadır. Çay ovaya açıldıktan sonra kontrolsüz olarak denize boşalmaktadır. Tarım alanlarına ve yerleşim yerlerine sürekli olarak zarar veren Aksu Çayı taşkınları sonucu Antalya –Serik yolunun da çok defa kapandığı görülmüştür. DSİ tarafından 1990 yılında tamamlanan Karacaören barajı sayesinde bu taşkınların bir kısmı kontrol altına alınmıştır. Şubat 2010 da gerçekleşen taşkın felaketi de iyi bilinmektedir (Şekil 6).





Şekil 6. Aksu Ovası'nda taşkın görüntüleri

DSİ Aksu Taşkın Koruma Projesi bir çalışma hazırlamıştır. Proje kapsamında; Çayın taşkın debisi 500 yılda bir olabilecek yağışa göre 2.766 m³/s olarak hesaplanmıştır. Çayın kolları ile beraber ıslah edilecek toplam uzunluğu 69.34 km dir. Çayın denize kolaylıkla boşalabilmesi için mendirek yapılması da öngörülmektedir.

5. KIYI EROZYONU

Kıyı ovaları; akarsularla taşınan taneli malzemenin, dalga, akıntı, deniz seviyesi hareketleri gibi kıyı prosesleri ile kıyı bölgelerine yerleştirilmesi ile oluşan, deniz seviyesine yakın yükseltiye sahip düzlüklerdir. Her ne kadar deniz seviyesinin üzerinde kara parçaları olsalar da, sel, taşkın, kıyı erozyonu, sediman birikmesi, yeraltısuyu değişimleri gibi doğal proseslerin yoğun olarak etkisi altında kalan bölgelerdir. Kıyı bölgelerinde kentleşme söz konusu olduğunda bu doğal proseslerin kent yaşamına etkilerinin araştırılması ve çözümlerin üretilmesi mühendislik jeolojisinin konusu haline gelmektedir. Kıyı ovalarında kentleşme sırasında doğal dengeyi bozacak mühendislik faaliyetleri veya kent üzerine olumsuz etkileri önceden kestirilmeyen doğal prosesler nedeni ile can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Kıyı ovalarında doğal yapıya ve kent gelişimine olumsuz etkileri en düşük seviyede tutabilmek için mühendislik jeolojisi çalışmalarının yapılması ve planlamaların bu doğrultuda yürütülmesi gerekmektedir.

2000'li yıllarda Boğaçay Köprüsü doğu kesiminde kıyı erozyonu sorunları ortaya çıkmıştır. Yol ve kaldırımlarda ortaya çıkan hasarlar taş kaplama (anroşman) yapılarak geçici olarak çözülmüştür. 2004 kışında meydana gelen fırtına sonrasında Konyaaltı plajında plaja paralel Antalya-Kemer karayolunun deniz tarafı, kıyı duvarları ve anroşmanda plaj boyunca özellikle Gürsu sahili civarında hasarlar oluşmuştur. Bunun üzerine plajın yaklaşık 800 m lik kesimine dairesel yüzeyli kıyı duvarı inşa edilmiştir.

Kıyıdaki erozyonun büyüklüğünü araştırmak için Harita Umum Müdürlüğü tarafından 1934 tarihinde yapılan 1:25000 ölçekli topografik harita 2010 tarihli uydu görüntüleri ile karşılaştırılmıştır. Arazide dik yarlar ve kanyonlar bulunduğundan çıkarılma ve karşılaştırma işlemi güvenilir bir şekilde yapılabilmiştir. Şekil 7'de görüldüğü gibi limanın doğu kesiminde erozyon belirgin olarak görülürken (kırmızı bölgeler), limanın batısında birikme gözlenmektedir (sarı bölge). Bu değişim için Liman büyük mendireği önemli rol oynamıştır. Ancak kırmızı bölgenin sarı bölgeden fazla oluşu başka gerekçelerin de rol oynadığını ifade etmektedir. Bu gerekçe plajı besleyen sediman kaynağında ortaya çıkan

azalmazdır. Konyaaltı plajının ana sediman kaynağı Boğaçay'dır. Boğaçay'da uzun yıllar sürdürülen agrega alımı sediman kaynağını azaltarak kıyı dengesini olumsuz yönde değiştirmiştir. Şekil 8'deki kıyı çizgisi farklarından Boğaçay çıkış ağzı civarında 70 m, kıyı duvarı inşa edilmek zorunda kalınan Gürsu sahilinde ise 50 m ye ulaşan gerilemeler ölçülmüştür.



Şekil 7. 1934 ve 2010 yıllarına ait kıyı çizgilerinin karşılaştırması.

6. KİTLE HAREKETLERİ

Antalya imar alanı çoğunlukla düzlük alanlardan oluştuğundan yamaç duraysızlığı türü kitle hareketi beklenebilecek alanlar falezler ve iki büyük platoyu ayıran Kepez yamaçlarıdır. Kepez yamaçlarında günümüze kadar herhangi bir duraysızlık sorunu rapor edilmemiştir. Falezlerde ise değişik zaman aralıklarında, kaya düşmesi, şev kayması ve falez üstünde yarıklar açılması biçiminde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Eski Lara Yolu boyunca falezlerde erozyon izleri gözlenmektedir. Falez önündeki kaya blokları falez üzerinden koparak düşmüşlerdir. 1980' li yılların başında eski orduvi binasında, İskele Caddesi üzerinde ve Tophane Çay Bahçesi'nde çatlaklar ve yarılmalar gözlenmiştir. 1982 yılında Tophane Çay bahçesinin falezinden bir kaya parçası düşmüştür. Eski Lara Yolu'nun Bambus Plajı ile Dedeman Otelі arasında kalan bölümünde Aralık 2001' de derin yarıklar ve yol üzerinde deformasyonlar gözlenmiştir. Asfalt kaplama üzerinde 3 ayrı hat üzerinde yarıklar oluşmuştur. Yer yer genişliği 1 m' ye, derinliği 5 m' ye ulaşan yarıklar belirlenmiştir. 2002 yılında Karpuzkaldıran-Fener arasında iki adet büyük blok falezden koparak denize devrilmiştir. Şirinyalı koyunda meydana gelen yenilmelerde Kervansaray plaj tesislerinin denize inen merdivenlerinin alt kısmı tamamen yıkılmış, üst kısımlarda da merdivenlerin altındaki kaya tamamen yenildiğinden merdiven askıda kalmıştır. 2010 Şubat ayında Şirinyalı Koyu'nda yer kayması gerçekleşmiş ve falez yaklaşık 7 m gerilemiştir. Falezle paralel yol çizgisine kadar devam eden yarık nedeniyle çevredeki konutlarda yaşayan insanlar tedirgin olmuşlardır. Falezler boyunca irili ufaklı çok sayıda mağaranın bulunuyor olması da diğer bir olumsuzluktur (Dipova vd. 2008). Falezlerin duraylılık sorunları ve falezler üzerindeki kentleşmeye etkileri Antalya kentinin gündeminde önemli bir yer tutmaktadır. Günümüze değin bu konu ile ilgili bütçeli ve kapsamlı bir çalışma yapılmadığından, sorun karbonat kayada erime ve buna bağlı gelişen kaymalar olarak değerlendirilmiş, sınırlı olanaklarla yapılan çalışmalarda da duraysızlık mekanizmasının tam olarak ortaya çıkarılması ve mühendislik çözümlerinin üretilmesi mümkün olamamıştır. Dipova (2009) Antalya falezlerinde gözlenen duraysızlık sorunlarını, bunların gerekçelerini ve yenilme modlarını açıklamıştır. Antalya falezlerinde yaygın olarak gözlenen duraysızlık türleri; kaya düşmesi, sökülme ile gerileme, mağara çökmesi, zayıf çimentolu tanelerin yıkanması, düzlemsel kayma, ikincil devrilme ve

karmaşık yenilmelerdir. Büyük boyutlu yenilmeler, özellikle Kasım ve Aralık aylarındaki yüksek yağış dönemlerinde gerçekleşmiştir. Antalya merkezde 1200 mm dolayında olan yıllık ortalama yağışın %54 ü kış aylarında düşmektedir (Yılmaz, 2008). 2001 yılında ise, 1892 mm yağış ile 1969 yılındaki 1914 mm değerinin ardından son 100 yılın ikinci büyük yağışı kaydedilmiştir. Daha dikkat çekici olanı ise, bu yağışın 1390 mm sinin (yıllık toplamın % 74 ü) Kasım ve Aralık aylarında gerçekleşmiş olmasıdır (Dipova 2009).

Antalya için söz konusu olabilecek diğer bir kitle hareketi ise karstik yapılarda beklenebilir. Karst terimi yeraltısuyunun yüksek asitlik düzeyi sonucu kalsiyum karbonatın erimesi ile oluşan boşluklu yapıyı tanımlamak için kullanılır. Birçok çalışmada Antalya Tufası karstik olarak tanımlanmasına rağmen, belirlenen boşlukların bir bölümünde karst özelliği yerine birincil oluşum özellikleri belirlenmiştir. Erimenin hakim olduğu alanlarda baca şeklinde düşey erime boşlukları oluşmakta ve bunlar derinde mağara şeklinde geniş açıklıklarda birleşmektedir. Bu tür dolin gelişimi sonucu değişik boyutlarda çöküntü alanları ortaya çıkmaktadır. Antalya’da inşa edilen bazı temeller kayaya ulaşmadan kalıntı toprak üzerinde kalmaktadır. Bu tür temeller dolin çökmesi tehlikesi altındadır. Antalya’da bu mekanizma sonucu büyük boyutlu bir çökme rapor edilmemekle birlikte, binaların otopark bölümlerinde yüzey kaplaması altındaki toprağın akması sonucu, tüm yük ince beton kaplamaya bindiği için kaplamanın kırıldığı ve oluşan oyuya park etmiş araçların kaydığı tesbit edilmiştir. Tufa bünyesinde çeşitli boyutlarda birincil oluşum boşlukları (mağaralar) ve çağlayan tipi oluşum sonucu düşey perde şeklinde boşluklar bulunur. Kurna yapısı çökeliimin yanal gelişimi ya da çağlayan tipi oluşumda sarkıt perdelerinin arkasında boşluklar kalmaktadır. Devam eden çökelimle bu boşlukların üzeri kapanmakta ve jeolojik kayıt içinde birincil boşluk olarak kalmaktadır. Kurna yapısı ve çağlayan tipi çökelim tüm kütlelenin oluşumunun her aşamasında etkili olduğundan, yatayda ve düşeyde herhangi bir seviyede bu tür boşluklara rastlamak olasıdır. Masadağı üzerinde irili ufaklı çok sayıda çukur bulunmaktadır. Bu çukurluklar ilk bakışta mağara çöküntüsü olarak algılanmasına rağmen detaylı inceleme ile bunların öncelikli olarak birincil oluşuma bağlı olarak geliştiği, devam eden süreçte ise yüzeysel erime ile bugünkü şeklini aldığı görülmektedir. Çukurların tabanı terra-rossa ile kaplıdır. Kuşkusuz karstik mekanizma etkisi altındadırlar ve üzerine yapılacak imar çalışmalarından önce ayrıntılı çalışma gerekir. Buna ilave olarak nadir rastlanan bir doğal güzelliğe sahiptir ve bu açıdan da değerlendirilmelidir. Şekil 8a’da bölgeye ait eski tarihli bir topoğrafik harita görülmektedir. Harita üzerinde çukurluklar isimleri ile birlikte gösterilmektedir. Şekil 8b’de ise bölgenin uygu görüntüsü verilmekte ve bu görüntüde de çukurluklar görülebilmektedir. Şekil 8c’de ise bölgenin imar planı bulunmaktadır. İmar planında çukur alanlar üzerine imar adaları ve spor tesisi, okul gibi diğer yapılar yerleştirilmiştir. Hem riskin azaltılması hem de dünyaca ünlü jeolojik anıt niteliğindeki bu alanın korunabilmesi amaçları ile imar planının revize edilmesinde yarar görülmektedir.



A

B

C

Şekil 8. Masadağı üzerinde birincil oluşum ve karstik mekanizmaya bağlı gelişmiş çukurluklar, A) Topoğrafik harita, B) Uydu görüntüsü, C) İmar planı

7. KENT JEOLJİSİ

Antalya 90'lı yıllarda hızla artan yapı talebine paralel olarak, sınırsız kat ve yüksek emsal uygulamaları ile yüksek katlı yapılaşmaya maruz kalmış ve sonuçta 15 kata kadar inşaatlar yapılmıştır. İmar planı hazırlanırken jeoloji bilgilerinin mevcut olmadığı veya dikkate alınmadığı anlaşılmaktadır. Konyaaltı Belediyesi'nin kaya zeminlere sahip mahallelerinde en fazla 4 katlı yapılara izin verilirken, yumuşak kil kalınlığının en fazla olduğu bölümlerde 15 kata kadar yapıların bulunması bunun en önemli kanıtıdır. Özellikle ovanın orta kesimlerindeki yapı hasarları, yapıya uygun olmayan bir zemine temel mühendisliği çözümleri uygulanmaksızın inşaat yapılması sonucunda ortaya çıkmıştır.

Statik stabilite sorunlarına ek olarak yüksek katlı yapılaşma deprem riski açısından da sakıncalıdır. Bazı bölgelerde anakaya derinliğinin fazlalığı ve zeminin yumuşaklığı nedenleri ile deprem şiddeti kaya zeminlere göre daha fazla hissedilecektir. Yapılar inşa edilirken zemin iyileştirmesi veya kazık temel uygulaması yapılabilmektedir. Ancak bu tedbirler statik taşıma kapasitesinin artırılmasına dönük olarak projelendirilmekte ve büyük çoğunlukla da anakaya ulaşmadan yüzer vaziyette kalmaktadır. Bölgedeki yapılar için olası bir deprem durumunda hasar riski büyük olacaktır.

Taşkın riski imar alanlarını etkileyebilecek bir diğer doğal problemdir. Örneğin Boğaçay ovası için DSİ Antalya Şubesi tarafından yapılan hesaplara göre 1000 yıllık tekrarlanma aralığına (tekerrür) göre taşkın durumunda hemen hemen tüm imar alanının sular altında kalacağı rapor edilmiştir (DSİ, 1997). Ancak uygulamada 500 yıllık tekrarlanma aralığına göre debi alınarak Boğaçay yatak genişliği 260 m olarak belirlenmiştir. Bu durum Boğaçay Ovası'ndaki yerleşim alanları için taşkın riskinin bulunmakta olduğunu göstermektedir.

Kentsel gelişime paralel olarak ihtiyaçlar da artmaktadır. Antalya'ya yapılması düşünülen ikinci bir yat limanı için Boğaçay yatağı öngörülmektedir. Çay yatağının kazılarak derinleştirilmesi, denizin yatağa girmesinin sağlanması ve bu yolla bir yat limanı elde edilmesi düşünülmektedir. Bu proje için önemli sakıncalardan birisi yeraltı suyu kaynaklarının tuzlanması ve kirlenmesidir. Diğer bir sakınca ise Boğaçay'ın taşıdığı sedimanın sürekli olarak limanı dolduracağı ve işletme maliyeti ortaya çıkaracağıdır.

Biriken sedimanın taranarak çıkarılmasının maliyeti bir yana, Konyaaltı Plajı'nın sediman kaynağında azalma olacak ve kıyı erozyonu sorunu ortaya çıkacaktır.

8. SONUÇLAR

Antalya imar planına esas jeoloji raporu imar planından yıllar sonra yürürlüğe girmiştir ve çoğunlukla deprem tehlikesi öne çıkarılmıştır. Sık sık ortaya çıkan sel baskınları, sayısı yüzlerle ifade edilen duraysızlık sorunu yaşamış binaların varlığı Antalya'nın kendine özgü jeolojik yapısının göz önüne alınması için yeterli nedenlerdir. Mühendislik jeolojisi kriterleri değerlendirildiğinde; mevcut imar planının bazı sakıncalar içerdiği, yoğun yapılaşmanın büyük risk taşıdığı, imar planının jeolojik veriler ışığında revize edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Anlık yüksek yağış alan dik topoğrafyalı, dar kıyılı bir bölgede sel ve taşkın riski bulunmaktadır. Özellikle Boğaçayı ve Aksu ovaları taşkından etkilenmektedir.

Antalya il merkezi 2. derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır. Bazı bölgelerde zeminin yumuşaklığı nedeni ile olası bir depremin şiddeti kaya zeminlere göre daha fazla hissedilecektir. Antalya'da mevcut yapıların depreme karşı dayanıklılıklarının incelenmesine dönük bir çalışma başlatılmadan önce, zeminlerin depremsellik davranışları ile ilgili tüm bilgilerin bir mikro-bölgeleme çalışması halinde tamamlanmış olması gerekmektedir.

Yamaç duraysızlığı türü kitle hareketi beklenebilecek alanlar falezler ve iki büyük platoyu ayıran Kepez yamaçlarıdır. Falezlerde değişik zaman aralıklarında, kaya düşmesi, şev kayması ve falez üstünde yarıklar açılması biçiminde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Antalya için söz konusu olabilecek diğer bir kitle hareketi ise karstik yapılarda beklenebilir.

Afet yönetimi açısından zararları en aza indirmek için sorun disiplinler arası bir bakış açısı ile değerlendirilmelidir. Antalya için coğrafi bilgi sistemi tabanlı afet yönetimi ve planlaması gereklidir. Afet bilgi sisteminin ve afet yönetiminin arzu edilen hedeflere ulaşması ve etkin olarak kullanılabilmesi için tüm parametrelerin göz önünde bulundurulduğu, kentsel planla ilişkilendirildiği ve çevresel faktörlerin dikkate alındığı GIS tabanlı afet öncesi planlama büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] AİGM, 2006, Yerbilimsel Verilerin Planlamaya Entegrasyonu El Kitabı, Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Aralık 2006, Ankara.
- [2] Akay, E., Uysal, Ş., Poisson, A., Cravatte, J., ve Müller, C., 1985. Antalya Neojen Havzasının Stratigrafisi, T.J.K. Bülteni, Cilt 28 Sayı 2, s 105-121.
- [3] Blumenthal, M.M., 1963. Le systeme structural du Taurus sud Anatolies. Bull. Soc. Geol. Fr. In: Livre a Memoire de Professor P. Fallot. Mem. Soc. Geol. Fr. 1, 2, 611-662.
- [4] Dipova, N., Okudan, E.Ş., Uzunsakal, L., Cangir, B., Dağlı, E., Doğan, A., Antalya Tufa Falezlerinde Gözlenen Çentik ve Mağaraların Morfolojik Köken ve Biyolojik Açılımlarından İncelenmesi, (Akdeniz Üniversitesi, AFP 2008.01.0102.003) (2008).

- [5] Dipova N., 2009. Preliminary assessments on the modes of instability of the Antalya (SW-Turkey) coastal cliffs, *Environmental Earth Sciences*, 59-3, 547-560.
- [6] DSİ, 1997. Boğa Çayı Taşkın Raporu, DSİ 13. Antalya Bölge Müdürlüğü.
- [7] Duggan, P.M.T., 2011. Antalya'nın gizli tarihi, 2300 yıl içerisinde bölgede yaşanan depremlerin ve vebaların kronolojisi, Odin Yayıncılık, İstanbul.
- [8] Glover, C.P., Robertson, A.H.F., 1998a. Role of regional extension and uplift in the Plio-Pleistocene evolution of the Aksu Basin, SW Turkey, *Journal of Geological Society*, London, 155, 365-387.
- [9] Glover, C.P., Robertson, A.H.F., 1998b. Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey. *Tectonophysics*, 298:103–132.
- [10] Gökçe, O., Özden, S., Demir, A., 2008. Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve _statistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri, Bayındırlık ve _skan Bakanlığı Afet _sleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.
- [11] Öner, A., 1997. Teke yarımadası (Antalya) güneyinde kıyı-kenar çizgisi değişimleri, I. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları, Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı, Ankara.
- [12] Tan, O., Tapırdamaz, M.C., Yörük, A., 2008. The Earthquake Catalogues for Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 405–418.
- [13] Yağmurlu, F., Savaşın, Y. and Ergun, M., 1997. Relation of alkaline volcanism and active tectonism within the evolution of Isparta Angle, SW-Turkey: *The Journal of Geology*, 105, 717-728.
- [14] Yağmurlu, F. ve Şentürk, M., 2005. Güneybatı Anadolu'nun güncel tektonik yapısı. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 02-03 Haziran 2005, 55-61, İstanbul.
- [15] Yılmaz, F.K., 2008. Antalya'nın günlük yağış özellikleri ve şiddetli yağışların doğal afetler üzerine etkisi, *Sosyal Bilimler Dergisi*, 10-1, 19-65.

ALTYAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM PERFORMANSI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Nazile URAL¹ ve Cenk KARAKURT¹

¹Bilecik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 11210, Bilecik
nazile.ural@bilecik.edu.tr, cenk.karakurt@bilecik.edu.tr

ÖZET

Altyapı sistemleri, şehir yaşamının vazgeçilmez ihtiyaçları arasındadır. İçme suyu, atıksu, petrol, doğalgaz, elektrik ve iletişimin sağlanması için kullanılan gömülü boru hatları, şehir yaşamının sürdürülebilmesi için vazgeçilmez mühendislik yapılarıdır. Özellikle ülkemizde depremlerden sonra yaşamın devam edebilmesi için altyapı sistemlerinin kesintisiz olarak çalışmasının gerekliliği görülmüştür. Bu nedenle, gömülü boruların özellikle deprem bölgelerindeki inşası, malzemenin seçimi ve işçiliğin çok iyi olması gerekmektedir.

Özellikle su ve atık suların uzaklaştırılmasında kullanılan beton borularda hasarlara sık rastlanılmıştır. Betonun gevrek bir malzeme olması ve gelen ani dinamik yükler altında gösterdiği davranışı çelik ve polimer malzemelere göre daha kısıtlıdır. Betonun bu olumsuzluklarının önüne geçilmesi için tokluğunun ve sünekliğinin artırılması gerekir. Bu açıdan bakıldığında beton boru üretiminde çelik lif ve lastik agregası kullanımı gibi yöntemler değerlendirilmelidir.

Zeminin değişim gösterdiği yerlerde, sıvılaşma bölgelerinde ve problemli zeminlerde gömülü boru hatlarının deprem davranışına göre tasarlanması ve inşa edilmesi veya yerleştirilmesi gerekmektedir. Literatüre baktığımızda gömülü boru hatlarının hasar durumu ve depremdeki olası davranışlarının yeterince araştırılmadığı görülmektedir. Bu çalışmada, depremde hasar gören ve hizmetini gerçekleştiremeyen altyapı sistemleri ve beton boruların iyileştirilmesi hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Zemin; Deprem; Altyapı iletim hatları; Borular

1. GİRİŞ

İnsanoğlu daha konforlu bir hayat sürmek için su, elektrik, gaz vb ihtiyaçları altyapı sistemleriyle yaşadıkları mekânlara getirmişlerdir. Bunun yanında, bir ülkenin özellikle

ekonomik büyüme ve kalkınması açısından önemli olduğu kabul edilen temel hizmetlerden birisi de altyapı hizmetleridir.

Deprem, yer altı iletim hatlarına verdiği etkileri sıralamak istersek, depremde endüstriyel yapıların yıkılması, boru hatlarının kırılması veya çatlaması sonucu ortaya çıkan tehlikeli maddelerin yanması, çevreye yayılması, insan yaşamını ve ekolojik yapıyı önemli ölçüde etkilemekte, su iletim hattı depremden hemen sonra lokal vanalar vasıtasıyla otomatik olarak su kesilmemesi durumunda kırılan veya kopan borudan sızan sular enkaz altında kalan canlıların boğulma tehlikesi geçirmesine ve yapı taşıyıcı elemanlarının su etkisiyle gevşeyerek daha hızlı bir şekilde yıkılmasına yol açtığını, su iletim hattında meydana gelen hasarın suyun kesilmesine yol açtığını ve bunun sonucunda bölgede su sıkıntısının çekildiği, sağlıklı ve kirli su kullanılması sonucu salgın hastalık tehlikesinin baş gösterdiğini, su şebekesinin kırılan noktalarından içeri kirli suların sızması sonucu toplum sağlığını tehlikeye düşürdüğünü, atıksu toplama sisteminin zarar görmesi durumunda kirli suların çevreye rastgele yayıldığını, salgın hastalıkların baş gösterdiğini, depremden sonra su temini ve kanalizasyon sistemlerinin kullanılamaması sonucunda su temininde ve atıksu uzaklaştırmada sorunlarla karşılaşıldığını, su temini ve atıksu uzaklaştırma sorununa kısa sürede çözüm bulunamaması durumunda felaketin getirdiği yükün daha da ağırlaştığını ve can kaybının arttığı söylenebilmektedir [1].

Yeraltında buluna iletim hatları projeleri için statik ve dinamik etkilerin belirlenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, enerji (doğalgaz, petrol, vb.) ve ihtiyaç (su, kanalizasyon, vb.) gereksinimlerini karşılamak için imalatı yapılan yeraltı boru hatlarının emniyeti söz konusu olmaktadır. Depremlerde, yeraltı iletim hatlarındaki borular zeminin dinamik davranışına göre tepki verirler. Bu çalışmada, genellikle yerel yönetimlerin kontrolü altında gerçekleştirilen su ve atık suların uzaklaştırılmasında kullanılan parçalı boru hattı olarak inşa edilen beton boruların depremdeki davranışları irdelenmiştir.

2. LİTERATÜR

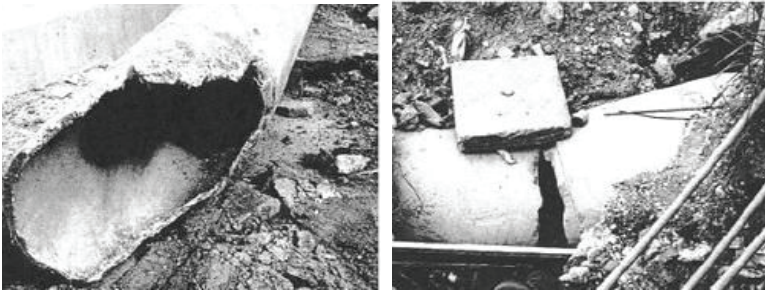
Boru hatları ne amaçla kullanılırsa kullanılsın, deprem hasarlarına dayanım gösterecek şekilde dizayn edilip inşa edilmelidir. Boru hatları, zeminin hareketlerinden etkilenmesinin yanında birde deprem sırasındaki dinamik etkiden dolayı hasar görmektedirler. Son yıllarda yeraltı iletim hatlarındaki boruların deprem etkisi altında davranışları geçmiş depremlerdeki gözlemler ile anlaşılır hale gelmiştir. Dünyada özellikle depremde altyapı hasarlarının önemi 1906 San Francisco depreminde yangına müdahale edilememesiyle anlaşılmıştır (Şekil1.(a)) [2]. 1971 San Fernando depreminde ise elektrik, su, yıkılma tehlikesi atlatan bir baraj, doğalgaz dağıtım şebekesi hasar görmüştür. Bu tarihten sonra altyapının depremdeki davranışı önem kazansa da 17 Ekim 1989 Loma Prieta ve 17 Ocak 1994 Northridge Kaliforniya Depremlerinde daha az da olsa altyapı hasarları meydana gelmiştir. 1964'de Anchorage, Alaska'da deprem sebebiyle su iletim boru hatlarında 100 civarında kopma, yer kaymaları ve yer çatlakları sebebiyle boru hatlarında hasarlar olmuştur. 1971'de San Fernando depreminde, çeşitli boru sistemlerinde 1400 kopma gözlemlenirken, şehir geçici olarak su, gaz ve kanalizasyon hizmeti alamamıştır. Doğu ve batı sahilleri boyunca sivilaşmadan doğan yanal yayılmalar sebebiyle su, gaz ve petrol iletim hatlarında hasarlar gözlenmiştir. 1987 Ekvator Depremi Trans-Ekvator boru hattını tahrir etmiştir [3]. 1993 Hokkaido-Nansei-Okı Depreminde boru bağlantı noktalarında açılmalar ve yukarıya çıkan borular görülmüştür (Şekil 1.(b)) [4].

1995 Kobe depreminde özellikle deprem sonrasında kalıcı deformasyonlar gözlenmiştir. Yapılan araştırmalar da eski borular ve birleşim noktaları, daha sünek ve esnek olan yeni borulara kıyasla daha çok zarar görmüştür. Türkiye’de ise 1999 Kocaeli Depreminde altyapılar oldukça etkilenmiştir (Şekil 2.). Fay kırığının her iki tarafında, 20km’lik genişlikteki bölgelerde yer alan gömülü borularda, su ve atık su iletim hatlarında oldukça ağır hasarın oluştuğu görülmüştür.

Yer altı iletim hatlarında kullanılan borular, beton, font, çelik dökme demir, font, cam takviyeli, plastik ve PVC borular hala kullanılmaktadır. Yer altı boru hatlarının projelendirilmesinde zemin özellikleri ve boru malzemesinin rijit veya esnekliği oldukça önemlidir. Malzeme özelliklerine göre her borunun deformasyon sınırları vardır. Boruların deformasyonlarını en aza indirmek için boruların en uygun şekilde zemin özelliğine göre seçilecek yerleştirme yöntemiyle yerleştirilmesi ve bu aşamada boru rijitliği, hendek derinliği, zeminin özelliklerinin göz önüne alınması çok önemlidir.



Şekil 1. (a).1906 San Francisco depremi sonrası yangın görüntüsü
(b).1993 Hokkaido-Nansei-Oki depreminde boru hatlarındaki hasarlar



Şekil 2. 17 Ağustos Kocaeli depreminde oluşan boru hasarları

Anlaşıldığı üzere, su ve atık su iletim hatları, büyük bir alana yayılmış olması bakımından, Türkiye gibi deprem kuşağında olan bir ülkede, yeraltı iletim hatlarının güvenliğinin çok iyi hesaplanması gerekmektedir. Bu iletim hatlarının deprem sırasında ve sonrasında hizmet edebilmesi çok önemlidir.

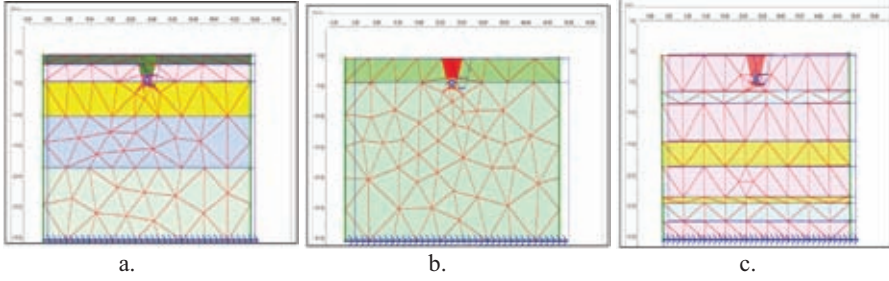
3. İLETİM HATLARINA ZEMİNİN ETKİSİ

Yer altı iletim hatlarında zemin hareketleri karşılaşılabilecek problemlerin başında gelir. Dolayısıyla, bu hatlar tasarlanırken zemin basıncına ve yüklerine karşı esneyebilen ve eğilebilen dayanıklı malzemelere ihtiyaç vardır. Yeraltı iletim hattını oluşturan boruların zemin hareketlerinden kaynaklanan hasarlarında; boru cinsi, boru çapı, ek türleri, zemin korozyonu ve boru yaşı gibi faktörler önemli rol oynamaktadır.

Türkiye özellikle son yıllarda yerel yönetimlerinde altyapı ağlarının yapımına ağırlık vermesi sebebiyle şehirlerimizin çoğun sokaklarında altyapı çalışmalarının görüldüğü bir ülke durumundadır. Deprem bölgesinde olması bakımından da yapılan her kazı ve dolgu çalışması zemin ile ilgili bir problemin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Herhangi bir doğal afet sonrası genellikle bu zemine gömülen iletim hatları etkilenir, özellikle deprem sebebiyle hasar gören su iletim hatlarının zarar görmesinden dolayı insanların su ihtiyacı doğmakta, atık su iletim hatlarının hasar görmesinden dolayı ise bulaşıcı hastalıkların yayılması söz konusu olmaktadır.

Boru hatlarında, depremden dolayı iki tip zemin deformasyonundan bahsedilmektedir. Birincisi, geçici zemin deformasyonları, deprem dalgalarının geçişi esnasında zeminin dinamik tepkisi, ikincisi ise kalıcı zemin deformasyonları, deprem sonrasında zeminde oluşan ve geri dönmeyen son yer değiştirmelerdir. Her iki zemin deformasyonun değerlerinin rölatif büyüklükleri hangisinin boru hattının üzerinde etkisinin hakim olduğunu belirler. Geçisi zemin deformasyonları boru hattı üzerinde daha küçük uzama oranlarına ve deformasyonlara sebep olur. Bununla birlikte geçici zemin deformasyonlarının etkilediği alan kalıcı zemin deformasyonlarının etkilediği alandan çok daha büyüktür. Bu sebeple korozyon nedenli malzemenin zayıfladığı boru hatlarında geçici zemin deformasyonu oldukça yaygın etki gösterebilir. Kalıcı zemin deformasyonu ise daha yerel bölgede gerçekleşir ancak çok büyük hasarlara sebep olmaktadır [1].

Gümüş, 2009 çalışmasında, deprem sonrası farklı zeminlerde yer alan farklı boru malzemesinden yapılmış hatların performanslarını incelemiştir. Çalışmada deprem bölgelerinde inşa edilecek yer altı hatlarındaki boruların projelendirilmesinde, depremde hasar oluşup oluşmayacağını öngörmek ve gerektiği takdirde önlem almak için zemin problemleri için geliştirilen sonlu elemanlar yazılımlarıyla analizlerin yapılmasının faydalı olacağı belirtilmiştir. Sonlu elemanlar analizi sonucunda, söz konusu zayıf zemin koşullarında imal edilen ve rijit malzemedan oluşan yer altı hatlarındaki borunun büyük miktarda yer değiştirme yapacağı ve büyük orandaki yer değiştirmeler sebebiyle boru hattı bağlantı noktalarında ayrılma, oturmaya bağlı olarak kırılma ve çatlama olması beklenebileceği, deprem bölgelerinde depreme dayanıklı boru hatları projelendirilirken sağlam zeminlerin tercih edilmesi gerektiği ve deprem bölgelerinde projelendirme yapılırken rijit boruların yerine esnek boruların daha fazla tercih edilmesi gerektiği önerilmektedir. Şekil 3.'de betonarme borunun 3 farklı zeminde gösterdiği deformasyon davranışı görülmektedir. Şekil 3.a.'da dinamik yük sonrası zeminde oluşan toplam yer değiştirme 0.24 m, Şekil 3.b.'de dinamik yük sonrası zeminde oluşan toplam yer değiştirme 0.115 m ve Şekil 3.c.'de ise dinamik yük sonrası zeminde oluşan toplam yer değiştirme 0.374 m. olarak görülmektedir [5].



Şekil 3. 3 farklı zemine yerleştirilen betonarme boruların deformasyon davranışları

4. İLETİM AĞLARINDA KULLANILACAK BORULARIN MALZEME SEÇİMİ

Hayati önem taşıyan bu iletim boru hatlarının proje, malzeme seçimi ve döşemesi depremler hesaba katılarak yapılmalıdır. Esnek conta birleşmeleri, boruların depremde hareketini en aza indirerek olumsuz etkiyi azaltır. İletim ağlarında kullanılan, malzemelerin özellikleri çok önemlidir. Boru cinsi ne olursa olsun, toprak altı boru hatlarında mekanik dış etkenler, toprak hareketleri, korozif ortam, hatalı boru birleştirmeleri gibi nedenlerle çeşitli hasarlar oluşmaktadır. Düşey yükler altında ovalleşme, noktasal yüklere direngenlik, akışkan safiyetinin korunması gibi zamana yayılmış özellikler de önem taşımaktadır. Özellikle deprem hareketlerine ve ağır/hafif trafik yüklerine direnç hayati önem taşımaktadır.

Boru hatlarının yapıldığı malzeme ve boruların ekleniş şekli deprem esnasındaki performanslarını etkilemektedir. En genel manasıyla boru hatları sünek ve kırılğan olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Su dağıtım sistemlerinde günümüze kadar kullanılan en yaygın boru malzemeleri:

- Metaller: Çelik, düktil demir, dökme demir (font)
- Plastikler: PVC ve polietilen (PE), cam elyaf takviyeli polietilen (CTP)
- Betonlar: Betonarme ve asbestli çimento (AÇB) borulardır.

Beton, üretiminin kolaylığı, istenilen şeklin verilebilmesi ve maliyetinin düşük olması nedeniyle altyapı elemanlarında yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir. Hem prefabrike hem de yerinde döküm yöntemleri kullanılarak çeşitli beton altyapı elemanları üretilebilmektedir. Ayrıca yerinde tamir işlerinin kolaylığı nedeniyle de altyapı elemanlarında beton kullanımı tercih nedeni olmaktadır. Ancak betonun boşluklu yapısı ve gevrek kırılma davranışı nedeniyle ağır hizmet koşulları altında bazı kalıcılık sorunlarıyla karşılaşılabilir. Bunların üstesinden gelebilmek için beton teknolojisi sürekli arayış içerisinde olmuştur [6]. Anma çapı 500 mm ve daha üstündeki betonarme boru üretimi özellikle işçilik açısından zordur. Bu borulardaki donatının eğilmesi birleşim noktalarına kaynak yapılması, donatının yerleştirilmesi gibi işlemler oldukça zordur ve çok zaman alarak işçilik maliyetlerini artırır [7]. Buna karşın lifli beton kullanılarak üretilecek beton altyapı elemanları daha ince cidarlı ve donatsız olarak paslanmaz çelik ya da polipropilen lif kullanılarak üretildikleri takdirde bu olumsuzluklar söz konusu olmayacaktır.

SONUÇLAR

Depremlerde genellikle yer altı iletim hatlarındaki boruların, üst yapı inşaatlarından daha dayanıklı olduğu düşünülmektedir. Fakat son yıllardaki depremler göstermiştir ki, özellikle zemin koşullarındaki değişimlerin gözlemlendiği yerlerde, sıvılaşma olasılığı olan zeminlerde, boru hatlarının bağlantı yerlerinde, büyük zemin hareketlerinin meydana geldiği fay hatlarında büyük ölçekte hasarlar gözlenmiştir. Bu nedenle özellikle iletim hattındaki malzemenin debisine göre veya borulara gelen yüke göre hesap yapmanın dışında boruların yerleştirildiği zemin ortamının göz önüne alınarak projelendirme yapılması gerekmektedir. Boru malzemesi seçiminde gevrek malzemeler yerine tokluğu yüksek olan sünek malzemelerin tercih edilmesi, deprem etkisiyle borulara etki edecek olan dinamik yüklerin sönmülenmesinde etkili olacaktır. Bu amaçla en yaygın altyapı iletim sistemi malzemesi olan beton elemanlarda lifli malzemelerin kullanımı betonun sünekliğini artıracığı için tercih edilmelidir. Ayrıca boru sistemlerinin ek yerlerinde dinamik deprem hareketleri nedeniyle herhangi bir ayrılmanın yada hasarın oluşmaması için bu noktalarda elastik sızdırmaz elemanlardan yararlanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] http://www.akated.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=61&lang=tr
- [2] A.M.Richie, 2003, Managing infrastructure problems that arise from earthquakes, Materials selection & Design, vol. 42, no:4, pp. 48-51
- [3] <http://www.teknikgundem.com/Yazar/Adil-Yigit/Deprem-ve-boru-hatlari.php>
- [4] Y.Mohri, M. Yasunaka ve S.Tani, 1995, Damage To Buried Pipeline Due To Liquefaction Induced Performance At The Ground By The Hokkaido-Oki Earthquake In 1993, in Earthquake Geotechnical Engineering, ed. K. Ishihara, Balkema, Rotterdam, vol. 1, 31-36.
- [5] M.Gümüş, 2009, Farklı zeminlerdeki boruların dinamik yükler altındaki davranışı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 149 sayfa.
- [6] İ.B. Topçu, C. Karakurt, 2005, Kentsel Altyapılarda Reaktif Pudra Betonlarının Kullanımı, 4. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Eskişehir, 365-373.
- [7] İ. B. Topçu ve A. R. Boğa, 2005, Prefabrik Beton Borularda Çelik Liflerin Kullanımı, Beton Prefabrikasyon, Yıl 18, Sayı. 73, 13-20.

DEPREM SONRASINDA HASAR GÖRMÜŞ veya GÖRMESİ MUHTEMEL BETONARME KÖPRÜ REHABİLİTASYONU İÇİN ÖNERİLER

H.Murat TANARSLAN

Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., İzmir – murat.tanarslan@deu.edu.tr

ÖZET

Dünyada yıkıcı deprem aktivitelerinin en çok görüldüğü bölgelerden biri olan Türkiye’de, son otuz yılda yeterli deprem güvenliği olmayan çok sayıda betonarme bina hasar görmüş veya yıkılmıştır. Bu depremlerde sadece betonarme yapılar değil kentsel altyapı ve ulaşım hatları da ağır hasar görmüştür. Yedek ulaşım hatlarının bazı önemli bölgeler için mevcut olmaması kentlerde deprem afeti sonrasında acil ulaşımın sağlanması engellemektedir. Özellikle afetten sonra yardım çalışmalarının bir an önce başlayabilmesi mevcut yolların kullanılabilirliği ile mümkündür. Yardım çalışmalarının zorunlu olduğu güzergâh üzerinde depremde hasar görmüş bir köprünün bulunması ulaşımın yanında acil yardımların iletilmesini de engelleyeceği için kaçınılması gereken önemli bir durumdur. Bu nedenle hasar görmüş veya görme olasılığı olan köprülerin rehabilitasyonu son derece önemlidir. Bu çalışmada depremde hasar görme olasılığı olan ya da hasar görmüş betonarme köprülerin rehabilitasyonu için önerilerde bulunmaktadır. Ayrıca betonarme köprü üst yapı elemanları için güçlendirme tekniklerinden bahsedilecektir.

Anahtar kelimeler: Rehabilitasyon, Güçlendirme, Betonarme köprü.

1. GİRİŞ

Ulaşım, ülkeler arası ticarete ve ülkelerin ekonomisinde toplumsal ve kültürel anlamda çok geniş etki alanlarına sahiptir. Bir ülkenin ulaşım sistemi; karayolları, demiryolları, deniz ve havayollarının tümünü kapsar. Deniz ve havayolları için en kritik yapılar deniz ve hava limanları iken kara yolları ve demiryolları için ise köprüler ve viyadükler en kritik yapılardır.

Ülke ekonomisine malların taşınmasıyla yardımcı olan kara ve demir yolları, afetten sonrada deprem bölgesine yardım ulaşmasında, yaralıların ve insanların hastanelere veya daha emin bölgelere taşınmasında son derece önemli yer tutmaktadır. Afetten nedeniyle ulaşım sistemindeki meydana gelebilecek aksaklık bu bölgeye her türlü yardım ve

kurtarma çalışmasının ulaşmasını engelleyecektir. İşte bu nedenle ulaşım sistemlerinin afet sonrasında işlerliğini sağlamak için deprem nedeniyle meydana gelebilecek hasarların deprem öncesinde belirlenmesi son derece önemlidir [1].

Ülkemizde Cumhuriyet dönemiyle birlikte yoğun olarak yapımına başlanan karayolu ve demiryolu köprülerinin önemli bir kısmı üretim devirlerinin gereği konvansiyonel betonarme kirişlidirler. Bu köprülerin taşıma kapasiteleri de üretildiği yıllarda öngörülen trafik yük ve tekrarlarını güvenle taşıyabilecek şekildedir. Diğer yandan, zaman içerisinde dingil ağırlıklarının hızla artması (örnek olarak son on yılda H20-S16 katar yükünün H30-S24 olması) ve köprüler üzerinde oluşan trafik geçiş frekansının artması bu köprülerin servis ömürlerine güvenle devam edip edemeyecekleri sorusunu gündeme getirmektedir. Genelinde artan trafik yük ve tekrarlarının yanında hızla gelişen sanayinin ve yüksek kapasiteli çekicilerin, özellikle deniz yoluyla gelen ağır yükleri bu köprülerden geçirmesi de betonarme köprü kirişlerinin güçlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Mevcut köprü ve viyadüklerin deprem kuvvetlerini temel zeminine kadar sürekli ve emniyetli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olmaları gerekmektedir [2]. Ancak betonarme köprü ve viyadüklerin mevcut durumları dikkate alındığında tasarım depremi oluşması halinde bile nihai durumlarının nasıl olacağı açıkça değerlendirilmemektedir. Bu nedenle deprem riski altındaki köprü ve viyadüklerin durum ve davranışlarının acil olarak iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada depremde hasar görme olasılığı olan ya da hasar görmüş betonarme köprülerin rehabilitasyonu için önerilerde bulunmaktadır. Ayrıca betonarme köprü üst yapı elemanları için güçlendirme tekniklerinden bahsedilecektir.

2. KÖPRÜ ve VİYADÜKLERİN İNCELEMESİ

Köprülerde dış tesirler nedeniyle oluşan hasarların onarılarak en az eski performansına erişmesi durumda güçlendirme gereksinimi duyulmaz. Köprünün eski performansına ulaşması onarım ile sağlanamayabilir. Böyle bir durumda köprü veya viyadüğün güçlendirilmesi gerekmektedir. Güçlendirme kararı verilirken köprü ve viyadükler için ön değerlendirme gerçekleştirilmelidir. Ön değerlendirmede köprü ve viyadüğün yapısal yeterlilik ve güvenliği, servis ve fonksiyonel eskimesi ve kamu kullanımı için gerekliliği değerlendirilmelidir. Bu değerlendirme kriterleri içerisinde köprü ve viyadüğün yapısal yeterlilik ve güvenliği en önemlisi olup, güçlendirme gereksinimine bu kriter dikkate alınarak karar verilmektedir.

Köprünün mevcut durumuna köprü tabliyesi, üstyapı elemanları ve altyapı bileşenlerinin fiziksel durumunun değerlendirilmesiyle başlanır. Bu değerlendirme sırasında akustik ses dalgası ile kontrol, elektriksel metotlar, elektromanyetik metotlar, kızılötesi ışınlar metodu, dalga hızı metodu ve ultrasonik testler gibi yapısal bozucu olmayan kontrol yöntemleri kullanılabilir. Elde edilen veriler deneysel ve analitik yaklaşımlarla eş zamanlı olarak incelenerek, değerlendirilmelidir. Böylece lokal veya nominal olarak bozulma veya yıpranmış tüm yapı bileşenlerinin genel durumu hakkında detaylı değerlendirme sağlanmış olacaktır. En uygun güçlendirme yöntemi, yöntemin uygulanabilirliği ve maliyeti değerlendirildikten sonra teknik ve ekonomik optimizasyon sonucu seçilmelidir. Buna göre ülkemizdeki betonarme köprülerde güçlendirme gereksinimi duyulacak elemanlar,

- a) Üst yapı elemanları (ana kirişler, enleme kirişleri, tabliye)
- b) Mesnet bantları, oturma boyları, mesnetler, deprem takozları
- c) Kolonlar ve başlık kirişleri
- d) Temellerdir.

Ayrıca heyelan veya zemin sıvılaşma riski olan bölgede bulunan köprüler için özel tedbirler alınmalıdır. Gerçekleştirilen inceleme sonucunda elde edilen veriler dikkate alınarak güçlendirme projeleri hazırlanmalıdır.

3. GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Gerçekleştirilecek güçlendirme yöntemine karar verilirken betonarme köprüde bulunan mevcut çatlakların cinsi ve boyutu öncelikle incelenmelidir. Köprü kirişi çekme bölgesinde gözlenen 2 mm'den daha geniş çatlaklar, boyuna donatının akma dayanımına ulaşmakta olduğunu veya aktığını belirtmektedir. Basınç bölgesinde gözlenen kırılma ve ezilmeler ise betonun güvenli bir şekilde taşıyabileceği basınç dayanımından daha büyük gerilmelere maruz kaldığını göstermektedir.

Mevcut çatlakların eğilme veya kesme çatlakları olması güçlendirme yönteminin belirlenmesi açısından önemlidir. Eğilme çatlaklarına, köprü kiriş açıklıklarının ortası veya mütemadi köprü kirişlerinin mesnet üstü bölgesinde ve kirişin üst kısımlarında rastlanılır. Kesme çatlaklarına ise mesnet bölgesine yakın açıklıklarda rastlanılır. Bu çatlaklar kirişin mesnede yakın alt bölgesinden kiriş ortasına yaklaşık 45° açı ile uzanırlar. Çatlakların cinsi kadar boyutları da son derece önemlidir. Betonarme köprülerde kılcal, dar, orta ve geniş olarak adlandırılan çatlaklardan kılcal çatlaklar betonarme köprüler için normal sayılırken, öngermeli elemanlarda çatlak genişliği ne olursa olsun çatlakın bulunması yapısal bir hasarın habercisidir. Bu nedenle çatlakların genişliklerinin, yerlerinin, boylarının ve açılarının tam kaydı tutulmalı ve belirlenecek güçlendirme yöntemine belli bir süre gözlem yapıldıktan sonra karar verilmelidir.

Köprü güçlendirilmesinde başlıca tercih edilen yöntemler betonarme mantolama, çelik plakalarla mantolama, karbon fiber donatılı polimerlerle (CFRP) ile mantolama, öngörme verme yöntemi ve sismik izolasyon yöntemleridir. Bu yöntemlerin birbirlerine göre çeşitli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Buna göre öngörme verme yöntemi uygulama için özel aparat üretimine ihtiyaç duyar ve bazı köprü cinsleri için uygulama güçlüğü vardır. Ayrıca dikdörtgen kesitli kolon uygulamasında geometriden kaynaklanan problemler uygulamanın etkisini azaltır. Çelik plakalarla mantolama yöntemi, başlangıç maliyetinin yanında çeliğin ağırlığı nedeniyle uygulama zorluğu ve uygulamadan sonra yüksek bakım maliyeti ile karşı karşıyadır. Sismik izolasyon yöntemi pahalı bir yöntem olmasının yanında yapıda uygulama sırasında köprünün trafiğe uzun süreli kapatılması gerektirmektedir. Betonarme mantolama yöntemi ise köprü güçlendirilmesinde çok fazla tercih edilmemektedir. Bu teknikler arasında CFRP kompozitlerle güçlendirme, tekniğin uygulama kolaylığı, malzemenin korozyona karşı dayanıklılığı, düşük ağırlığı, kimyasal etkilere dayanıklılığı ve düşük bakım maliyeti nedeni ile son yıllarda betonarme köprü güçlendirilmesinde de tercih edilmektedir[3].

4. CFRP KOMPOZİTLER İLE GÜÇLENDİRME

CFRP kompozitlerle güçlendirme tekniği kirişlerde, a) eğilme dayanımının artırılması, b) kesme dayanımının artırılmasına yöneliktir. Ayrıca CFRP kompozitler betonarme köprü kolonlarının kesme ve eğilme dayanımlarının artırılması ve köprü döşemelerin güçlendirilmesinde detaylı bir şekilde deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca yöntemin öngermeli betonarme köprülerin eğilme ve kesme yetersizliklerini gidermedeki başarısı da değerlendirilmiştir.

4.1. Kirişlerde Kesme Dayanımının Arttırılması

Betonarme köprülerin kullanım amacının değişmesi ve trafiğin artması ile köprü kirişlerinde kesme çatlakları gözlemlenir. Çatlak genişliklerinin artarak köprünün güvenli ulaşım sağlayamaz hale gelmesini, ayrıca deprem kuvvetleri nedeniyle göçmesini engellemek için köprü kirişlerinin kesme dayanımı arttırılmalıdır. Bunun için CFRP kompozitler şerit veya levha şeklinde kirişin yan yüzlerine veya U şerit şeklinde betonarme köprü kirişlerine uygulanır (Şekil 1).



Şekil 1. CFRP kompozit kullanılarak kesme dayanımının arttırılması uygulamaları

Kesme dayanımı yetersiz betonarme kirişlerin kesme dayanımı arttırılmasına yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda CFRP kompozit uygulamasının başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. CFRP kompozitler kesme dayanımı yetersiz betonarme elemanların

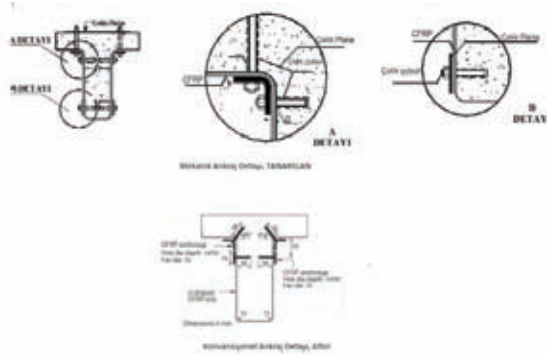
dayanımını referans elemanına göre 1,49-2,36 kat aralığında değişen oranlarda artırabilmektedir. Ayrıca başlangıç rijitliğinde de referans elemanına göre 1,07-1,31 kat aralığında değişen oranlarda artış sağlayabilmektedirler [2].

CFRP kompozit uygulamaları ile elde edilecek katkının belirlenmesinde ACI-440 komite raporunda [4] sunulan bağıntının kullanılması önerilmektedir. Çeşitli düzeltme katsayılarına sahip bağıntı özellikle CFRP yan yüz uygulamaları ile elde edilen katkıyı tahmin etmekte, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte [5] önerilen bağıntıya göre daha başarılı sonuçlar vermektedir [6]. Bağıntı ile elde edilen CFRP kompozitlerin kesme dayanımına katkısının, çatlamamış betonun katkısına eklenmesiyle köprü kirişlerinin kesme dayanımları elde edilmektedir. ACI-440 komite raporunda CFRP şeritlerin kesme dayanımına katkısı

$$V_f = \frac{2 \cdot n \cdot t_f \cdot w_f \cdot f_{fc} (\sin \beta + \cos \beta) \cdot d_f}{s_f} \quad (1)$$

ifadesi ile bulunmaktadır. Burada V_f , CFRP şeritlerin kesme dayanımına katkısı; β , CFRP şeritlerin yatay eksenle yaptığı açı; d_f , Etkili CFRP şerit uzunluğu; s_f , CFRP şeritlerin, eksenden eksene aralıkları; f_{fc} , CFRP'deki etkili gerilme; n , CFRP sargı sayısı; t_f , CFRP şeritlerin kalınlığı; w_f , CFRP şerit genişliğidir.

CFRP levhaların uç bölgelerinden soyulmasını engellemek için mekanik veya konvansiyonel ankraj uygulanabilir.



Şekil 2. Ankraj detayları

Her iki ankraj uygulaması da CFRP kompozitlerin beton yüzeyinden ayrılmasıyla gerçekleşen göçmenin engellenmesinde başarılı sonuçlar vermediği gerçekleştirilen deneyler sonucunda görülmektedir. Her iki ankraj uygulamasının da birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmasına rağmen tercih proje mühendisinin seçimine bağlıdır. Şekil 2'de Tanarşlan'ın önerdiği mekanik ankraj detayı [7] ve Altın'ın önerdiği konvansiyonel ankraj detayı [8] görülebilir.

4.2. Kirişlerde Eğilme Dayanımının Arttırılması

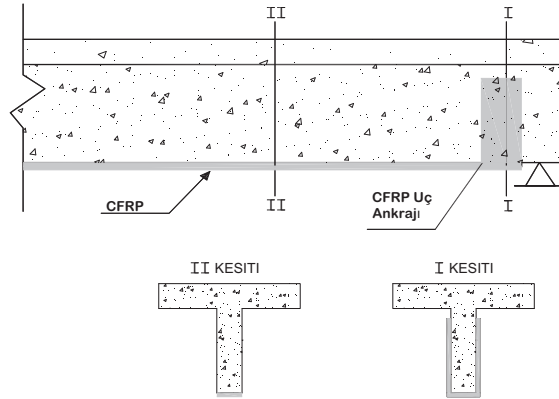
Eğilme dayanımı yetersiz betonarme köprü kirişlerin eğilme dayanımlarını arttırılmasında da CFRP kompozitler kullanılmaktadır. Artan yükler altında betonarme köprü kirişinin

güvenli olarak taşıyacağı nihai eğilme kapasitesini bulabilmek için ACI-440 komite raporunda [4] sunulan bağıntının kullanılması önerilmektedir.

$$M_n = A_s f_s \left(d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + \psi_{frp} A_f E_f \epsilon_{fe} \left(h - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + A'_s f'_s \left(\frac{\beta_1 c}{2} - d' \right) \quad (2)$$

A_s , çekme gerilmesine maruz çeliğin enkesit alanı; f_s , nihai durumdaki çekme çubuğundaki gerilme; d , faydalı yükseklik; $\beta_1 c$, dikdörtgen gerilme blok derinliğinin tarafsız eksen derinliğine oranı; ψ_{frp} , FRP'nin indirgeme faktörü; A_f , CFRP'nin enkesit alanı; A'_s , Basınç gerilmesine maruz çeliğin enkesit alanı; f'_s , Nihai durumdaki basınç çubuğundaki gerilme; E_f , CFRP'nin elastisite modülü; ϵ_{fe} , CFRP levhanın etkili tasarım şekil değiştirmesi; h , kiriş yüksekliği; d' , CFRP'den çekme ve basınç çubuk merkezlerine olan derinliği göstermektedir.

Denklemden bulunan A_f parametresi yardımıyla eğilme kapasite artışını sağlamak için gerekli olan CFRP katman sayısına karar verilir. Karar verilen CFRP katman sayısına göre CFRP kompozitler eğilme bölgesine uygulanır (Şekil.3). CFRP kumaşın yüzeyden soyulmasını engellemek için CFRP kumaşın uç bölgelerine ankraj uygulanmalıdır. CFRP kompozitlerin uç bölgesinden soyulmayı engellemek için çeşitli ankraj uygulamaları önerilmektedir. CFRP kompozitlerin uç bölgesine U şeklinde uygulanan konvansiyonel CFRP şerit uygulamasının özellikle betonarme köprü kirişlerinde başarılı sonuçlar verdiği gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda görülmektedir (Şekil.3).



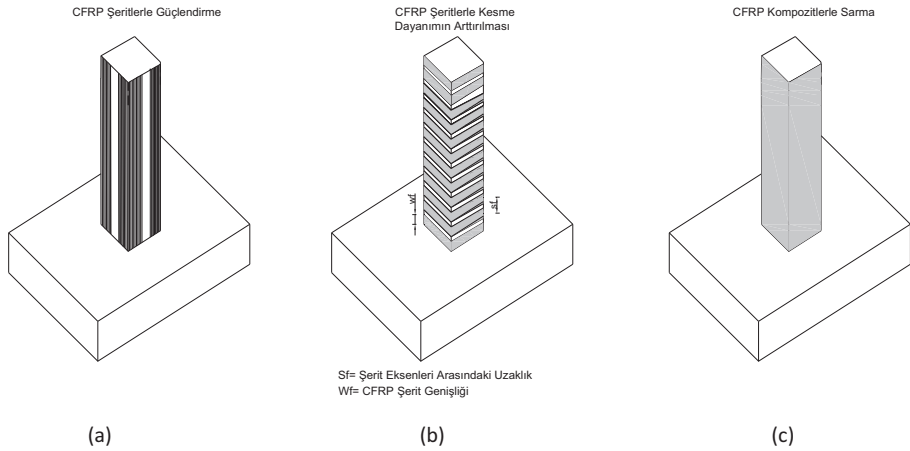
Şekil 3. Eğilme bölgesinde CFRP uygulaması

Ard-germeli CFRP kompozit uygulaması eğilme dayanımı yetersiz bütün betonarme kirişler için alternatif bir güçlendirme yöntemidir. Yük ve frekans artışı ile karşılaşılan betonarme köprü kirişlerinin güçlendirilmesi ve servis ömürlerinin uzatılmasında ard-germeli lifli polimer uygulamasının bahis konusu her iki durumda da etkin olduğu gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda görülmüştür.. Şöyle ki: ard-germe kuvveti ile oluşan yeni kuvvet çifti sayesinde hem daha fazla moment taşınabilecek, hem de aynı yük seviyesinde kesit momentinin lifli polimer ve çelik eğilme donatısı arasındaki paylaşımı çelik eğilme donatısı lehine değişeceğinden trafik frekans artışı kaynaklı donatı

yorulmalarının da önüne geçilebilecektir. Ayrıca CFRP kompozitlerin aktif olarak yük taşıyabilmeleri için belirli bir gerilme düzeyine ulaşmalarını sağlayacak deformasyonlara maruz kalmaları gerekmektedir. Bu gerçekleşinceye kadar üst yapıda çeşitli hasarların gerçekleşmesi gerekmektedir. Ard-germeli CFRP kompozit uygulamasında ise belli bir gerilme düzeyine ulaşmış olarak yapıştırılan CFRP kompozit kendisine aktarılan her türlü gerilmeyi aktif olarak taşımakta, meydana gelebilecek hasarları oluşmaya başladığı anda önleyebilmektedir.

4.3. Diğer Üst Yapı Elemanlarında CFRP Uygulamaları

Betonarme köprü kolonu ve viyadük ayakları korozyon nedeniyle en çok bozulmaya maruz kalan köprü elemanlarıdır. Kabuk betonun dağılmasından sonra boyuna donatı, enine donatı ve betonda deformasyonlar meydana gelmektedir. Betonarme köprü kolonu ve viyadük ayaklarının eski dayanımına veya artan bir dayanıma ulaştırmada CFRP kompozit uygulaması son derece başarılıdır. Boyuna donatı yetersizliğine sahip elemanlarda, boyuna donatı doğrultusunda uygulanan CFRP ile betonarme köprü kolonu ve viyadük ayaklarında istenilen dayanım artışı sağlanabilir (Şekil 4-a). Kesme dayanımı yetersiz Betonarme köprü kolonu ve viyadük ayaklarında CFRP kompozitler kesme donatısı yönünde uygulanmalıdır (Şekil 4-b). CFRP uygulaması ayrıca betonu tamamen sararak dağılmasını engellemekte böylece beton basınç dayanımı artmasa bile beton kabuk betonu daha büyük yükler değerlerinde dağılmaktadır. Böylece kolonların eksenel yük taşıma kapasitelerinde de artış sağlanabilmektedir (Şekil 4-c). Betonarme köprü kolonu ve viyadük ayakları uygulamalarında iki önemli noktaya dikkat edilmelidir. Öncelikle CFRP kompozitlerin uç bölgelerinde mekanik veya konvansiyonel ankraj uygulanmalı, böylece beton yüzeyinden CFRP'nin soyulması engellenmelidir. Ayrıca kolon köşeleri yuvarlatılarak CFRP kompozitler uygulanmalıdır. Aksi bir durumda köşelerde CFRP kompozitlerin artan yükler altında yırtılacağı unutulmamalıdır.



Şekil 4. Betonarme köprü kolonu ve viyadük ayakları

Betonarme köprü ve viyadük kolon ve kiriş birleşim noktalarındaki yetersizlikleri gidermeye yönelik CFRP kompozit uygulaması ile yeterli dayanım artışı sağlanmakta, düğüm noktasında meydana gelen kırılma engellenmektedir. Ayrıca düğüm noktasına

uygulanan CFRP kompozit ile düğüm noktasında gelişen çatlakların boy uzaması durdurulmakta, yeni çatlak gelişimleri de engellenmektedir. Bu nedenle bu CFRP kompozit uygulamaları düğüm noktası yetersizliklerinde son derece başarılı sonuçlar vermektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Kolon kiriş birleşim bölgesinde CFRP uygulaması [9]

Ülkemizde yeni üretilmeyen karayolu ve demiryolu köprülerinin taşıma kapasiteleri üretildiği yıllarda öngörülen trafik yük ve tekrarlarını güvenle taşıyabilecek şekildedir. Artan trafik geçiş frekansları ve yükler nedeniyle bu köprülerde çatlaklar genellikle köprü döşemelerinde gözlenmektedir. Kalan servis ömürlerini güvenle devam etmeleri için köprü döşemelerinde meydana gelen eğilme çatlaklarının genişliğinin artmasını engellemek ve yeni çatlakların oluşmasını engellemek için CFRP kompozitler kullanılmalıdır (Şekil 6). Böylece artan yükler altında donatı yetersizlikleri nedeniyle meydana gelen çatlakları ve çatlakların büyümesiyle oluşacak kırılmayı önlemek mümkün olacaktır. Gerçekleştirilen deneylerde CFRP kompozitlerin köprü döşemelerine katkısı değerlendirilmiştir. Bu uygulama ile mevcut çatlak genişliklerinin korunduğu, ilerlemenin durdurulduğu ve yeni çatlak oluşumlarının da engellendiği görülmüştür. Kolay uygulanan ve önemli dayanım artışı sağlanan bu yöntemin eğilme dayanımı yetersiz köprü döşemelerinde uygulanması önerilmektedir



Şekil 6. Köprü Döşemesinde CFRP uygulaması[10]

Betonarme köprü kirişleri ve betonarme köprü döşemeleri CFRP kompozit yerine CFRP çubuk kullanılarak da güçlendirilebilir. CFRP kompozit uygulamasının en önemli dezavantajı CFRP kompozitlerin beton yüzeyinden soyulmasıyla gerçekleşen göçmedir.

Bu göçme nedeniyle CFRP kompozitlerden beklenen katkı sağlanamamaktadır. Çubuk haline getirilmiş CFRP'nin beton yüzeyinde açılan yivlere gömülmesi ile yüzeyden soyulma ile gerçekleşen göçmenin engellendiği gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda görülmektedir [10]. Bu yöntem eğilme ve kesme dayanımı yetersiz elemanların dayanımlarının artırılmasında başarılı sonuçlar vermektedir (Şekil 7). CFRP çubukların katkısını değerlendirmek için gerçekleştirilen kiriş deneylerinde CFRP çubuklarla güçlendirilmiş deney elemanlarının kesme dayanımı, referans elemanına göre 1,57-2,12 kat aralığında değişen oranlarda artmıştır [11]. Ayrıca güçlendirilen elemanların sünekliğinde de 1,13-1,53 kat aralığında değişen oranlarda artış sağlandığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar CFRP çubukların betonarme köprü kirişlerin dayanımlarını arttırmak için etkin bir yöntem olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Dıştan CFRP çubuk uygulaması

5. SONUÇ

Afetten sonrada deprem bölgesine yardım ulaşmasında, yaralıların ve insanların hastanelere veya daha emin bölgelere taşınması için karayolları son derece önemlidir. Bu nedenle afetten sonra ulaşım sisteminde meydana gelebilecek aksaklığı önlemek ulaşım sistemlerinin afet sonrasında işlerliğini sağlamak için deprem sonrasında meydana gelebilecek hasarların deprem öncesinde belirlenmesi, gerekli görülen iyileştirmelerin deprem öncesinde gerçekleştirilmesi, deprem zararlarını en aza indirmek açısından son derece önemlidir. Köprü güçlendirilmesinde betonarme mantolama, çelik plakalarla mantolama, karbon fiber donatılı polimerlerle (CFRP) ile mantolama, öngerme verme yöntemi ve sismik izolasyon yöntemleridir. Bu teknikler arasında dıştan CFRP yapıştırılarak güçlendirme, tekniğin uygulama kolaylığı, uygulandığı elemanın geometrik boyutlarını değiştirmemesi, malzemenin korozyona karşı dayanıklılığı, hafif olması, kimyasal etkilere dayanıklılığı ve düşük bakım maliyeti nedeni ile son yıllarda betonarme köprü güçlendirilmesinde de tercih edilmektedir. Bu yöntem düzgün uygulandığında hasarlı köprülerin istenilen dayanıma ulaştırılması ve deprem sırasında hasarların engellenmesine katkı sağlayacağından son derece önemlidir. Bu nedenle güçlendirme kararı ve uygulama prosedürü detaylı bir şekilde yetkin kişiler tarafından değerlendirilmeli, uygulama düzgün ve doğru yapılmalıdır. Aksi bir durumda elde edilmek istenilen katkının sağlanamama olasılığı yüksektir.

KAYNAKLAR

- [1] Hollaway, L, C, Leeming, M.B., Structural Design - Strengthening of Reinforced Concrete Structures, Woodhead Publishing Ltd, 1999, ISBN: 1855733781
- [2] H, M., Tanarslan, CFRP Şeritlerle Kesmeye Karşı Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin Tekrarlı Yükler Altında Davranışı, D.E.U Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (2008).
- [3] H, M., Tanarslan, S. Altin. Behavior of RC T-Section Beams Strengthened with CFRP Strips, Subjected to Cyclic Load, Materials And Structures, 2010, 43: 529–542
- [4] ACI Committee 440 (1996). State-of-The-Art Report on Fiber Reinforced Plastic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures. American Concrete Institute, Detroit, Michigan, 68 .
- [5] Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik (2007). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [6] Tanarslan, H, M., Comparison of Shear Design Methods for RC Beams Strengthened with CFRP Strips, ACE 2008 International Conference, Famagusta, N. Cyprus, September 15-17, 2008
- [7] Tanarslan, H, M., Altin, S., Ertutar, Y., The Effects of CFRP Strips for Improving Shear Capacity of RC Beams, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2008, Vol. 27, No. 12, 1287-1308
- [8] Altin, S., Anil, O, Koprman, Y, Mertoglu, C, Kara, M,E., Improving Shear Capacity and Ductility of Shear-deficient RC Beams Using CFRP Strips, Journal of Reinforced Plastics and Composites, DOI: 10.1177/0731684410363182
- [9] Tyfo Fibrwrap Systems for Transportation Infrastructure Bridges, Airports, Product Manual, <http://www.fyfeco.com/brochures/TransporationInfrastructureBrochure041609.pdf>
- [10] Nanni, A, Fiber Reinforced Polymer Composites for Infrastructure Strengthening - from Research to Practice, <http://utc.mst.edu/documents/P-22.pdf>
- [11] Tanarslan, H,M,. The Effects of NSM CFRP Reinforcements for Improving the Shear Capacity of RC Beams, Construction and Building Materials, 2011, Volume 25, Issue 5, 2663-2673

ANTALYA'DA KULLANILAN BAZI YAPI MALZEMELERİNİN RADYASYON SOĞURMA ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

I. AKKURT¹, C.BAŞYİĞİT², B. MAVİ¹, K. GÜNOĞLU¹, A. AKKAŞ², E. UYAR²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edeb. Fak. Fizik Böl., Isparta, Türkiye

²Süleyman Demirel University, Teknik Eğitim Fak, Yapı Böl, Isparta, Turkey

ÖZET

Canlıların büyük bir zamanını harcadıkları bina yapımında kullanılan malzemelerin seçiminde birçok parametre yanında bu malzemelerin günümüzde daha da önem kazanan radyasyona karşı olan duyarlılığının tespiti de önemlidir. Özellikle teknolojik gelişmelere bağlı olarak radyasyondan korunma en önemli metod olan zırhlama da yapı malzemeleri içerisinde kullanılan materyallere bağlı olarak radyasyon soğurma özelliği değişecektir. Bu çalışmada, Antalya'da kullanılan bazı yapı malzemelerinin gamma ışınlarını soğurma özellikleri NaI(Tl) dedektörlü gama spektroskopi sistemi ile ölçülerek sonuçlar tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yapı malzemeleri, gamma ışını, radyasyon zırhlaması, NaI(Tl)

1. GİRİŞ

Hızla gelişen teknoloji ile birlikte insan sağlığını tehdit eden pek çok faktör de ortaya çıkmıştır. Bunlardan birisi de radyasyondur. Canlıların radyasyona maruz kalmaları insanlığın başlangıcından beri devam etmektedir [1]. Yeryüzünün derinliklerinde bulunan doğal radyoaktif çekirdeklerin bozunmasından meydana gelen radyasyon, günlük doğal fon radyasyonuna katkı sağlamaktadır. Bunlar genellikle yeryüzü kaynaklı maddelerde (taş, toprak, kaya vb.) belli oranda bulunurlar [2]. Bu nedenle tüm canlılar hiç farkında olmadan radyasyon ile sürekli olarak, bir arada yaşamakta ve ondan etkilenmektedir. Radyasyonun doğurabileceği tehlikeler herkes tarafından bilinmektedir. Ancak bütün bu kötü etkilerine rağmen özellikle tıpta kanser tedavisinde ve bazı biyolojik sorunların çözülmesinde de büyük faydalar sağlamaktadır. Hayatımızdan radyasyon riskini atamayacağımız için, radyasyon tehlikesini en aza indirecek korunma önlemleri almamız gerekmektedir [3]. Hem doğal hem de yapay yollarla oluşan radyasyonlar değişik türde olabildiği gibi etkileri de değişiktir. Radyasyon zırhlamasında tasarımın bünyesini oluşturacak yapı malzemelerinin seçimi, zırhlanacak radyoaktif materyalin yayımladığı radyasyonun türüne

göre farklılık gösterir [4]. Bu çalışmada Antalya bölgesinde bulunan farklı türdeki yapıların (tuğla, mermer, agrega) radyasyon soğurma özellikleri incelenecektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Yapı Malzemeleri ve Sınıflandırılması

Yapı malzemesi; kendi özellikleri oranında insanın yaşamı için gerekli, fiziksel ortamı ve yapının sonraki çağlara devrini sağlayarak yapıyı oluşturan çeşitli elemanlardır [5]. Günümüzde yapı kuruluşuna tek bir malzeme yerine malzeme topluluğu şeklindeki bir bileşimin girmesi ile mimar, yapı fiziği, ekonomik faktörler, standartlaşma ve estetik değerler açısından, malzeme seçim ve kararlarında önemli sorunlar ile karşılaşmaktadır [6]. Yapı maliyetinin yaklaşık %60'ını yapı malzemesi oluşturmakta öte yandan yapı fiziği sorunları olan mekanik deformasyonlar, ısı, ses, su, yangın, korozyon, radyasyon ve çeşitli çevresel etkiler karşısında malzeme seçiminde yeterince düşünülmeden alınan kararlar ortaya çıkan üretim ve uygulama hataları sonucu yitirilen yapı ömrü de maliyet artışının bir nedeni olmaktadır. Malzemelerin tüm etkilere karşı farklı tepkiler göstermesi farklı içyapıya sahip olmasından kaynaklanır [7]. Bu çalışmada incelenecek olan malzemeler:

Tuğla; kum içeren killi toprakların su ile iyice karıştırılarak hamur haline getirildikten sonra kalıplanıp, özel fırınlarda pişirilmesiyle elde edilen yapı malzemesidir [8]. Tuğla uygun toprakların bol olması, bu malzemenin ucuz ve kolay üretilmesine olanak vermesi nedeniyle kentlerde olduğu gibi kırsal alanlarda tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılmakta ve üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde hayvan barınakları, tarımsal ürün depoları gibi yapılar genellikle tek katlı ve prefabrik yapı malzemeleri ile yapılmaktadır. Bunlar içerisinde önemli yeri bulunan tuğlalar, yaygın olarak kullanılan yapı malzemeleridir [9].

Mermer; yüksek sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma (metamorfizma) uğramış kalkerdir. Endüstriyel manada ise kolayca cilalanan ve kolayca parlayan taşlara mermer denilmektedir [10]. Mermer, eski çağlardan beri önemli bir yapı ve süsleme malzemesi olarak kullanılmıştır. Yeterince sağlam olması, cazip renk ve desenler göstermesi, kullanışlı olması gibi nedenlerden dolayı mermer, yapı ve süsleme malzemesi olarak kullanılmaktadır [11].

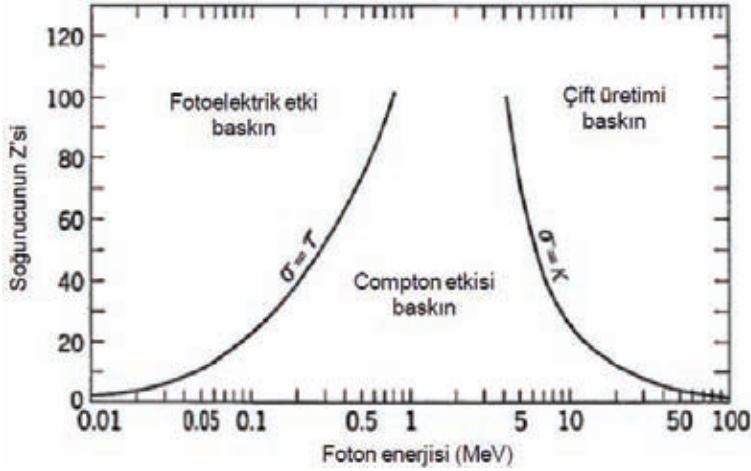
2.2. Radyasyon Tutuculuk Özelliklerinin Tespiti

Radyasyon, iç dönüşüm geçiren atomlar tarafından yayımlanan, boşlukta ve madde içerisinde hareket edebilen enerji olarak tanımlanır. Yayımlayan kaynağın özelliğine bağlı olarak bu enerji parçacıklar veya elektromanyetik dalgalar tarafından taşınabilir. Radyasyonu tanımlamada üç ana parametre kullanılır.

- Enerjisi (düşük ve yüksek enerjili radyasyon)
- Türü(parçacık radyasyonu ve elektromanyetik radyasyon)
- Kaynağı (doğal ve yapay radyasyon kaynakları)

Yüksek enerjili radyasyon iyonize radyasyon olarak da tanımlanır ve atomdan elektron koparabilen dolayısıyla atomu iyonize edebilen radyasyon türüdür. Doğrudan iyonlayıcı ve

dolaylı iyonlayıcı radyasyonlar olarak ikiye ayrılır. Doğrudan iyonlayıcı radyasyonlar, alfa, beta ve ağır iyonlar gibi elektrik yüklü tanecikler, dolaylı iyonlayıcı radyasyonlar ise X ve gama ışını yani elektromagnetik radyasyonlarla nötronlardan oluşur. Dolaylı iyonlayıcı radyasyonlar, madde ile etkileşirken iyonlayıcı özellikleri olan ikincil radyasyonlar meydana getirirler. Böylece iyonlaşma meydana gelir. Son yıllardaki teknoloji alanındaki hızlı gelişime paralel olarak sanayi, tıp, nükleer reaktörler gibi nükleer teknolojilerin kullanıldığı alanlardaki uygulamalar göz önüne alındığında ortaya çıkması olası olan bu fotonların zırhlanmasının (shielding) çok önemli olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Fotonun madde ile etkileşmesinin foton enerjisine ve Z sayısına bağlı olarak değişimi

Foton radyasyonunun etkisinin azaltılması için kullanılacak materyalin seçimini yapmak için bu malzemenin birçok özelliğinin incelenmesi gerekir. Bunun için bir fotonun madde tarafından absorbe edilmesinin bir ölçüsü olarak maddelerin doğrusal zayıflatma katsayılarına (μ) bakılır. Doğrusal zayıflatma katsayısı μ bir fotonun birim uzunluk başına herhangi bir etkileşim geçirme olasılığını verir ve denklem (1)'de verildiği gibi hesaplanır, fotoelektrik zayıflatma (τ), Compton saçılması (σ) ve çift oluşumu (κ) olasılıklarının toplamıdır.

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa \quad (1)$$

Buradaki tüm büyüklükler (uzunluk) $^{-1}$ boyutundadır [12]. Radyoaktif bir kaynaktan çıkan γ -ışınlarının x kalınlığındaki bir maddeden geçerken soğurulma olasılıkları γ -ışınının madde ile olan etkileşim olasılıkları toplamına eşittir. Fotonlar, içinden geçtikleri ortamın (maddenin) atomları ile rastgele yaptıkları karşılıklı etkileşimler sonucunda ortama enerji bırakarak absorblanabileceği gibi saçılıma da uğrayabilirler. Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşiminde rol oynayan en önemli üç olay;

- Fotoelektrik Olay
- Compton Saçılımı
- Çift oluşumu Olaylarıdır.

Fotoelektrik olay da Foton madde etkileşip enerjisini tamamen kaybederek maddeden bir elektron sökülmesine sebep olur. Sökülen elektrona da fotoelektron denir. Foton madde tarafından saçılmaya uğratılıp saçılan foton yanında elektron sökülebilir ki bu olaya da Compton saçılması denir. Ayrıca bir foton enerjisini tamamen kaybederek elektron-pozitron çifti oluşmasına sebep olur ki buda çift oluşum olarak bilinir. Fotoelektrik olay düşük enerjili ($E\gamma < 0,5$ MeV) fotonlar için önemli durumda iken orta enerji bölgesinde ($0,5$ MeV $< E\gamma < 5$ MeV) Compton saçılması etkin hale gelmektedir. Foton enerjisi arttıkça ($E\gamma > 5$ MeV) çift oluşum daha etkili bir duruma gelmektedir. Bunun yanında fotoelektrik zayıflatma olasılığı soğurucu atomun Z sayısı ile hızla artarken foton enerjisi ile hızla azalmaktadır. Düşük Z sayılı atomlarda compton saçılması daha etkili görülmektedir [13]. Maddelerin radyasyona karşı zırhlanmalarının bir ölçüsü olan zayıflatma katsayısı (μ) gerek teorik gerekse deneysel olarak birçok malzeme için araştırılmalıdır.

2. 3. Deneysel Yöntem

Bazı yapı malzemelerinin radyasyon soğurma özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Gamma Spektroskopi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada her ikisinin de aktivitesi 1 μ Ci olan ^{137}Cs (662 keV) ve ^{60}Co (1172 ve 1332 keV) radyoaktif kaynakları kullanılmıştır. Sistem, Canberra marka 3"x3" NaI(Tl) detektörden, güç kaynağı ve ön yükselteç biriminden ve veri analiz yazılımından oluşmaktadır (Şekil 2).

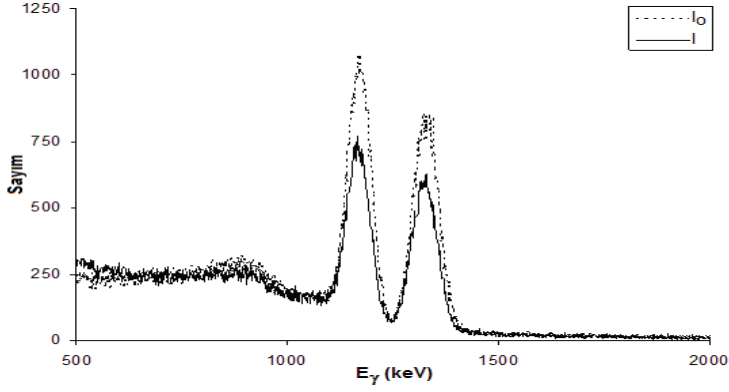


Şekil 2. Gama Spektroskopi Sistemi

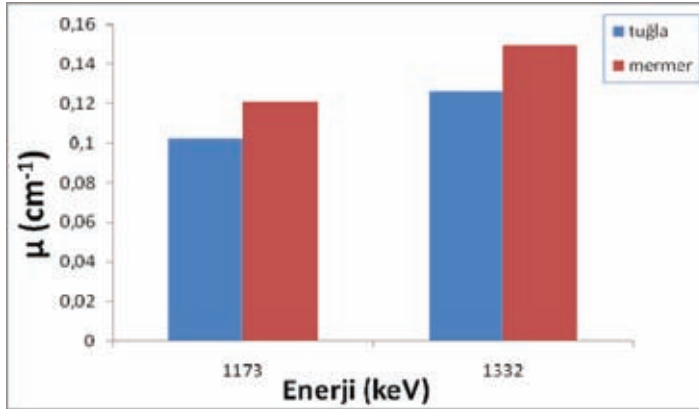
Doğrusal zayıflatma katsayıları Beer-Lambert yasasına göre,

$$\mu = \frac{1}{x} \ln \frac{I_0}{I} \quad (2)$$

Denklemden hesaplanmıştır. Burada x cm cinsinden örnek kalınlığını, I ve I_0 kaynak ve detektör arasında örnek varken ve yokken kaydedilen ve değerleri Genie2K yazılımından hesaplanan pik alanlarını göstermektedir. Şekil 3 de, ^{60}Co kaynağı ile detektör arasında örnek varken ve yokken elde edilen gama ışını spektrumları, Şekil 4. de ise, bu spektrumların altındaki alanlardan yararlanılarak hesaplanan soğurma katsayıları görülmektedir.



Şekil 3. ^{60}Co kaynağı ile detektör arasında örnek varken ve yokken elde edilen gama ışını spektrumları



Şekil 4. Mermer ve Tuğla örneklerinin Zayıflatma katsayılarının enerjiye göre grafiği
Bu şekilden görüldüğü gibi mermer örneklerinden elde edilen soğurma katsayısı tuğlaya göre her iki enerji için yüksektir. Bu da mermerlerin tuğlaya göre daha iyi bir radyasyon zırhlayıcı olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] TAEK. Nükleer Enerji, 1999. Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Bilgiler- Haberler Sayı 57. İstanbul.
- [2] B. Mavi, 2010. Isparta'daki Bazı Yapı Malzemelerinde Doğal Radyoaktivite Tayini. Süleyman Demirel Üniv.Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi
- [3] S. Kâhya, 1985. Yüksek Aktiviteli Bir Nokta Gama Kaynağının Zırhlama Problemleri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [4] M.F. Kaplan 1989. Concrete Radiation Shielding, John Wiley& Sons, Newyork.
- [5] M.A. Saraylı, 1978. Yapı Malzemeleri Bilimi, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- [6] M. Eriç, 2002. Yapı Fiziği ve Malzemesi. Literatür Yayınları, 376s. İstanbul.
- [7] K. Onaran, 1993. Malzeme Bilimi Bilim Teknik Yayınevi, Eskişehir.
- [8] O. Tekinel, Çevik, B., Tekinsoy, M. A., 1989. İnşaat Malzeme Bilgisi. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Ders Kitabı, No:103, Adana, 134s.
- [9] M. Akman, 1990. Yapı Malzemeleri. İstanbul Teknik Üniv. İnşaat Fak. Matbaası, Sayı 1408, İstanbul, 162s.
- [10] L. Yener, 2003. Mermer ve Doğal Taş Madencilliğimizin Gelişme Dinamikleri ve Perspektifleri. Maden Mühendisleri Odası İzmir Mermer Fuarı, Söyleşi (04.04.2003). İzmir.
- [11] F. Bayram, S. Kulaksız, Y., A. Özçelik. 2003. Critical Apporoach To Usage of Diamond Segmented Frame Saws. 18 Internation Mining Congress & Exhibition of Turkey-IMCET 2003, Antalya, pp. 565-570.
- [12] Bashter I.I., 1997. Calculation of radiation attenuation coefficients for shielding concretes Ann. Nucl. Energy 24,1389
- [13] Akkurt, B. Mavi, A. Akkurt, C. Başyigit, Ş. Kılınçarslan, H.A., Yalım, 2005. Study on Z dependence of partial and total mass attenuation coefficients. Journal of Quantative Spectroscopy and Radiative Transfer
- [14] A. Kaçar, 2006. Yapılarda Radyasyon Kalkanı Olarak Kullanılan Barit Agregalı Ağır Beton Elemanların Zırh Kalınlık Hesaplarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

This image shows a full page of blank, lined paper. It features approximately 28 horizontal blue or grey lines spaced evenly apart, typical of notebook paper. The lines extend across the entire width of the page, leaving small margins at the top and bottom. There are no vertical lines, text, or other markings on the page.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

DÜZENLEYEN KURULUŞ



TÜRK MÜHENDİS ve MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
ANTALYA ŞUBESİ

DESTEKLEYEN KURULUŞLAR



TÜBİTAK



AKDENİZ
ÜNİVERSİTESİ



ANTALYA
BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ



ANTALYA TİCARET VE SANAYİ ODASI



ÇANKAYA
ÜNİVERSİTESİ

ANA SPONSORLAR



KUZU
GRUP



ÜST SPONSORLAR



BÜYÜKLÜK BİRTEMLERİ HİZMETLERİ



ASANSÖR MALZEMELERİ PAZ. LTD. ŞTİ.



ARCHITECTS & ENGINEERS



SPONSORLAR



her şey
paradigmanız
gibi



STRATEJİK YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş.



MÜHENDİSLİK VE
MÜŞAVİRLİK A.Ş.

*Kuruluş logoları alfabetik sıraya göre yerleştirilmiştir.

ISBN: 978-605-01-0173-7

www.imoantalya.org.tr