

V. OTURUM



KIYI BÖLGELERİNDEKİ TAŞKINLARIN CBS YARDIMI İLE ANALİZİ

A. İlker Ulusoy
İTÜ İnşaat Fak.
İstanbul, Türkiye

Bülent Rudvan
İTÜ İnşaat Fak.
İstanbul, Türkiye

Dursun Z. Şeker
İTÜ İnşaat Fak.
İstanbul, Türkiye

Sedat Kabdaşlı
İTÜ İnşaat Fak.
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Doğal felaketlerin bir çoğu önceden tahmin edilmeleri çok güç olan ve çeşitli nedenlerden dolayı can ve mal kaybına sebep olan oluşumlardır. Tsunamiler ve baraj yıkılmalarıyla oluşabilecek felaketler kıyı bölgeleri veya kıyıya yakın bölgelerdeki iki büyük doğal tehlike olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür felaketlerin belirlenmesi için geliştirilen bir çok yöntemin yanında son zamanlarda coğrafi bilgi sistemleri (CBS) de olayın olası etkilerinin yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Sözü edilen her iki doğal felaketin sonrasında da olası su taşkınları söz konusudur. Bu taşkınların büyüklüğü ve etkilerini belirlemede CBS ler temel elemanlar olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada kaynakları farklı iki felakete örnek olarak yapılan çalışmalardan Alibeyköy barajının yıkılması ve tsunami etkisiyle İstanbul'un Anadolu yakasında (Kadıköy) karşılaşılabilecek durum ve Alibeyköy barajının yıkılması durumunda olası taşkın Haliç'e kadar olan ilerleyişi ve etkileri irdelenmiştir.

GİRİŞ

Bu çalışmada iki farklı felaket ele alınarak irdelenmiş ve sonuçları sunulmuştur. İlk uygulamada, içme ve sulama suyundan elektrik üretimine kadar bir çok amaca hizmet eden barajların yıkılmaları halinde açabileceği çok ciddi boyutlardaki felaketler irdelenmiştir. Bugüne kadar inşa edilen barajların çoğu toprak dolgu barajlardır. Bunların yıkılma mekanizmaları beklenmedik ölçüde büyük giriş akımları, yetersiz temel, farklı oturma, toprak kaymaları, depremler, yetersiz projelendirme gibi bir çok etkiden biri veya birkaçı olabilir. Geçmişte yaşanan tecrübeler toprak barajların baraj gövdesinde yarık oluşuktan sonra baraj gölünün boşalması için geçen sürenin 15 dakika ile 5 saat arasında değiştiğini göstermektedir.

Bu uygulamada toprak dolgu barajlarda yarık oluşumu, bazı sayısal modeller yardımıyla benzeştirilmiştir. Ayrıca baraj yıkılmaları ile ilgili analizler sonucunda elde edilen verilerin baraj bölgesi için sel haritasının çıkartılması ve erken uyarı sistemi kurulması çalışmalarında nasıl kullanılabileceğini çalışmada ele alınmıştır. Bu iki uygulama, CBS teknolojisinin bu amaçlardaki uygulamalar, analizler ve analizlerin oldukça görsel bir biçimde sunulması için yeterli ve gerekli bir araç olduğunu göstermiştir.

Tsunami; deprem, heyelan, volkanik hareketler gibi sebeplerle deniz tabanında meydana gelen düşey hareketlerin, deniz yüzeyinde bir süreksizlik yaratması ile oluşur. Rüzgar dalgalarından farklı olarak su kütlesi tsunami üzerinde taşınır. Tüm dalgalar gibi tsunamiler de kıyıya yaklaştıkça, dikleşir ve yıkıcı gücü artar. 15 Haziran 1896 tarihinde, Japonya'da 21000 kişinin ölümüne sebep olan "Büyük Meiji Tsunamisi" nin ardından "Tsunami" kelimesi literatüre geçmi Tsunami kelimesi "liman dalgası" anlamına

gelmektedir. Türkiye, 19 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi'nde, kıyılarında meydana gelmiş olan tsunamilerin de sonuncusuna tanık oldu.

Bir kıyı bölgesi felaketi olarak tsunaminin etkilerinden korunma ve etkilerinin azaltılması çalışmaları, kıyı bölgesi yaşayanları ve ekonomisi açısından oldukça önemlidir. Tsunami etkilerinden korunma için yapılabilecek çalışmalar arasında, uyarı merkezleri kurmak, kıyı yerleşimlerinde yaşayan halkın tehlikenin farkında olmasını sağlamak amacı ile eğitimler düzenlemek ve kaçış planlarını önceden hazırlamak sayılabilir. Türkiye kıyılarında oluşabilecek bir tsunami çok fazla zaman geçmeden kıyılarıımıza ulaşacağından uyarı sistemleri çok pahalı olmakla birlikte, etkili de olmayacaktır. Ancak eğitim, önceden alınabilecek en yararlı tedbirdir. Eğitimin de iki aşamalı olarak düşünülmesi gerekmektedir: Halk eğitimi ve belediyeler, polis, sivil savunma gibi birimlerin eğitimleri.

Tüm bu etkilerden korunma ve etkilerin azaltılması çalışmalarının yapılması için, en önemli unsur, risk taşıyan bölgenin tesbitidir. Bu çalışma bölgesinin haritası (risk haritası) hazırlanmalı; buradaki nüfus, kritik yapılar ve kaçış yolları belirlenmelidir. Bu çalışmanın ikinci bölümünde, Marmara Denizi'nde meydana gelmesi olası iki senaryo (Marmara Ereğlisi önlerinde ve Yenikapı açıklarında heyelan olması durumları) için, oluşacak tsunamilerin tırmanma yüksekliklerini ve karada ne kadar ilerleyeceğini gösteren, Kadıköy risk haritaları hazırlanmıştır. Bu haritalar, bölgenin hacimlerini de hesaplayabilen bir CBS yazılımı olan ArcView Programı ile üretilmiş akıllı haritalardır. Tırmanma mesafeleri, muhtemel tsunamilerin, Kadıköy önündeki hacmi ile, Kadıköy'de karşılaacağı bölgenin hacminin kıyaslanması ile bulunmuş ve risk altındaki bölgeler belirlenmiştir.

İstanbul gibi hızla büyüyen şehirlerdeki yerleşim ve açık kıyı alanları beklenmeyen bir diğer risk altında bulunmaktadır. Kıyı alanları yakınlarındaki özellikle toprak barajların deprem v.b. etkilerle yıkılması sonucunda oluşacak risk tsunami etkisinin taşıdığı riskten az değildir.

BARAJ YIKILMASININ KIYI ALANLARINA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

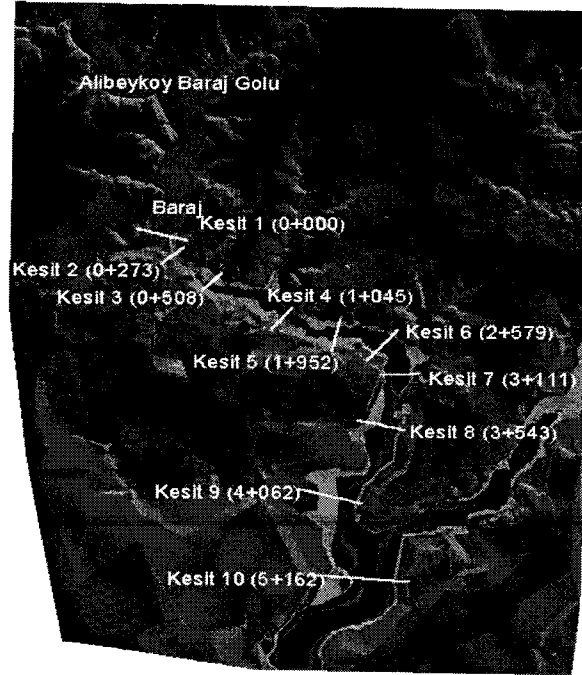
Bu durumda, içme ve sulama suyundan elektrik üretimine kadar bir çok amaçla inşa edilen barajların yıkılmaları halinde açabileceği risk çok ciddi boyutlarda olabilecektir. Bugüne kadar inşa edilen barajların çoğu toprak dolgu barajlardır. Bunların yıkılma mekanizmaları beklenmedik ölçüde büyük giriş akımları, yetersiz temel, farklı oturma, toprak kaymaları, depremler, yetersiz projelendirme gibi bir çok etkiden biri veya birkaçı olabilir. Geçmişte yaşanan tecrübeler toprak barajların baraj gövdesinde yarık oluştuktan sonra baraj gölünün boşalması için geçen sürenin 15 dakika ile 5 saat arasında değiştiğini göstermektedir. Dolayısı ile ekonomik ömürleri içinde giderek yerleşim birimleri içinde kalan barajlar için risk değerlendirmesinin ve buna bağlı kurtarma-kaçırma planlarının yeniden yapılması gerekmektedir.

Diğer taraftan küresel ısınmaya bağlı olarak taşkın karakteristiklerinin de değişmekte olduğu tahmin edilmektedir. Bu kontrol dışı oluşumda kıyı alanlarındaki mevcut barajların risk değerlendirmesinin yapılması için başka bir nedendir. 21. yüzyılın bir gerçeği maalesef terörist faaliyetlerdir. 11 Eylül 2001 tarihinde ABD de meydana gelen terörist saldırılarından sonra insanlık bu tip faaliyetlere karşı önlemlerini alırken

barajlarda bu kapsamlı önlemlerin içinde ele alınmak zorundadır. Genellikle toprak barajlara göre yıkılma riski daha az olan beton barajlarda bu değerdendirmenin içinde tutulmalıdır.

Yerleşim birimleri ile çevrili bir barajın risk değerdendirmesinde sağlıklı veriler üreten ve kullanan güncel tekniklerin klasik yöntemlerle birlikte kullanılması temel hedef olmaktadır. Daha açık bir ifadeyle mansaptaki bölgeyle ilgili topografik, demografik ve sosyo-ekonomik verilerin digital ortamda oluşturulması ve coğrafi bilgi sistemleri ile klasik yöntemlerde kullanılan kullanılacak verilerin üretilmesi ve bu yöntemlerden elde edilen sonuçların yine GIS de değerdendirilerek risk haritalarının üretilmesi çağdaş metodlardan biri olarak düşünölmelidir.

Sözü edilen risk haritalarının oluşturulabilmesi ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulabilmesi için baraj yıkılmasından sonra belirli kesitlerde suyun hangi yüksekliğe hangi sürede ulaşacağını bilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bunların belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma alanı olarak ta Alibeyköy barajı seçilmiştir. Alibeyköy barajının İstanbul Alibey deresi üzerine 1966 yılında inşaatına başlanmış ve 1968 yılında geçici tedbirle su tutmaya başlamış. 1983 yılında baraj tam olarak hizmete girmiştir. Bugün etrafındaki yerleşim alanları çok fazladır ve oldukça yoğundur. Olası bir baraj yıkılması bölgede çok fazla miktarda mal kaybına ve ölümlle sebebiyet verecektir. Farklı durumlar için baraj yıkılmaları ele alınabilir. Ancak bu çalışmada gövde üzerinden su aşması durumu ele alınmıştır.



Şekil 1. CBS yardımıyla üretilen sayısal arazi modeli ve üzerinde alınan kesitler

Nümerik model olarak “Breach” modeli ve Fldwav modeli kullanılmıştır (Fread, 1978, Fread, 1998). Programa veri girişi olarak gereksinim duyulan kesit verileri bölgenin İstanbul Büyükşehir Belediyesinden sağlanan sayısal haritalar yardımıyla ArcView coğrafi bilgi sistemi yazılımı içerisinde oluşturulan sayısal arazi modeli üzerinden alınmıştır. Üretilen kesitler modelde kullanılmışlardır. Şekil 1 de üretilen sayısal arazi modeli ve kesitler gösterilmektedir. Çalışmada ele alınan Alibeyköy barajı ile ilgili bilgiler Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Alibeyköy Barajı ile ilgili bilgiler

GENEL BİLGİLER	
KARAKTERİSTİKLER	
Drenaj alanı	160 km ²
Ortalama Yıllık Yağış	800 mm/yıl
Ortalama Yıllık Akım	280 mm/yıl
Gelmesi Beklenen Su	160 km ² * 280 mm/yıl
REZERVUAR	
Maksimum su kotu	32.00 m
Maksimum Depolama Hacmi	65*10 ⁶ m ³
Maksimum Depolama Alanı	4.76*10 ⁶ m ²
Maksimum İşletme Kotu	26 m
Minimum İşletme Kotu	10.50
Minimum İşletme Alanı	0.426*10 ⁶ m ²
Ölü Hacim	0.487*10 ⁶ m ³
Aktif Hacim	35*10 ⁶ m ³
Verimli Hacim	39*10 ⁶ m ³
Kadastral Fezeyan Piki	1000m ³ /sn
Mansap Yatak Kapasitesi	80 m ³ /sn
GÖVDE	
Tipi	Toprak Dolgu
Hacmi	2.00x10 ⁶ m ³
Kret Kotu	34.00 m
Kret genişliği	15.00 m
Kret Uzunluğu	6.00 m
Talveg kotu	6.00 m
Talvegten Yüksekliği	28.00 m
Gövde Zonları	Kil Çekirdek T1, T2 filtre yarı geçirimli menba ve mansapta riprap

Fldwav modelinde, barajın olduğu bölge ile barajın mansap akarsu yatağına ait bir takım topoğrafik verilere ihtiyaç duyulur. Topoğrafik veriler, 1/5000 ölçekli dijital haritalar şeklinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden alınmıştır. Dijital yükseklik verileri kullanılarak Arcview Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı yardımıyla sayısal arazi modeli oluşturularak şekil 1 de görüldüğü gibi, barajın mansap tarafındaki vadi boyunca toplam 10 enkesit bu model üzerinden elde edilmiştir. İlk enkesitin baraja olan uzaklığı 0.273 km, en son enkesitin baraja olan mesafesi 5.162km'dir. Enkesitlerde kullanılan Manning katsayıları da, barajın mansap tarafı gezilerek ve Chow'un yüzey özelliklerine göre Manning değerleri tablosundan faydalanılarak tespit edilmiştir.

Barajın gövdesinden su aşması senaryosunu incelemeden önce, dönüş aralığı 1000 yıl olan taşkın var iken, haznedeki suyun farklı seviyeleri için dolu savak kapasitesinin yeterli olup olmadığı incelenmiştir. İlk etapta Breach modelini kullanarak, haznedeki su seviyesi kotunun 26m ve dolusavak kapaklarının açık olma durumunu incelediğimizde, suyun baraj gövdesini aşmadığı, dolayısıyla yarık oluşmadığı görüldü. Daha sonra aynı şartlar, fakat farklı su seviyeleri sırasıyla 28m, 30m, 32m için aynı işlem tekrarlandığında, barajın gövdesinde herhangi bir yarığın oluşmadığı gözlenmiştir. Haznedeki su seviyesinin maksimum olması durumunda dahi dolu savak kapasitesinin yeterli olduğu görülmüştür.

Barajın gövdesinden su aşması durumunda ne tür sonuçlar doğabileceğini görmek açısından, ekstrem bir durum olarak, haznedeki su seviyesi 34m ve dolusavak kapaklarının kapalı olma durumu incelenmiştir. Bu durumdan farklı olarak da haznedeki su seviyesinin dolusavak kret kotunda (22.5m) iken taşkın olması durumunda savaklanan suyun ötelenmesi durumu incelenmiştir.

Tablo 2 Baraj yıkılmasından sonra kesitlerdeki su seviyeleri

Zaman	KESİTLER									
(saat)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.74	34.16	8.18	7.43	5.96	5.51	4.8	4.13	3.4	2.9	1.37
2.80	34.15	9.47	8.53	6.19	5.55	4.83	4.15	3.42	2.92	1.38
2.85	34.12	10.75	9.71	7.15	5.66	4.85	4.17	3.44	2.94	1.38
2.90	34.06	12.11	10.97	8.68	6.38	4.88	4.18	3.47	2.96	1.39
2.95	33.95	13.62	12.39	10.35	7.9	5.14	4.2	3.5	2.98	1.41
3.0	33.78	15.3	13.95	12.07	9.69	6.32	4.32	3.52	3.01	1.42
3.05	33.54	17.02	15.53	13.88	11.63	8.05	5.47	3.63	3.03	1.43
3.10	33.2	18.7	17.06	15.67	13.41	10.14	7.48	5.3	3.19	1.45
3.15	32.76	20.41	18.62	17.39	15.03	11.92	9.74	8.1	5.93	1.47
3.20	32.2	22.11	20.17	19.01	16.5	13.45	11.78	10.93	9.24	1.79
3.25	31.51	23.76	21.65	20.53	17.84	14.93	13.9	13.11	11.61	5.46
3.30	30.68	24.95	22.85	21.84	19.07	16.53	15.71	14.89	13.49	8.64
3.35	29.86	24.65	22.85	22.04	19.55	17.62	17.07	16.31	13.83	10.73
3.40	29.09	24.2	22.56	21.72	19.57	18.03	17.57	16.92	15.9	12.05
3.45	28.36	23.7	22.19	21.4	19.5	18.15	17.73	17.13	16.19	12.56
3.50	27.68	23.21	21.82	21.08	19.34	18.11	17.69	17.11	16.22	12.73
3.55	27.02	22.75	21.45	20.74	19.11	17.94	17.53	16.98	16.11	12.76

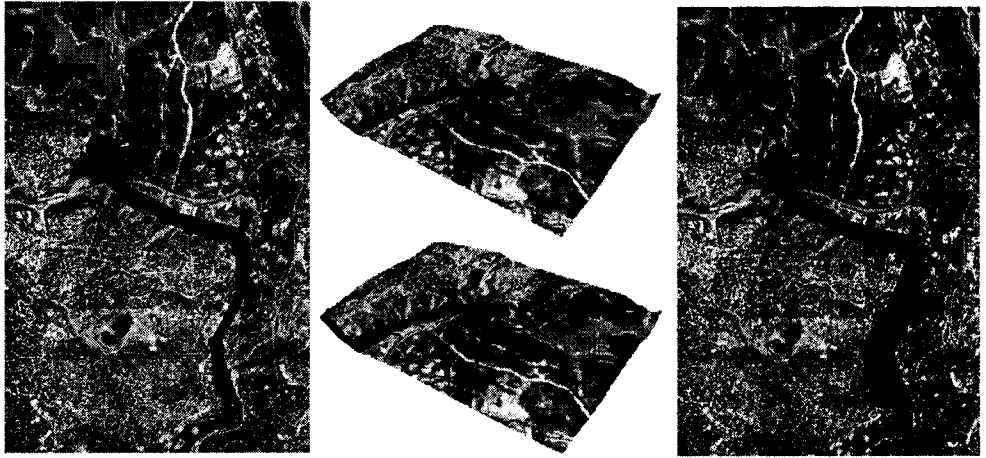
Taşkın var iken haznedeki su seviyesi baraj kret kotunda (34m) ve dolusavak kapaklarının kapalı olması durumu incelendiğinde, borulanma sonucu yıkılma senaryolarında olduğu gibi ilk önce suyun baraj gövdesini aşması durumunda oluşan yarığın karakteristikleri belirlendi. Breach modeli yarık karakteristikleri hesaplanırken haznedeki su seviyesi 34.15 m. seviyesine geldiği anda barajda yarık oluşmaya başladığı kabul edildi. Bu değerden daha küçük olan değerlerde suyun baraj gövdesini, gövdeye herhangi bir zarar vermeden aştığı kabul edildi. Bunun sonucunda elde edilen yarık karakteristikleri sırasıyla; yarığın oluşma süresi 0.63 saat yarığın tepe genişliği 240m, yarığın taban genişliği 25 m'dir. Yarık oluşumu sonucunda oluşan taşkının ötelenmesi için kullanılan Fldwav modelinde ise menba sınır şartı olarak 1000 yıllık taşkın hidrografi

kabul edildi, mansap sınır şartı olarak ise borulanma yıkılma senaryolarında da olduğu gibi dinamik anahtar eğrisi seçilmiştir.

Yarığın oluşum süresi hesaplanırken zaman aralığı $\Delta t=0.01$ saat, mesafe aralığı ise $\Delta x=0.01$ km olarak seçilmiştir. Hesaplamalar sonucunda; Baraj haznesindeki su seviyesinin başlangıçtan itibaren $t=2.74$ (saat) sonra 34.15m seviyesine geldiği, yarıktan çıkan taşkın debisinin pik değeri ise $t=3.29$ (saat) anında olduğu görülmüştür. Şekil 6.21 deki yarıktan çıkan akımın hidrografında görüldüğü gibi debi pik değere ulaştıktan sonra çok kısa sürede hidrografın hızlı ve neredeyse dik bir şekilde alçaldığı görülmektedir, buda yarık oluşuktan sonra haznedeki suyun kısa bir sürede boşaldığını göstermektedir.

Bu yıkılma senaryosu sonucunda baraja en uzak olan kesitteki (5.162km) maksimum su yüzeyi kotu $t=3.49$ (saat), anında 12.76 değerine ulaşmaktadır. Haznedeki su seviyesi savak kret kotunda (22.5m) ve taşkın olması durumunda, savak kapakları açık iken savaklanan suyun mansap boyunca ötelenmesi durumu incelediğinde taşkın sebebiyle $t=19.86$ (saat) anında su seviyesi maksimum değer olan 29.64m ve savaklanan maksimum debi ise $620\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir. 1000 yıllık taşkın hidrografının toplam süresi 72 saat olduğundan çözümler yapılırken gözlem süresi olarak 100 saat seçilmiştir. Elde edilen sonuçlara ek olarak baraj gövdesini su aşması senaryosunda $t=2.74$ (saat) ve $t=3.55$ (saat) zaman aralığı için uygulamada kullanılan kesitlerde su yüzeyi kotları Tablo 2'de verilmiştir.

Elde edilen sayısal arazi modeline bölgenin hava fotoğrafı CBS yazılımı içerisinde kaplanarak bölgenin gerek iki boyutlu, gerekse de üç boyutlu görüntüleri gerçeğe daha yakın bir biçimde oluşturulmuştur. Ayrıca aynı CBS yazılımı yardımıyla $t=3.05$ ile $t=3.55$ saatlerinde baraj suyunun mansap tarafında kaplayacağı alanlar iki ve üç boyutlu olarak Şekil 2 de verilmiştir.

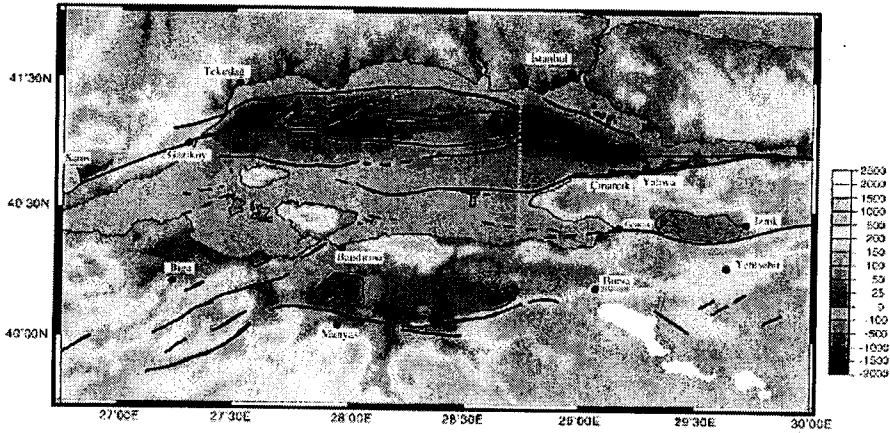


Şekil 2. Baraj gövdesini su aşması sonucunda meydana gelen taşkın $t=3.05$ ve $t=3.55$ anında barajın mansap tarafındaki yayılımı.

İSTANBUL KIYILARINDA OLMASI MUHTEMEL TSUNAMİ ETKİLERİNİN TAHMİNİ İÇİN RİSK HARİTALARININ KULLANILMASI

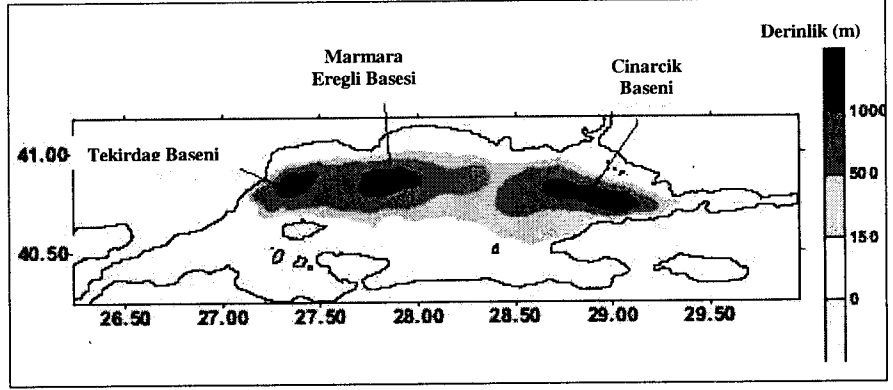
Tsunamiler, deniz tabanında olan dani düşey yer değiştirmelerin, üzerindeki su kolonunun düşey hareketine sebep olması ile başlayan çok uzun periyotlu ve yüksek enerjili dalgalardır. Özellikle okyanuslarda olan depremler ve heyelanlar sonucu meydana gelen tsunamiler, deniz kıyılarında yer alan yerleşim bölgelerinde hem insan yaşamı hem de bölgenin ekonomisi açısından tehdit oluşturmaktadır (Alpar ve diğ., 2000).

Dünya üzerindeki ülkelerin %90'dan fazlası deniz kıyılarında yerleşmiş olduklarından, tüm bu ülkeler potansiyel olarak tehdit altında olduğu düşünülebilir. Türkiye de 8333 km'lik sahil şeridinde sahip olması dolayısı ile, deniz kıyıları ile ilişkili doğal problemlerin tehdidi altındadır. Deprem ve tsunami bu tür felaketler arasındadır (Musaoğlu ve diğ., 2000, Şeker ve diğ., 2001).



Marmara Bölgesi Türkiye nüfusunun %25.8'inin yaşadığı bölge olmakla birlikte üretiminin %23'ünün gerçekleştirildiği İstanbul da bu bölgede yer almaktadır. Muhtemel bir Marmara Depremi, bu bölgeyi olduğu kadar tüm ülkeyi etkileyeceğinden önemlidir. Dolayısı ile çalışma alanı da bu bölgede seçilmiştir.

Bu çalışmada, çalışma bölgesi olarak Kadıköy bölgesi seçilmiş ve, CBS teknikleri ile oluşturulmuş olan haritalar, risk haritalarının oluşturulması için kullanılmıştır. Kadıköy, Marmara Denzinin kuzey kıyısında ve KAF' na oldukça yakın bir yerde bulunmaktadır. İstanbul için yapılması gereken çalışmanın pilot bölgesi olarak seçilmesinin sebebi şehrin en kalabalık ve en çok kullanılan bölgelerinden birisi olmasıdır.



Şekil 4. Marmara Denzinde Bulunan Basenler (Özbay, 2001)

Yöntem

Bu çalışmada, muhtemel iki senaryo ile oluşacak olan iki değişik tsunami hacimleri tahmin edilmiş ve çalışma bölgesinde bu tsunami hacminin ne kadar alan kapladığı hesaplanarak risk haritaları oluşturulmuştur. Gerek karşılaştırma için kullanılan haritalar gerekse hazırlanmış olan sonuç risk haritaları CBS teknikleri kullanılarak hazırlanmış olan "akıllı" haritalardır.

Tsunami Hacminin Hesaplanması

Bir doğal felaketin etkisinin azaltılması için doğal felaketin etki alanının önceden belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için tsunaminin karşılaştığı kıyıda ne kadar yükseleceği ve kıyıda ne kadar içeri gireceğini bilmek gerekir. Bu alan risk alanı olarak tanımlanabilir. Ancak dalga düşük eğimli bir kıyı ile karşılaşır ise tırmanma yüksekliği tamamı ile üzerinde taşıdığı hacim ile ilgili olacaktır. Tırmanma yüksekliği ve karada ne kadar ilerleyeceğini belirlemek için yapılması gereken tsunami hacmi ile kıyıda kaplayacağı alanın hacmini karşılaştırmaktır. Bu şekilde risk haritaları hazırlanabilecektir.

Başlangıç olarak deniz tabanındaki düşey yer değiştirme hacmi ile tsunaminin ilk hacminin eşit olduğu söylenebilir. Çünkü tsunami profoli ile düşey yerdeğiştirmenin profili oldukça benzerdir. (Yalçiner 2001). Tsunami yarım dairesel olarak yayılmaktadır

ve birim genişlikteki hacim, çalışma bölgesine denk gelen genişlik ile tsunaminin toplam dairesel genişliği arasındaki oran ile değişecektir.

Farklı Senaryolar

Bu çalışmada iki durumda oluşacak heyelanlar sonucunda oluşacak tsunamilerin etkileri araştırılmıştır. Bu farklı iki durumda oluşacak heyelanların yerleri Şekil 5 te belirtildiği gibidir. Dalga periyotları birinci durumda 9.5 dakika ve ikinci durumda 14 dakika olacaktır.

İlk durumda heyelanın Çınarcık Baseni'nin Kuzey Batı ucunda, Yenikapı kıyılarının güneyinde 28,70°E ve 40,92°N koordinatlarında olduğu varsayılmıştır. Buradaki deniz derinliği 400m dir. Bölge Doğu Batı doğrultusunda 10km genişliğinde ve Kuzey-güney doğrultusunda 1.8 km uzunluğundadır. Burada 6m'lik bir katmanın kayması tahmin edilmiştir. Bu durumda heyelanın toplam hacmi 108,000,000 m³ olacaktır. Benzer şekilde ikinci durum için oluşacak heyelan Silivri güneyinde ve 28,90°E ve 40,94°N koordinatları arasında olacaktır. Buradaki derinlik 500m'dir. Bu heyelan alanı ise Doğu Batı doğrultusunda 10km, Güney Kuzey doğrultusunda 2 km olacak ve 6m'lik bir katman kayacaktır. Bu durumda heyelanın dolayısı ile gerçekleşecek tsunaminin hacmi 120,000,000 m³ olacaktır.

Akıllı Haritaların Kullanılması İle Risk Analizi

Çalışma bölgesinin alanı Arcview CBS yazılımı ile üç boyutlu olarak hazırlanmış olan akıllı haritalar yardımı ile hesaplanmıştır (Tablo 4). Tırmanma yükseklikleri enterpolasyon ile hesaplanmıştır. Çalışma bölgesinin 0 m ve 1.5 m arasındaki hacmi 1,784,481 m³'dir. 1.Durum için çalışma bölgesi önündeki hacmi 1,982,434 m³ dir. Bu durumda tırmanma yüksekliği 1. Durum için 1.7m olacaktır. 1.7m'lik tırmanma yüksekliği Şekil 4 te verilmiştir.

Tablo 4. Çalışma Bölgesi Hacimleri

Yükseklikler (m)	Hacim (m3)
0 - 0,5 Arası	624.736
0 - 1,0 Arası	1.218.432
0 - 1,5 Arası	1.784.481
0 - 2,0 Arası	2.333.525
0 - 2,5 Arası	2.807.192
0 - 3,0 Arası	3.272.619
0 - 5,0 Arası	4.845.490

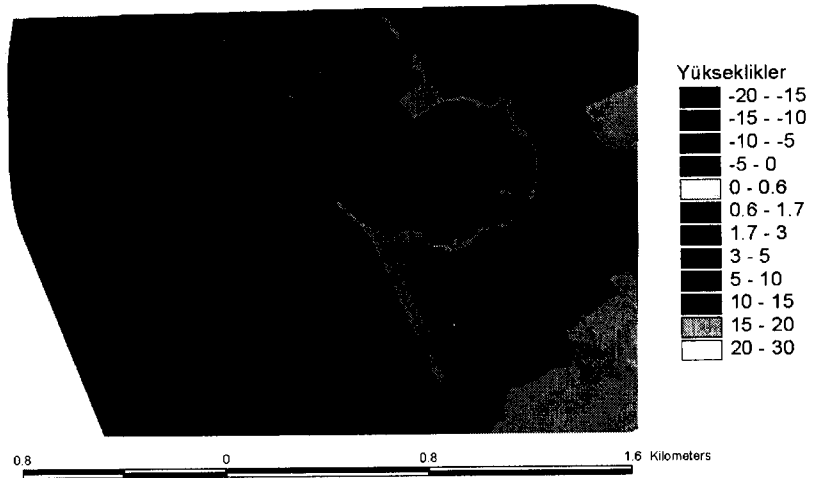
Tablo 2. Çalışma Bölgesinde Tırmanma Yükseklikleri

D U R U M	Tsunami Kaynağı ile Çalışma Bölgesi Mesafesi (m)	Tsunami Yayılması Yarımdaire Çevresi (m)	Çalışma Bölgesinde Tsunami Uzunluğu (m)	Tsunami Başlangıç Hacmi (m3)	Çalışma Bölgesinde Etkili Tsunami Hacmi (m3)	Tırmanma Yüksekliği (Enterpolasyon ile hesaplandı) (m)
1	30.000	94.248	1.730	108.000.000	1.982.434	1,7
2	90.000	282.743	1.730	120.000.000	734.235	0,6



Şekil 4. Birinci Durum İçin CBS Yardımıyla Oluşturulan Risk Haritası

Aynı yaklaşım ile 2. Durumdaki tırmanma yüksekliği 0.6m olarak hesaplanabilir. 2. Duruma ait risk haritası Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. İkinci Durum İçin risk Haritası

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın ilk bölümünde; toprak dolgu baraj gövdesinin üzerinden su aşması durumunda meydana gelen yarık ve yarıktan çıkan taşkın hidrografının belirlenmesi ve bu taşkının mansap akarsu yatağında ötelenmesi nümerik yöntemlerde yapılmış ve risk haritaları yeni yöntemlerin integrasyonu ile elde edilmiştir. Çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin risk haritalarının yapılmasında yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılabildiği gösterilmiştir. Ülke genelindeki bütün barajlarda kurulacak bir erken uyarı sistemlerinin maliyetinin bir baraj yıkılması sonrasında ortaya çıkacak maliyetten daha az olacağı söylenebilir. Taşkın ötelenme hesapları ile akarsu boyunca taşkın debilerinin ve su seviyelerinin değişimi hesaplanabildiğinden, taşkın koruma yapılarının boyutları emniyetle belirlenebilir. Göle giren taşkın hidrografi bilindiği zaman baraj göllerinde taşkın ötelenmesi ile dolusavaktan çıkan debiler hesaplanabilir. Bu çalışmalar sonunda dolusavak boyutu, batardo yüksekliği, baraj gölündeki en yüksek su seviyesi, baraj yüksekliği, baraj gölü altında kalacak topraklar belirlenmiş olur. Barajlar maliyetleri oldukça yüksek yapılar olmaları yanında, yıkılmaları halinde oluşturacakları maddi ve manevi kayıplar oldukça büyük olacağından bu tür hesaplamalar bütün barajlara uygulanmalıdır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, Kadıköy Bölgesi, Marmara Denizinde meydana gelmesi muhtemel iki farklı tsunami olayının etkilerinin azaltılması için, önceden hazırlanması gereken risk haritalarının oluşturulması için pilot bölge olarak seçilmiştir. Tasarlanan iki farklı senaryoda iki farklı yerde meydana gelebilecek heyelanlar sonucunda oluşan tsunamilerin hacimleri ile Kadıköy bölgesi üzerindeki hacimler karşılaştırılarak; tırmanma yükseklikleri tahmin edilmeye çalışılmış ve bu tırmanma yüksekliklerini gösteren risk haritaları oluşturulmuştur. Kadıköy bölgesi hacimlerinin hesabı için kullanılan akıllı haritalar CBS teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaların başarıya ulaşabilmesi için risk alanı içerisinde yer alan okul, hastane, belediye binaları gibi önemli binalar ve bu bölgedeki nüfus bilinmelidir. Risk bölgesi hakkındaki bu bilgilerin derlenmesi ile etki azaltma çalışmaları, gerekiyorsa kaçış planları önceden hazırlanabilecektir. Bundan sonra, bu çalışmada uygulanana benzer yöntemlerle, değişik senaryolar için, tüm İstanbul için risk bölgeleri ve risk bölgelerinde bulunan kritik binaları ve nüfus bilgilerini içeren geniş veritabanları oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Alpar, B., Yalciner A.C. VE Ozbay, I. 2000. Marmara Denizinde Potansiyel Heyelan Alanları ve Bunlara İlişkin Depresim Dalgası (Tsunami) Olusum ve Hareketleri. *III. Uluslararası Kıyı Mühendisliği Sempozyumu*.
2. Bellos, C.V., Sakas, J.G. (1987). Dam-Break Flood Wave Propagation on Dry Bed, *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, 113, pp. 1510-1524.
3. Fread, D.L. (1978). Theoretical Development of Implicit Dynamic Routing Model, NWS, NOAA, Office of Hydrology,
4. Fread, D.L. (1998). NWS Fldwav Model, NWS, NOAA, Office of Hydrology, USA.

5. Musaoglu, N., Kaya, S. ve Seker, D. Z. 2000. Investigating earthquake effects using GIS and remote sensing data, *Proceedings of the 20th EARSEL Symposium*, 235-240.
6. Ozbay I. 2000. Two-Layer Numerical Model for Tsunami Generation and Propagation. M. Sc., Thesis, Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yalciner, A.C.
7. Ozbay I. 2000. Two-Layer Numerical Model for Tsunami Generation and Propagation. M. Sc., Thesis, Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yalciner, A.C.
8. Seker, D.Z, Kabdasli, S ve Mercan D. 2001. Geographic Information Systems for Coastal Zone Management after and Earthquake, *Third Black Sea International Conference – Environmental Protection Technologies for Coastal Areas*, 421-430.
9. Yalciner, A.C., Altinok, Y. ve Synolakis C. E. (2001) Tsunami Waves in Izmit Bay After Kocaeli Earthquake. *Journal Earthquake Spectra*.

KAŞ YAT LİMANI ÜÇ BOYUTLU MATEMATİKSEL HİDRODİNAMİK MODEL VE LİMAN İÇİ KİRLİLİK ÇALIŞMASI

İrem DÖNMEZ GÜÇ

Çevre Mühendisi

Dolfen Mühendislik Danışmanlık Ltd. Şti.

Ankara/TÜRKİYE

Yasemin ÖZGEN

İnşaat Yüksek Mühendisi

Dolfen Mühendislik Danışmanlık Ltd. Şti.

Ankara/TÜRKİYE

ÖZET

“Kaş Yat Limanı” projesi kapsamında öncelikle rüzgar ve dalga iklimi çalışmaları yürütülmüştür. Daha sonra ise deniz dalgalarının yat limanının bulunduğu bölge olan Bucak Denizi’ne transformasyonu incelenmiş ve yüzer sistem olarak düşünülen dalgakıranın konumu belirlenmiştir. Tamamen yüzer sistemle yapılması planlanan yanaşma yerlerinin belirlenmesinden sonra, oluşması beklenen kirliliğin bölgenin hidrodinamik yapısı içinde nasıl dağılacağı ve değişik koşullarda oluşan akıntı düzeninin limanda oluşacak kirliliği nasıl etkileyeceği 3 boyutlu matematiksel model çalışmasıyla belirlenmiştir. Model çalışmalarında HR Wallingford Ltd. (İngiltere) ile EDF-LNH (Electricité de France – Laboratoire National d’Hydraulique) (Fransa) tarafından geliştirilmiş olan Telemac3D ve yardımcı programlar (Matisse, Postel-3D ve Rubens) kullanılmıştır.

GİRİŞ

Doğal çevrenin bozulması ve özellikle su kaynaklarının atık maddelerle yoğun olarak kirletilmesi, günümüzde çevre korumasını, sosyal ve ekonomik boyutları ile dünya çapında önemli bir konu haline getirmiştir. Bu yüzden, tanker kazaları için erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesinden, turizm ve sanayi bölgelerinin akılcı planlanmasına dek pek çok alanda, su alanlarındaki kirletici dağılımının önceden bilinmesi, gerekli önlemlerin zamanında alınarak olası sorunların önlenmesi açısından yaşamsal önem kazanmıştır. Su akışının ve sudaki atık maddelerin dağılımının tahmini, fiziksel veya sayısal modeller kullanılarak, doğadaki oluşumun benzeştirilmesi ile mümkün olmaktadır. Uygulamalarda, doğruluğu kanıtlanmış ve benzeşim gücü yüksek sayısal modeller, hem çok hızlı sonuç vermesi hem de ekonomik olması nedeniyle tercih edilmektedir.

AMAÇ

Kaş Yat Limanı'nın bulunduğu, Kaş'ın güneybatısında kalan Çukurbağ Yarımadası ile korunmuş dar ve uzun bir koy olan Bucak Denizi'nin hidrodinamik yapısı ve limanda oluşacak kirliliğin bu hidrodinamik yapı içinde nasıl dağılacığı HR Wallingford (İngiltere) ve Electricité de France, Laboratoire National d'Hydraulique EDF-LNH (Fransa) tarafından geliştirilen Telemac3D isimli üç boyutlu matematiksel model yazılımı ile belirlenmeye çalışılmıştır.

1. Modelleme Sistemi

Telemac3D, tanımlanan ağ sistemi ve zaman aralıklarında sistemde oluşan üç boyutlu akıntı hızlarını (u , v , w) ve su derinliğini belirleyen bir yazılımdır. Ayrıca iki grup kirleticinin sistem içindeki taşınımını da modelleyebilmektedir. İlk grup hidrodinamik yapı üzerinde etkisi olan aktif kirleticiler (sıcaklık ve tuzluluk), diğeri ise akıntı düzenine etkisi olmayan sadece sistemde taşınan pasif kirleticiler olarak tanımlanabilir. Telemac3D üç ana yöndeki su düzeylerini ve hız dağılımlarını Navier-Stokes denklemlerini kullanarak çözmektedir. Model

iki basitleştirici yaklaşım kullanmıştır. Bunlardan ilki, akışkanın ağırlığının basıncı dengelediği yaklaşımı, yani hidrostatik basınç kabulüdür. Diğeri ise Boussinesq yaklaşımıdır.

2. Model Alanı

Kaş Yat Limanı kirlilik modelleme çalışmalarının yapılacağı alanın batimetrisi T.C. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı tarafından yayınlanan 1/15,000 ölçekli “Kaş Limanı” isimli haritadan sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına alınmıştır. Kirlilik dağılımı hakkında daha net bir sonuç elde edilebilmesi için model alanı olarak sadece yat limanının yapılacağı alan değil, tüm Bucak Denizi tanımlanmıştır.

Telemac3D'nin ön modülü olan Matisse ile sonlu elemanlar çözümleri için üçgenlerden oluşan bir ağ sistemi oluşturulmuştur. Ağ sistemi, liman bölgesinde daha hassas sonuçlar elde edebilmek için sıklaştırılmıştır. Sistemde toplam 1,608 nokta, 2,990 eleman bulunmaktadır. En uzun eleman kenarı 185 m, en kısa eleman kenarı ise 12 m uzunluğundadır.

Model çalışmalarında limanda bulunacak yüzer dalgakıran ve iskeleleri simule edebilmek için üç boyutlu hidrodinamik modellerde uygulanmış bir yöntem ile, bu yapılar ağ sisteminin en üst katında katı alan olarak tanımlanmış, dolayısıyla sadece yüzeyde akıntı sıfırlanmıştır.

3. Akıntıyı Oluşturan Etkenler

Hidrodinamik yapıyı oluşturan ana unsurlar, rüzgarların oluşturduğu akıntılar, gel-git nedeniyle oluşan akıntılar, yerel akıntılar ve insan yapısı yollarla oluşturulan su girdilerinden kaynaklanan akıntılar olarak sıralanabilirler. Kaş yöresinde yerel akıntılar ihmal edilebilecek düzeydedir. Gel-git etkisi ise tüm Türkiye’de olduğu gibi inceleme alanında da akıntı oluşumu açısından etkin değildir. Çukurbağ Yarımadası ve anakarayı İncebel mevkiinde açılacak bir kanal ile ayırarak veya bir boru hattı ile Bucak Denizi içine temiz su girişi sağlayarak oluşturulabilecek yapay akıntılar ise incelenen alanın büyüklüğü sebebiyle önemli bir

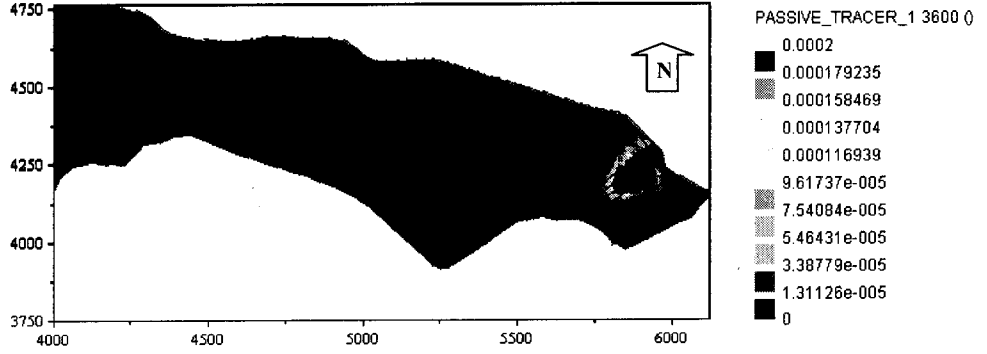
değişiklik yaratmamaktadır. Bu nedenlerle kirlilik modelleme çalışması rüzgarların etkisiyle oluşan çevrim düzenini incelemek üzere oluşturulmuştur.

İnceleme alanına ait rüzgar verileri Kaş ve Finike meteoroloji istasyonlarından alınmıştır. Liman önünde oluşan kirliliğin dağılması ve açık denize taşınması için rüzgarın karadan batıda bulunan Bucak Denizi çıkışına doğru kuzey-doğu aralığından esmesi gerektiği düşünülmüştür. Kaş Meteoroloji İstasyonunun 1997-1999 yılları arasında saatlik rüzgar verileri incelendiğinde N-E aralığından esen hızları 5 m/s'den büyük olan rüzgarların bu dönemdeki esme süreleri toplam 1,756 saat olduğu görülmüştür. Bu süre ölçüm yapılan sürenin yaklaşık %7'sine karşılık gelmektedir. Bu yön ve hız aralığından esen rüzgarların oluşma zamanlarını incelemek için fırtına dökümleri oluşturulmuştur. Kaş Meteoroloji İstasyonu verilerine göre özellikle Ocak ve Şubat aylarında N-E yön aralığından ortalama hızları yaklaşık 10 m/s olan rüzgarlar 15-20 saatlik sürelerle esmektedir. Bu fırtınalar 1997 yılında 4 kez, 1998 yılında 7 kez ve 1999 yılında ise 6 kez oluşmuştur. Finike Meteoroloji İstasyonu 1981-1999 dönemi verileri incelendiğinde ise bu dönemin %2.4'ünde rüzgarların N-E aralığından ve 5 m/s'den büyük hızlarla estiği belirlenmiştir. Fırtınalar incelendiğinde ise her yıl özellikle kış aylarında en az bir kez 12 saat esme süresini ve 7.5 m/s ortalama hızı aşan fırtınaların olduğu görülmüştür.

7.5 m/s hızında rüzgarlar her iki meteoroloji istasyonu verilerine göre yılda en az bir kez oluşmaktadır. Oluşturulan senaryolar ile kış aylarında oluşan bu rüzgarların 24 saat esmesi durumunda kirliliğin dağılımı incelenmiştir. Rüzgarların denizden karaya doğru esmesi durumunda kirlilik dağılımı, hazırlanan diğer bir senaryo ile 7.5 m/s hızlı rüzgarın 24 saat süre ile batı (W) yönünden esmesi durumu için incelenmiştir.

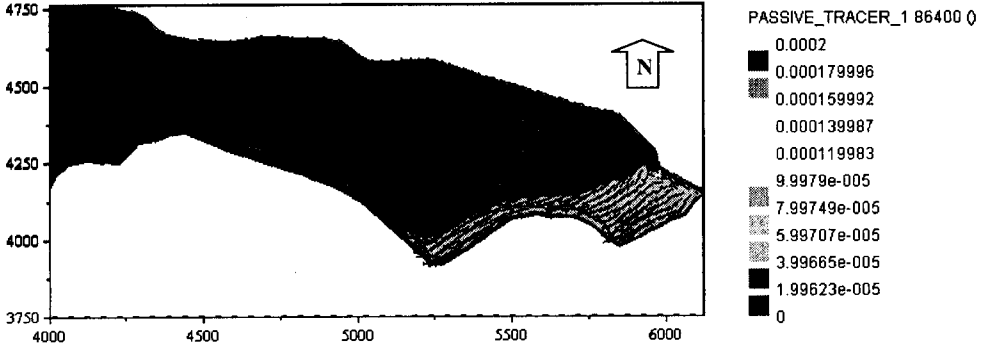
Kaş Yat Limanı'nda kirlilik oluşma riskinin en yüksek olduğu dönem yaz aylarıdır. Bu aylarda oluşacak kirliliğin rüzgar akıntıları ile yayılması modelleme çalışmalarında oluşacak en kritik durum olarak alınmış ve incelenmiştir. Bu amaçla bu aylarda 3 m/s'den hızlı rüzgarların oluşturduğu fırtınalar yönlerine ve esme sürelerine göre sınıflandırılmış ve her ay için ortalama oluşma sayıları belirlenmiştir. Oluşturulan senaryolarda yaz dönemi rüzgarlarının ortalama 4 m/s hızla ve 5 saat süre ile denizden (W) estiği varsayılmıştır. Bu

Şekil 4.1b t = 1 saat



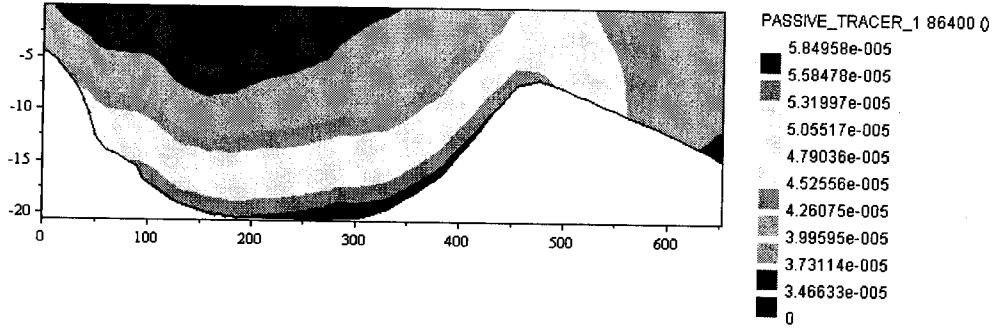
İlk saat içinde kirlilik değeri 0.0287'ye düşerken yayılma güneybatıya doğru, limanın karşı kıyısına yönelmektedir. İkinci saat sonunda kirlilik değeri 0.0064'e düşerken yayılma limanın karşısındaki kıyı boyunca batıya doğru yönelmektedir. Bu arada yüzeydeki akıntının tersine dipte oluşan akıntı kirliliğin bir kısmını Bucak Denizinin en iç noktasına, limanın doğu ucuna yönlendirmektedir. 12. saat sonunda kirlilik değeri 0.0003 gibi çok küçük bir değere düşmektedir. Kirlilik limanın karşı kıyısı boyunca limanın doğu ucundan batıya doğru yayılmaktadır. 12 saatten sonra kirlilik giderek azalmakta ve 24 saat sonunda kirlilik değeri ilk değerinden 7,500 kez küçük bir değer olan 0.000135'e düşmektedir.

Şekil 4.1c t = 24 saat



Yüzeydeki akıntı rüzgarla aynı yönde iken tabanda ters yönde akıntılar olduğu görülmektedir. İlk saat sonunda yüzeydeki akıntının etkisiyle kirletici karşı kıyıya doğru yönelirken ikinci saat sonunda karşı kıyı önündeki sığlığa ulaşmakta ve dalga çevrimi nedeniyle dibe doğru yönelmekte ve dibe ulaşmaktadır. 24 saat sonunda yüzeyde kaynak noktasından uzaklaşan kirleticinin derinlik arttıkça miktarı artmaktadır. Ancak en büyük değere ulaştığı noktada 0.000058 gibi çok küçük bir değere sahiptir. Şekil 4.1d’de 24. saat sonunda akıntı kesiti görülmektedir.

Şekil 4.1d t = 24 saat

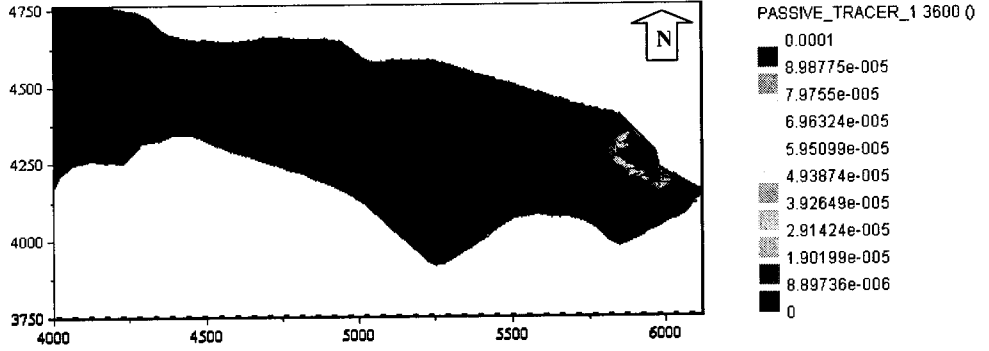


4.2. Rüzgar (7.5 m/s - W)

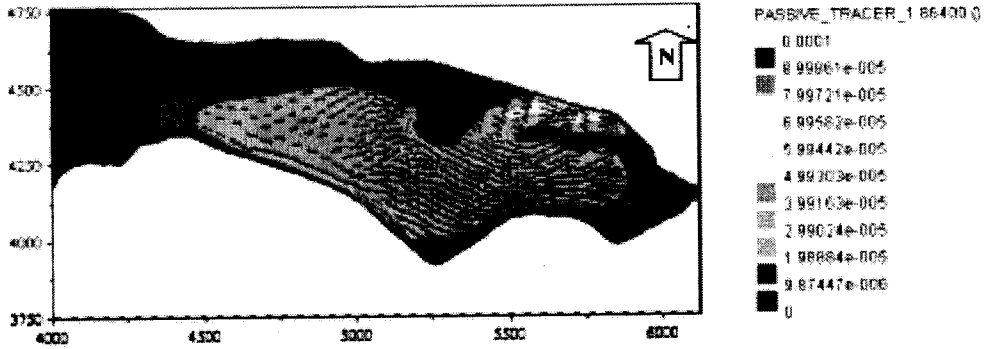
Rüzgarların denizden karaya doğru esmesi durumunda kirlilik dağılımı, 7.5 m/s hızında rüzgarların 24 saat W yönünden esmesi için incelenmiştir.

İlk saat içinde kirlilik değeri 0.057’ye düşerken yayılma güneybatıya doğru, limanın karşı kıyısına yönelmektedir. İkinci saat sonunda kirlilik değeri 0.015’e düşerken yayılma limanın karşısındaki kıyı boyunca batıya doğru yönelmektedir. 12. saat sonunda kirlilik değeri 0.0005 gibi küçük bir değere düşmektedir. Kirlilik limandaki iskelelerin etrafını dolaşarak batıya doğru yayılmaktadır. 12 saatten sonra kirlilik giderek azalmakta ve 24 saat sonunda kirlilik değeri 13,500 kez azalarak, 0.000074’e düşmektedir. Şekil 4.2a ve 4.2b’de kirliliğin yüzeydeki değeri ve yayılımı 1. ve 24. saatler için görülebilir.

Şekil 4.2a t = 1 saat



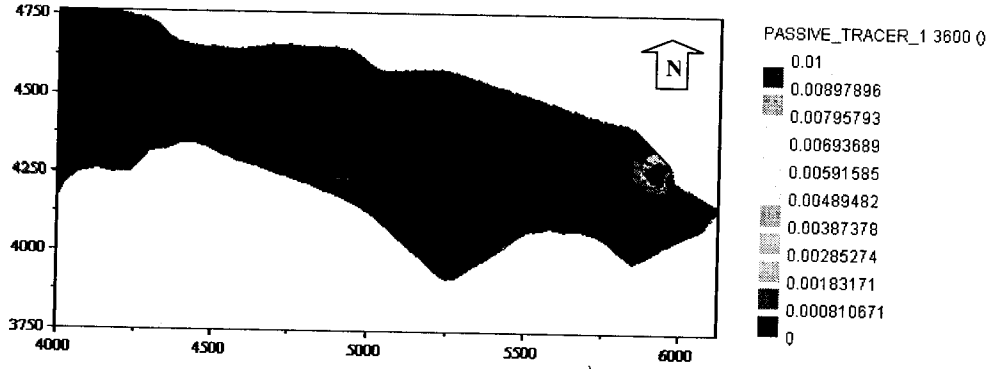
Şekil 4.2b t = 24 saat



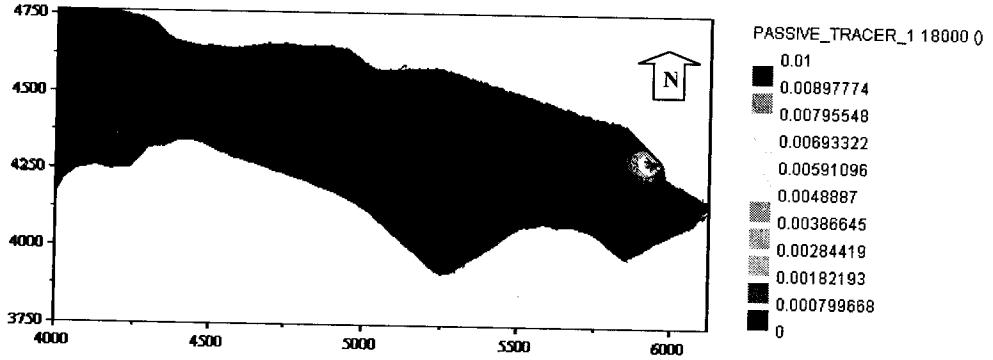
4.3. Rüzgar (4 m/s - W)

Her yaz döneminde toplam 7.6 kez denizden karaya doğru ortalama 4 m/s hızla 5 saat süren rüzgarların etkisi kirlilik dağılımının izlenmesi için bir senaryo oluşturulmuştur. Kirlilik Bucak Denizi'nin en iç noktasına doğru dağılmaya başlamakta, rüzgarın 1. saatinde yaklaşık 10 kez azalarak 0.11 değerine düşmektedir. Limanın doğu ucuna ulaşan kirlilik 3. saatten sonra Bucak Denizi'nin güney kıyısında oluşan akıntıların etkisiyle batıya doğru yayılmaktadır. 5. saatin sonunda kirlilik değeri 0.0089'a düşmektedir. Çok küçük bir alanda bu değer, kirliliğin her yaz ortalama 7.6 kez esen bu rüzgarlar ile kirliliğin yaklaşık 115 kez seyreltiğini göstermektedir. Şekil 4.3a ve 4.3b'de 1. ve 5. saatler için kirlilik dağılımı verilmektedir.

Şekil 4.3a t = 1 saat



Şekil 4.3b t = 5 saat



4.4. Temiz Su Girdisi

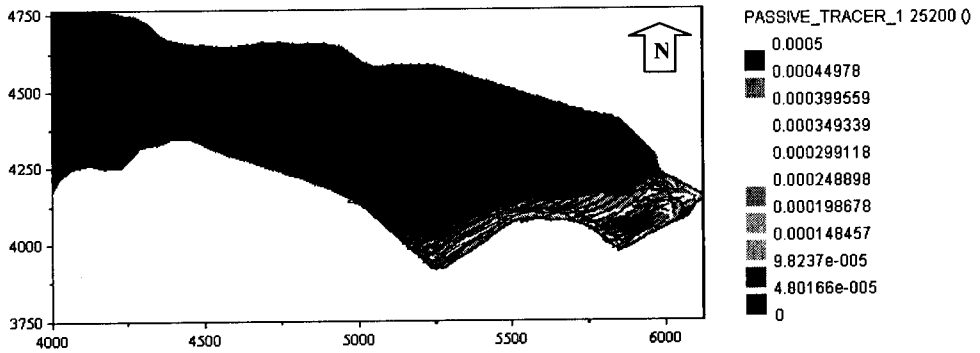
Model çalışması kapsamında, İncebel mevkiinden geçirilecek bir boru hattı ve kurulacak bir pompa sistemi ile açık denizden Bucak Denizi içine $1 \text{ m}^3/\text{s}$ debide bir temiz su akışının sağlanacağı varsayılmıştır. Bucak Denizi içinde borunun çıkış ağzı -7.50 m derinlikte ve kuzeydoğu doğrultusunda (limanın doğu ucuna doğru) konumlandırılmıştır. Ancak basen genişliği sebebiyle pompanın çalışmasından kaynaklanacak akıntı düzeninin limana ulaşması uzun zaman almaktadır. Rüzgarlardan kaynaklanacak akıntı düzeni ile boru hattından kaynaklanacak akıntı düzeninin kirlilik dağılımı üzerinde etkileri karşılaştırılmış ve aradaki farkın ihmal edilebilir olduğu görülmüştür. Bu sistemi oluşturmanın ekonomik bedeli ve çevresel etkileri göz önüne alındığında bu alternatiften vazgeçilmiştir.

4.5. Pompa (150 l/s)

24 saat süreyle 7.5 m/s hızıyla ENE yönünden esen rüzgarın bulunduğu modelleme çalışması, kirlilik bulutunun en yoğun şekilde görüldüğü Bucak Denizi'nin güneydoğu bölgesine 2 adet pompa yerleştirilerek tekrarlanmıştır. Kirlilik bulutunun bu alana yerleştiği 6. saatte pompalar çalıştırılmış ve 3 saat süre ile 150 l/s debili temiz su pompalanmıştır.

İlk saat içinde kirlilik değeri 0.0287'ye düşerken yayılma güneybatıya doğru, limanın karşı kıyısına yönelmektedir. İkinci saat sonunda kirlilik değeri 0.0064'e düşerken yayılma limanın karşısındaki kıyı boyunca batıya doğru yönelmektedir. Bu arada yüzeydeki akıntının tersine dipte oluşan akıntı kirliliğin bir kısmını Bucak Denizi'nin en iç noktasına, limanın doğu ucuna yönlendirmektedir. 6. saat sonunda pompalar çalışmaya başlamış ve 7. saatte kirlilik değeri 0.00049'a düşmüştür (Şekil 4.5a). 9 saat sonunda pompalar durdurulmuş ve kirlilik değeri 0.00041'e düşmüştür. Bu değerler pompaların çalıştırılmadığı durumdaki değerlerle karşılaştırıldığında aradaki farkın çok küçük olduğu görülmektedir. Bu durumda pompaların çalıştırılmasının kirlilik dağılımına ve seyrelmesine bir etkisi olmadığını söylemek mümkündür.

Şekil 4.5a t = 7 saat



SONUÇ

Modelleme çalışması kapsamında Kaş ve Finike meteoroloji istasyonları saatlik rüzgar verileri kullanılarak belirlenen değişik rüzgar koşulları ve Bucak Denizi içine açık denizden temiz su girmesini sağlayacak bir pompa sisteminin kurulması durumları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- ENE yönünden (karadan) 7.5 m/s hızında rüzgarın 24 saat süre ile esmesi durumunda (kış aylarında) kirlilik yaklaşık 7,500 kez azalmaktadır.
- W yönünden (denizden) 7.5 m/s rüzgarın 24 saat süre ile esmesi 24 saat sonunda kirlilik değerini yaklaşık 13,500 kez azaltmakta, kirlilik batıya doğru yönelip limanı terk etmektedir.
- Yaz aylarında ortalama 7.6 kez 4 m/s hızla W (denizden) 5 saat esen rüzgarlar ise kirliliği limanın doğu ucuna doğru taşımakta ve yaklaşık 120 kez azaltmaktadır.
- ENE yönünden 7.5 m/s hız ile 24 saat süre rüzgar esmesi, 6. ve 9. saatler arasında, 3 saat süre ile 1 m³/s temiz su girdisinin sağlanması durumunda 24 saatlik model çalışması sonucunda kirlilik Bucak Denizi'nin güney kıyısına doğru yönelmekte ve 15,000 kez azalmaktadır.
- ENE yönünden 7.5 m/s hızında rüzgarın 24 saat süre ile esmesi durumunda kirlilik Bucak Denizi'nin güneydoğu kısmında yoğunlaşmaktadır. Yoğunlaşmanın başladığı 6. saatte 150 l/s debili iki pompa ile 3 saat süre ile temiz su pompalanmıştır. Kirlilik değerleri pompaların çalıştırılmadığı durumdaki değerlerle karşılaştırıldığında aradaki farkın çok küçük olduğu görülmektedir. Bu durumda pompaların çalıştırılmasının kirlilik dağılımına ve seyrelmesine bir etkisinin olmadığını söylemek mümkündür.

Modelleme çalışmaları, çekek yeri önünde bir kaza sonucu 20×20 m²'lik bir alana kirletici yayıldığı varsayılarak yapılmıştır. Bu kirleticinin ilk değeri 1 kabul edilmiştir. Çalışmalar sonucunda kış mevsiminde esen rüzgarların 12 saat sonunda bu kirleticiyi limanın karşı kıyısında bulunan kumsala 3,350 kez azaltarak taşıdığı, kirleticinin 24 saat sonra ise 7,500 kez azalarak Bucak Denizi'nin batısına yöneldiği belirlenmiştir. Geçmiş yıllarda oluşan rüzgarlara ait istatistiklere bakıldığında limanı tamamen temizleyen bir akıntı düzenini

oluşturan rüzgarların kış aylarında yılda birkaç kez estiği görülmüştür. Model çalışması kış aylarında esen rüzgarın yılda bir kez estiği varsayımı ile yapılmıştır. Aynı kirleticilerin yaz aylarında ortalama 7.6 kez 5 saat estiği belirlenen rüzgarlar ile 120 kez azalarak limanın doğu ucuna taşındığı görülmüştür.

Modelleme çalışmaları sonucunda herhangi bir kaza anında kirlilik oluşması durumunda kış ayları boyunca rüzgarların (7.5 m/s, 24 saat süre ile W yönünden) bir kez esmesi durumunda kirletici değeri 24 saat sonunda 13,500 kez azalarak Bucak Denizi'nin batısına doğru yönelmiştir.

Açık denizden Bucak Denizi'ne pompa ile su verilmesi ve limana yerleştirilen iki pompa ile kirlilik bulutunun yerleştiği alana temiz su pompalanması durumlarında kirliliğin dağılması rüzgarla hemen hemen aynı olmaktadır. Bu nedenle pompa kullanılması ek bir maliyet ve işletme zorluğu getireceğinden tercih edilmemiştir.

Limanın rüzgarlarla temizlenebiliyor olmasına rağmen, liman işletmesinin, kullanıcıların limanda kirlilik oluşturmalarına izin vermemesi, herhangi bir kaza anında oluşabilecek kirleticiye hemen müdahale edebilecek sistemleri (bariyerler, temizlik amaçlı tekneler vb.) hazır bulundurması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Ahmet Cevdet Yalçın'er'e teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

1. Kaş ve Finike meteoroloji istasyonları verileri.
2. "Kaş Yat Limanı Rüzgar ve Dalga İklimi Çalışmaları", Dolfen Mühendislik Danışmanlık Ltd. Şti., Mart 2000.
3. "Kaş Yat Limanı Üç Boyutlu Matematiksel Hidrodinamik Model ve Liman İçi Kirlilik Çalışması", Dolfen Mühendislik Danışmanlık Ltd. Şti., Haziran 2000.

SUMMARY

Environmental pollution, which threatens natural resources globally, has made environmental problems one of the most important concerns of man in the last 30 years. Therefore, environmental impacts of the projects, are taken into consideration by all points of views.

At the beginning of “Kaş Yacht Harbor” Project, wind and wave analysis were done. Transformation of waves into Bucak Sea were examined and accordingly location of floating breakwater was determined. Considering probabilities of any accidental or cumulative pollution of the harbor area, a 3 dimensional mathematical modeling study carried out to determine the pollution distribution in the hydrodynamic structure of the region. The major factors, wind and artificial flow were taken in several cases and the probable condition of the area was modelled.



DÜŞEY YÜZLÜ DALGAKIRANLARIN KIRILAN DALGALAR ALTINDA TASARIM RİSKLERİNİN BELİRLENMESİ

Can Elmar BALAS
Doç. Dr.
Gazi Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Ankara

Ayşen ERGİN
Prof. Dr.
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Ankara

Fırat İÇMELİ
İnş. Yük. Müh.
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Ankara

ÖZET

Düşey yüzlü dalgakıranlarda net yerçekimi kuvveti ile dalga etkisi altındaki dinamik basınç yükünün limit durumdaki dengesi tasarım kriteridir. Önerilen güvenilirliğe dayalı risk belirleme modelinde (REBAD), düşey yüzlü dalgakıranlara etkiyen yükler ve dayanım değişkenleri olasılık dağılımları kullanılarak modellenmiştir. Kırılan dalga yükleri altında kayma ve devrilme olasılıkları I, II ve III. Seviye güvenilirlik yöntemleri ile hesaplanmıştır. Bu çalışma kırılan dalga yükü altındaki düşey yüzlü dalgakıranlar üzerinde Goda yöntemi kullanılarak yapılan güvenilirlik esaslı tasarımın Türkiye'deki ilk uygulamasıdır. Geliştirilen güvenilirlik analiz yöntemi Ereğli'deki Yeni Erdemir Limanı'na uygulanmıştır. II. Seviye güvenilirlik yöntemi olan birinci-derece ikinci-moment güvenilirlik esaslı tasarım yöntemi, III. Seviye güvenilirlik yöntemi olan Monte Carlo Benzeşimi ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak Goda yönteminin, Minikin metoduna göre düşey yüzlü dalgakıranların kırılan dalga durumunda daha uygulanabilir sonuçlar verdiği saptanmıştır.

GİRİŞ

Düşey yüzölçümlü dalgakıranlarda temel tasarım ölçütü, dalgakıranın düşey yüzölçümlü ağırlık duvarı kısmının dengede olmasıdır. Yapıda dengeleyici dayanım kuvveti net yerçekim kuvveti, etken kuvvet ise dalga yüküdür. Yapısal sağlamlık ölçütleri dik kısmın kayma ve devrilmesidir. Düşey yüzölçümlü dalgakıranların dalga yüklerine göre analizi yapılırsa, kırılmayan, kırılan ve kırılmış dalga yüklemelerine göre tasarımları sınıflandırmak mümkündür. Düşey yüzölçümlü dalgakıranlara etkiyen dalga basıncını ölçmek ve dalga basınç formülleri geliştirmek için bir çok analitik ve deneysel çalışmalar ve saha gözlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada I, II ve III. Seviye yöntemleri düşey yüzölçümlü dalgakıranların, kırılan dalga yükü altında, kayma ve devrilme ölçütlerinin risk değerlendirmesi için kullanılmıştır. Düşey yüzölçümlü dalgakıranlara kırılan dalga durumunda etkiyen kuvvetleri bulmak için Goda yöntemi esas alınmıştır [1].

Çalışmanın temel amaçları; düşey yüzölçümlü yapıların kırılan dalga yükü altında, limit durumda yıkılma olasılığını Goda yöntemiyle elde edilen yıkılma fonksiyonlarıyla belirlemek; II. Seviye güvenilirlik yöntemi kullanarak, yapının kırılan dalga yükü altında kayma ve devrilme durumlarına göre riskini bulmak için güvenilirlik analizi yapan bir bilgisayar programı geliştirmek; bu programın sonuçlarını Monte Carlo Benzeşiminden ve belirlenimci yöntemden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmaktır.

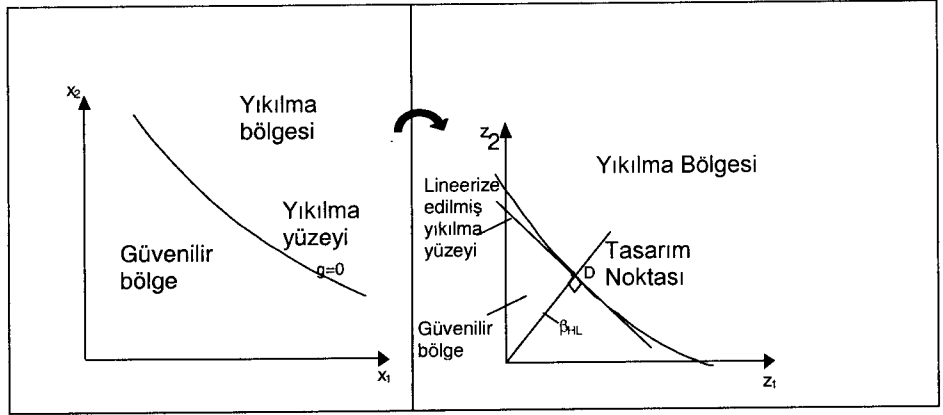
RİSK MODELİ

Türkiye’de geliştirilen güvenilirlik esaslı risk değerlendirmesi ve yapı tasarım modeli (REBAD) [2], önemli kaynak harcamaları ve yıkılma olasılıkları ile özdeşleşen deniz yapılarının ön tasarımında kullanılan ve dünyada kabul görmüş en önemli modellerden birisidir [3] [4] [5]. REBAD modelinde kıyı yapılarının güvenilirliği, limit durumundaki rassal yük ve dayanım değişkenlerinin modellenmesiyle değerlendirilir. Güvenirlik tasarım yöntemleri kullandıkları olasılık derecelerine göre 3’e ayrılırlar. Bunlar I. Seviye, II. Seviye ve III. Seviye yöntemleridir [6]. I. Seviye yöntemi emniyet katsayılarının kullanıldığı limit durum yöntemidir. Etken yüklerin değerleri emniyet katsayılarıyla çarpılarak arttırılırken, dayanım kuvvetleri bu

katsayılarla bölünerek azaltılır. II. Seviye güvenilirlik yönteminde etken yük ve dayanımın normal dağıldığı varsayılır. III. Seviye güvenilirlik yönteminde tüm yük ve dayanım değişkenleri kendi olasılık dağılım fonksiyonları ile modellenir. Düşey yüzölçümü dalgakıranlarda II. Seviye güvenilirlik analizi için yapılması gerekenler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) Denge Modeli: Yapının etken yükleri ve dayanım kuvvetleri altında limit (denge) durumunu belirten bir model geliştirilir.
- 2) Tasarım Değişkenleri: Denge analizine girecek olan yükleme ve dayanımla ilgili olan yapı parametreleri belirlenir. Sabit olarak kabul edilecek parametreler ve rastlantısal değişkenler ayırt edilir. Rastlantısal değişkenlere ortalama değerler ve standart sapmalar tayin edilir.
- 3) Performans (Limit Durum) Fonksiyonu: Performans fonksiyonu tasarım değişkenleri (sabit parametreler ve rastlantısal değişkenler) ile oluşturulur. Bir sistemin performans fonksiyonu, X olarak tanımlanan dayanım ve Y olarak tanımlanan yükün rastlantısal fonksiyonu $g(X,Y)$ 'dir. Limit (denge) durumunda performans fonksiyonu $g(\bar{X}, \bar{Y}) = 0$ olarak tanımlanır.
- 3) Güvenirlik İndeksinin Hesaplanması, β : Bir performans fonksiyonu ve limit durumunda, güvenilirlik indeksi, $\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g}$ şeklinde tanımlanır.

Güvenirlik indeksinin bu şekilde hesaplanması davranış fonksiyonu $g(\bar{X}, \bar{Y})$ 'nin lineer olduğu durumda geçerlidir. Eğer yıkılma fonksiyonu lineer değilse Hasofer-Lind güvenilirlik indeksi β_{HL} [7] kullanılır. Bu yöntemde temel değişkenlerin normalize olmuş değişkenlere dönüştürülmesi esastır. Hasofer-Lind güvenilirlik indeksi, orijinden z-koordinat sisteminin yıkılma yüzeyindeki en yakın noktaya (D) olan uzaklık olarak tanımlanır (Şekil 1). Bu nokta tasarım noktasıdır. Tasarım noktası ve β_{HL} 'nin hesaplanması sayısal yöntemlerle yapılabilir. Monte Carlo Benzeşimi mühendislik problemlerindeki belirsizliklerin istatistiksel analizi için kullanılabilen bir yöntemdir. Özellikle de birkaç değişkenin doğrusal olmayan denklemlerle bağlandığı karmaşık problemler için yararlıdır.



Şekil 1. Hasofer ve Lind güvenirlilik indeksinin tanımı.

Monte Carlo yönteminde eğer bir sistemdeki parametrelerin olasılık dağılımları biliniyorsa, sistemin davranışı parametrelerin alacağı olası değerlerin yaratılmasıyla ortaya konulur. Monte Carlo analizi laboratuvar yerine bilgisayarda gerçekleştirilen deneylerden oluşur.

II. Seviye güvenirlilik analizinde, stokastik parametreler ortalama ve standart sapma gibi istatistiksel parametrelerle tanımlanır. Tasarım dalga yüksekliği, betonun yoğunluğu ve sürtünme katsayısı temel değişkenler olarak tanımlanmıştır. Dalga yüksekliğinin Weibull dağılımına uygun olduğu belirlenmiştir. Weibull dağılımının toplam ve yoğunluk olasılık fonksiyonları aşağıda sunulmuştur:

$$F_X(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^b\right] \quad (1)$$

$$f_X(x) = \frac{b}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^b\right] \quad (2)$$

Beton yoğunluğu Normal dağılımla modellenmektedir [8]. Sürtünme katsayısının 0.5-0.7 aralığında değişmekte ve Normal dağılıma sahip olduğu belirlenmiştir [9]. Düşey yüzölçümü dalgakıranın kayma ve devrilme durumlarına göre davranış fonksiyonları kırılan dalga yüklerine göre elde edilmiştir. Düşey yüzölçümü dalgakıranın kırılan dalga yükü altında Goda'nın yöntemine göre kayma durumundaki limit (denge) durum fonksiyonu:

$$g = \kappa (M g - U) - P = 0 \quad (3)$$

Devrilme durumundaki limit (denge) durum fonksiyonu ise;

$$g = M g t - M_U - M_P = 0 \quad (4)$$

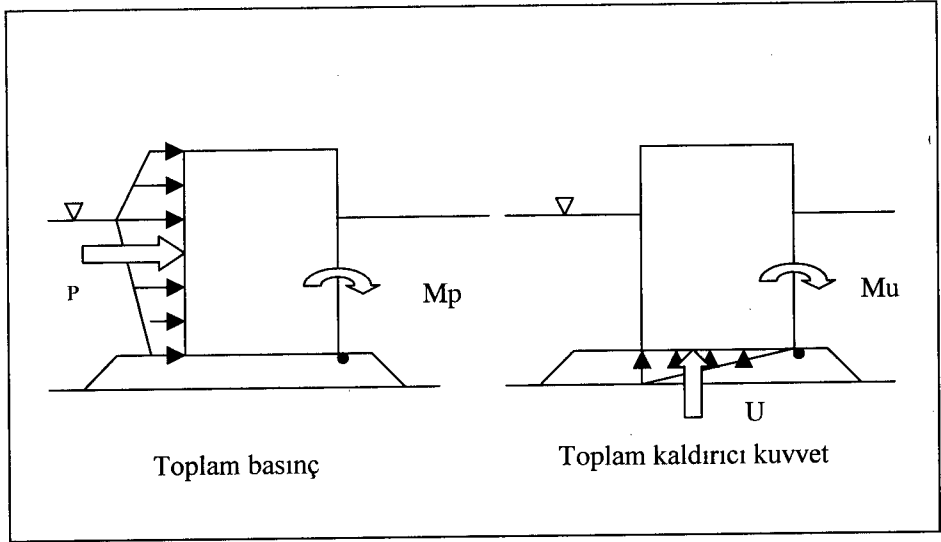
şeklinde belirtilmiştir. Denklemlerde κ : sürtünme katsayısı, M: kütle, U: toplam kaldırıcı kuvvet, P: toplam basınç, M_U ve M_P ise sırasıyla toplam kaldırıcı kuvvetin ve toplam basıncın momentleridir (Şekil 2).

Hasofer-Lind güvenilirlik indeksi kayma ve devrilme durumları için elde edilmiştir. Weibull dağılımına sahip olan dalga yüksekliğinin ölçek ve şekil parametreleri bulunmuştur. Eşlenik normal dağılımların ortalama ve standart sapma değerleri elde edilmiştir. Limit durum fonksiyonunun her değişkene göre kısmi türevleri alınıp yönsel kosinüsleri hesaplanmıştır. Limit durum fonksiyonları için güvenilirlik indeksi belirlenmiş ve normalize yıkılma noktaları hesaplanmıştır.

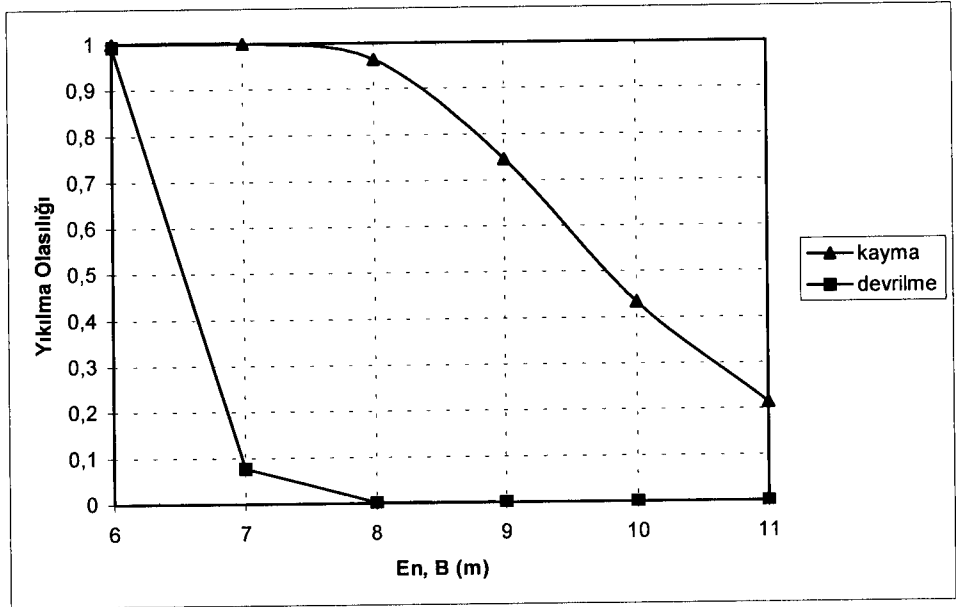
MODELİN UYGULANMASI

Güvenirlik modeli Ereğli'deki Yeni Erdemir Limanı ana dalgakıranına uygulanmıştır. I. Seviye (belirlenimci) yöntemi ile, dalgakıran genişliği kayma yıkım modu için 7.6 m, devrilme yıkım modu için 6.3 m bulunmuştur. Minikin yöntemi kullanılarak yapı boyutları aynı yük ve denge koşulları için hesaplanmıştır. Dalgakıran genişliği 18 m, yapının yüksekliği de 17 m bulunmuştur. Goda yöntemi, Minikin metoduna göre daha ekonomik dalgakıran kesitleri önermektedir [10].

II. Seviye bulgularında %20'lik kayma olasılığı tasarım kriteri için esas alınmıştır. Şekil 3'te görüldüğü gibi kayma durumu devrilme durumuna göre daha yüksek olasılığa sahiptir. Bunun sonucunda, tasarım kayma durumuna göre yapılmıştır ve dalgakıran eni 11 m olarak bulunmuştur.



Şekil 2. Limit durum fonksiyonu temel değişkenleri.



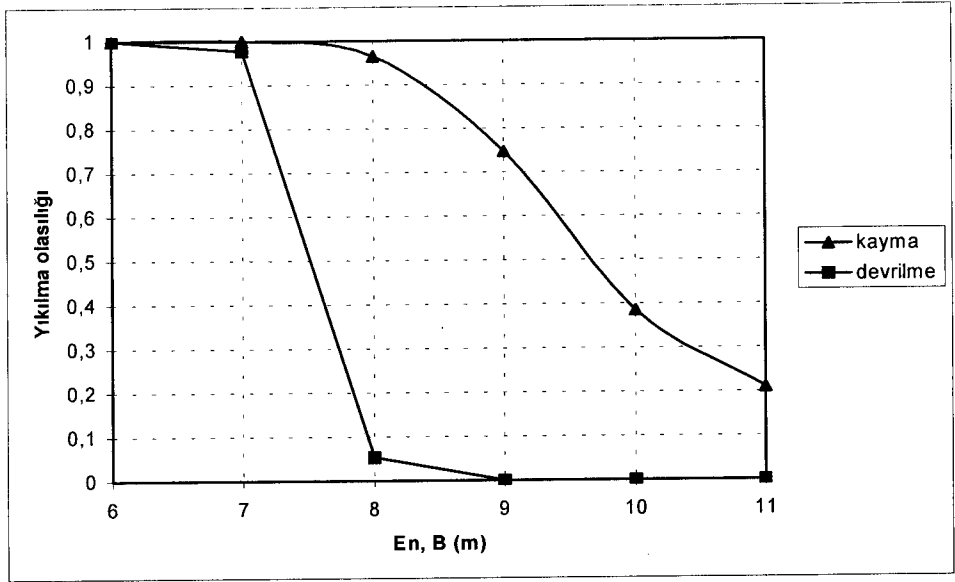
Şekil 3. Düşey yüzölümlü dalgakırının kırılan dalgalar altında 50 yıllık süre içinde kayma ve devrilme tasarım kriterlerine göre II. Seviye yöntemi ile bulunan yıkılma olasılıkları.

III. Seviye yönteminde de, %20'lik kayma olasılığı tasarım kriteri olarak alınmıştır. Şekil 4'te gözlemlendiği üzere, kayma durumu devrilme durumuna göre daha kritiktir. Elde edilen sonuçlar tasarımın kayma durumuna göre yapılacağını ve dalgakıran eninin 11 metre alınabileceğini göstermiştir. Tasarım dalga yüksekliğini aşan bireysel dalgalar, düşey yüzölçümüne dalgakırandaki hasara yol açabilir. Bu sebeple, Weibull dağılımı yerine ortak Weibull-Rayleigh dağılımı kullanılmış ve dalgakıran eni 13 m olarak hesaplanmıştır.

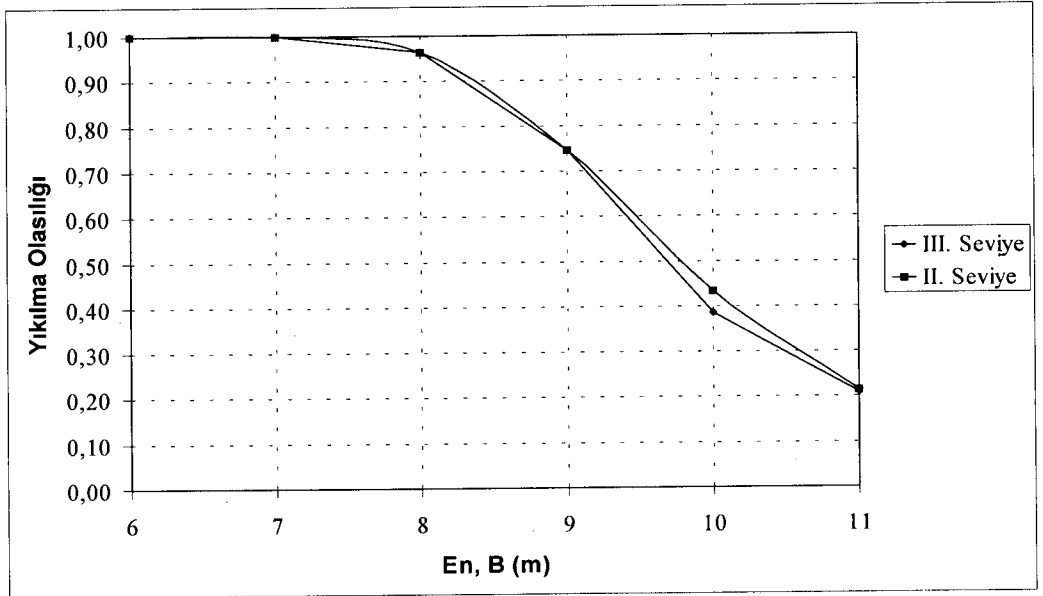
$$F_i(x_i) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{H}{C\alpha}\right)^D\right] \quad (5)$$

I. Seviye (belirlenimci) güvenilirlik yönteminde kayma durumuna göre yapılan tasarımda dalgakıran eni 7.6 metre hesaplanmıştır. II. Seviye yönteminde Normal (Gauss) olmayan dağılıma sahip değişkenler, Normal dağılıma dönüştürülmekte, III. Seviye yönteminde ise parametreler kendi olasılık dağılımlarıyla modellenmektedirler II. ve III. Seviye güvenilirlik yöntemleri ile kayma durumuna göre yapılan tasarımda dalgakıran eni 11 m olarak bulunmuştur. Bu yıkım durumunda, II. ve III. Seviye yöntemleri ile birbirine yakın yıkılma olasılıkları hesaplanmış (Şekil 5) ve 11 m genişliğindeki dalgakıranın 50 yıllık ömrü içindeki yıkılma olasılığı yaklaşık %20 olarak belirlenmiştir. Tasarımda ortak Weibull-Rayleigh dağılımı kullanarak bireysel dalgaların oluşma ve uzun dönem olasılıkları ortak bir dağılımla ifade edilmiş ve Weibull dağılımının kullanılmasına oranla yıkılma olasılıkları ve dalgakıran genişliği daha yüksek çıkmıştır [11].

REBAD, dalga döneminin olasılık dağılımıyla modellenmesi, kırılmış dalga (broken wave) durumunda tasarım, dalgakıran boyutlarının değişmesi ile düşey yüzölçümüne dalgakıranların ekonomik analizi, temelin yıkılmasının düşey yüzölçümüne dalgakıranların güvenilirlik analizindeki etkisini içeren alt modellere de sahip olan geniş kapsamlı bir güvenilirlik risk modelidir..



Şekil 4. Düşey yüzlü dalgakırının kırılan dalgalar altında 50 yıllık süre içinde kayma ve devrilme tasarım kriterlerine göre III. Seviye yöntemi ile bulunan yıkılma olasılıkları.



Şekil 5: Düşey yüzlü dalgakırının kırılan dalgalar altında 50 yıllık süre içinde kayma tasarım kriterine göre II. ve III. Seviye yöntemleriyle hesaplanmış yıkılma olasılıkları.

SONUÇ

Güvenirlik yöntemlerinde, düşey yüzölü dalgakıranın tasarımında optimum dalgakıran genişliğı inşaat ve onarım maliyetlerinin optimizasyonu ile elde edilmektedir. III. Seviye yöntemi için benzeşim zamanı (CPU) Pentium II Celeron işlemciyle 1 dakika 8 saniye, II. Seviye yönteminin hesaplama süresi ise yaklaşık 2 saniyedir. Tasarım değişkenlerinin aralarındaki bağlantıyı göz önüne aldığından, III. Seviye yönteminin kullanılması, işlemci süresinin uzunluğuna rağmen tercih edilmelidir. Çünkü Monte Carlo Benzeşimi (III. Seviye) rassal değişkenlerin olasılık dağılımlarının ve korelasyonlarının uzun dönem verileri ile kabul edilebilir doğrulukta tanımlanmasıyla, II. Seviye yöntemlerine göre daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Goda, Y. "Performance-Based Design of Caisson Breakwaters with New Approach to Extreme Wave Statistics", *Coastal Engineering Journal*, Vol. **43**, No.4, pp. 289-316 (2001).
2. Balas, C.E. ve Balas L., "Risk Assessment of Some Revetments in South West Wales, UK", *ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, American Society of Civil Engineers*, Vol. **61** (2002).
3. Balas, C.E. ve A. Ergin, "Reliability-Based Risk assessment in Coastal Projects: Case Study in Turkey", *ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, American Society of Civil Engineers*, Vol. **128**, No. 2, 52-61 (2002).
4. Balas, C. E. ve A. Ergin "A Sensitivity Study for the Second Order Reliability-Based Design Model of Rubble Mound Breakwaters," *Coastal Engineering Journal*, Vol. **42**, No.1, 57-86 (2000).

5. Ergin, A. ve Balas, C.E. "Reliability-Based Risk Assessment of Rubble Mound Breakwaters Under Tsunami Attack", *Journal of Coastal Research*, Special Issue, (2002).
6. Goda, Y. ve Takagi, H., "A Reliability Design Method of Caisson Breakwaters With Optimal Wave Heights", *Coastal Engineering Journal*, Vol. **42**, No. 4, pp. 357-387 (2000).
7. Melchers, R.E. *Structural Reliability Analysis and Prediction*, Second Edition, John Wiley and Sons Ltd., New York, USA, p. 90-110 (1999).
8. Burcharth, H.F. ve Sorensen J.D. "Design of vertical wall caisson breakwater using partial safety factors." *Proceedings of 20th International Conference on Coastal Engineering* (ICCE), ASCE, Copenhagen, 2138-2151 (1998).
9. Franco, L., Lamberti, A., Noli, A. ve Tomasicchio, U. "Evaluation of Risk Applied to the Designed Breakwater of Punta Riso at Brindisi, Italy", *Coastal Engineering*, pp. 169-191 (1996).
10. Ergin, A. ve Abdalla, S. "Comparative Study on Breaking Wave Forces on Vertical Walls", *ASCE Journal of Waterways, Ports, Coastal and Ocean Engineering*, Vol. **119**, No. 5, pp. 560-567 (1993).
11. İçmeli, F. (2001), "Risk Assessment of Vertical Wall Breakwaters Using Sliding and Overturning Design Criteria For Breaking Waves", M.Sc. Thesis, Middle East Technical University (2001).

KIYI ALANLARI DOĞAL YAPI VE KULLANIM DEĞERLENDİRİLMESİNDE BULANIK MANTIK YÖNTEMİ YAKLAŞIMI

Ayşen ERGİN *
Prof. Dr.

Engin KARAESMEN*
Dr.

Tansel KARAKAYA*
Y. L. Öğr.

M. Rıfat DEDEOĞLU*
Y. L. Öğr.

* ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü; Ankara, Türkiye

ÖZET

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, doğal alanların fiziksel özellikleri ve kullanımı insan-doğa etkileşimini de göz önüne alarak değerlendirilmektedir. Özellikle kıyı alanlarının doğal güzelliklerinin ve kullanım olanaklarının sunduğu büyük ekonomik kaynaklar, bu alanları ülke ekonomisinin vazgeçilmez bir parçası yapmaktadır. Ancak bu kaynakların, doğru planlanmadan; bilinçsizce aşırı kullanımı kıyılarımızın doğal güzellik ve özelliklerini geri gelmeyecek şekilde yok etmektedir. Kıyılarımızın kaybolmasını istemediğimiz doğal yapılarını, gelecek nesillere devredecek şekilde saklayabilmek ancak "sürdürülebilir gelişme" ölçütlerini de dikkate alarak yapılacak "doğal yapı ve kullanım" değerlendirilmesi ile mümkündür.

Kıyı alanlarında yapılacak bu tür bir çalışmanın, bu alanların korunmasında önemli bir araç olacağı düşüncesiyle, bu proje, Türkiye’de ilk pilot proje olarak Antalya ve Mersin yörelerinde başlatılmıştır. Bu çalışmanın bulanık mantık yöntemi kullanılarak yapılması kıyı çalışmalarında bir ilktir ve ortaya konulacak metodu evrensel boyuta taşımaktadır.

GİRİŞ

Doğal alanların fiziksel özellikleri ve kullanımı insan-doğa etkileşimini de göz önüne alarak değerlendirilmelidir. Kıyı alanlarının sunduğu büyük ekonomik kaynakların, doğru planlanmadan; bilinçsizce aşırı kullanımı kıyılarımızın doğal güzellik ve özelliklerini geri gelmeyecek şekilde yok ettiği bir gerçektir. Kıyılarımızın kaybolmasını istemediğimiz doğal yapılarını, gelecek nesillere devredecek şekilde saklayabilmek ancak "sürdürülebilir gelişme" ölçütlerini de dikkate alarak yapılacak "doğal yapı ve kullanım" değerlendirilmesi ile mümkündür. Bu değerlendirmeler

- a) kıyı-kaynak bilgileri için bilgi tabanı oluşturulması,
- b) sürdürülebilir gelişme planlamasına veri sağlaması,
- c) çevre değerlendirme ölçütlerinin ortaya konulması,
- d) farklı alanların aynı ölçütlerle karşılaştırılabilmesi

açılarından çok önemlidir.

ÇALIŞMANIN AMACI

Kıyı alanları doğal yapı kullanım değerlendirilmesi için bu projede geliştirilen metot,

- a) doğal güzellikleri ile ortaya çıkan alanların gelecek kuşaklara aktarılacak "miras kıyıları" olarak belirlenmesi , fauna ve florası ile koruma altına alınmasına,
- b) sürdürülebilir gelişmenin kontrollü olarak yapılacağı alanların tanımlanmasına,
- c) kıyı alanları kaynak kullanımının "sürdürülebilir gelişme" ölçütlerine göre planlanmasına

yardımcı olabilecek niteliktedir.

Kıyı alanlarında yapılacak bu tür bir çalışma, bu alanların korunmasında önemli bir araç olacaktır ve bir pilot proje olarak uygulamalar Antalya ve Mersin yörelerinde yapılmıştır.

Değerlendirme aşamasına yönelik bulanık mantık yöntemi kullanılması kıyı çalışmalarında bir ilktir ve ortaya konulacak metodu evrenselleştireceği düşünülmektedir.

ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Kaynak kullanıcıların, doğal alanların fiziksel özelliklerini, güzelliklerini ve kullanım potansiyellerini bilimsel olarak değerlendirmeleri ve farklı bölgeleri karşılaştırmalı olarak irdelemeleri pek çok güçlük içermektedir. Tamamlanan literatür çalışmaları ve gözlemler sonunda kıyılara ilişkin çalışmaların hız kazandığı ancak yeterli sayıya ulaşamadığı görülmüştür. Linton (1968), Leopold (1969), Zube (1973), Shuttleworth S. (1980), Williams (1986) ve Countryside Commission'un (1987) çalışmaları öncü nitelik taşımalarına rağmen kıyı alanları için henüz bilimsel bir değerlendirme metodu mevcut değildir. Bu çalışma, kıyı alanlarına yönelik görsel alan verilerinden hareketle doğal güzelliklerin ve özelliklerinin tarafsız bir kaynak olarak değerlendirilmesine yardımcı olacaktır.

Kıyı Alanları Görsel Değerlendirilme Sisteminde (KAGDS) görsel bulguların işaretleme yoluyla bir manzaranın estetik özelliklerini puanlaması, değerlendiricinin referanslarının ve öngörülerinin baskın olması yönleriyle öznel olacağı için eleştiri alabilir.

Kıyılarının görsel değerlendirmesinde, kültürel birikim, yaş, cinsiyet, eğitim, gibi çok sayıda etken rol oynamaktadır. Kıyı alanları görsel değerlendirilmesinde kullanılan sayısal puanlama, dilsel terimlerle ifade edilmesine rağmen nitel, öznel izlenimleri yansıttığı için belirsizliğini önleyememektedir. Bundan dolayıdır ki bu çalışmada, değerlendirme parametreleri hakkında yapılan belirsiz ve öznel ifadelerin ölçülmesinde uygun yaklaşım olarak Bulanık Mantık Yöntemi (BMY) düşünülmüş ve kullanılmıştır [1,2]. BMY kullanıldığında her bir değerlendirme parametresi, ağırlıklı ortalamalar olarak, bir etken olarak değerlendirmeye katılmaktadır.

Kıyı Alanları Değerlendirme Parametreleri

Değerlendirme parametrelerinin ağırlıklarının elde edilmesinde, fiziksel ve insan kullanımı etkenlerinin baskınlığını ortaya koyabilmek çok önemlidir. Bu nedenle değerlendirme sonuçlarını etkileyen ana etkenler **Fiziksel (P)** ve **İnsan Kullanımı (H)** olarak ayrı ayrı ele alınmış ve “Görsel Değerlendirme Etken Kümesi” **F** aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$F = \{\text{fiziksel, insan kullanımı}\} = \{P, H\} \quad (1)$$

F kümesinin alt kümeleri **P** ve **H** değerlendirme parametrelerinden oluşur.

Alt Kümeler

Bu çalışmada etken alt kümeler **P** ve **H** sırasıyla onsekiz ve sekiz ayrı değerlendirme parametresinden oluşacak şekilde aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$P = \{\text{yamaç yüksekliği, yamaç eğimi, yamaçta özel oluşumlar, deniz kenarı tipi, deniz kenarı genişliği, deniz kenarı rengi, kaya platformu eğimi, kaya platformu genişliği, kaya platformu düzgünlüğü, kum tepelikleri, vadi, yer şekilleri, gel-git olayı, kıyıda özel doğa oluşumları, uzakların görünebilirliği, deniz suyunun rengi ve berraklığı, bitki örtüsü, yosunlar}\} \quad (2)$$

$$H = \{\text{gürültü, katı atıklar, kanalizasyon, tarımsal kullanım, yapılaşma, ulaşım, ufuk çizgisi, altyapı birimleri}\} \quad (3)$$

Bu çalışmada **P** alt kümesi için dört alt grup düşünülmüş ve

$$\mathbf{P} = \{P_1, P_2, P_3, P_{\text{Diğerleri}}\} \quad (4)$$

şeklinde ifade edilmiştir. İfade (4)'te

$P_1 = \{\text{yamaç yüksekliği, yamaç eğimi, yamaçta özel oluşumlar}\},$

$P_2 = \{\text{deniz kenarı tipi, deniz kenarı genişliği, deniz kenarı rengi}\},$

$P_3 = \{\text{kaya platformu eğimi, kaya platformu genişliği, kaya platformu düzgünlüğü}\}$

$P_{\text{Diğer}} = \{\text{kum tepecikleri, vadi, yer şekilleri, gel-git olayı, kıyıda özel doğa oluşumları, uzakların görünebilirliği, deniz suyunun rengi ve berraklığı, bitki örtüsü, yosunlar}\}.$

olarak tanımlanmış ve benzer nitelikteki özellikler bir araya getirilmeye çalışılmıştır.

Yukarıda sıralanan özellikler kullanılarak her bölge için KAGDS (Kıyı Alanları Görsel Değerlendirme Sistemi) tabloları oluşturulmuştur (Tablo 1A ve 1B). Çalışma süresince görsel açıdan değerlendirilen Kemer Çıralı, Antalya Konyaaltı, Mersin yöresi, Mersin Göksu Deltası kıyılarında bu tablolar kullanılarak alan çalışmaları yapılmıştır.

KAGDS içinde yer alan bir kısmı nesnel olmayan tüm parametreler en kötünden en iyiye doğru bir atıflandırma ile değerlendirilmiştir. Ancak, atıfların, başta “sürdürülebilirlik” kavramının esasları olan toplum ve çevre bağlarını değerlendirmeler olmak üzere, diğer özellikler için de kişisel gözlemler, sıralamalar, kıyaslamalar ve/veya yorumlardan oluşması ve çeşitli etkilere açık oluşu; ölçütlerde ve karar verme sürecinde belirsizlikleri de beraberinde getirmektedir. Kısaca, aynı anda birçok özelliğin değerlendiriliyor oluşu ve içerdikleri belirsizliklerin sonuca etkisi de dikkate alınarak , böylesine kapsamlı kıyı alanı değerlendirmesinde sonuç ve sıralamayı elde etmede bulanık mantık yönteminin uygun olacağı düşüncesiyle, bir matematik yöntem geliştirilmiştir. Bu yönetime göre basit ağırlıklı bulanık mantık esasına dayalı üyelik fonksiyonu için ağırlık katsayıları bulunması gerekmektedir. KAGDS tablosundaki (Tablo 1A ve 1B) değer parametrelerinin alması gereken ağırlıklı katsayılarını bulabilmek için Haziran 2001 de Çıralı ve Antalya Konyaaltı'nda anket çalışmaları yapılmış ve sonuçları Tablo 2 de verilmiştir. Uygulanan toplam 270 adet anketin 67'si yabancı turistlere, 203'ü yerli turistlere ve yöre halkına

uygulanmıştır. Bu anketlerde ülkelere göre gruplandırmanın dışında, mesleğe ve eğitim seviyesine göre de bir değerlendirme yapabilmek için anket uygulanan şahısların meslek grupları da titizlikle kaydedilmiştir.

Parametrelerin elde edilen ağırlık katsayıları, bulanık mantık matematik modelini oluşturan “Bulanık Mantık Değerlendirme” tablosunda (Tablo 3A ve 3B) verilmiştir. Bu tabloda her parametre için, parametrenin ağırlık katsayısı, alan çalışmalarında parametrelerin 1 ile 5 sayıları arasında değişen ve gözlemlere dayanan oylanan nitelikleri, bu niteliklerin girdi matrisi ve ayrıca bulanık mantık hesaplarının temelinde yatan, değerlendirmedeki belirsizliği kapsayan ve yine 1 ile 5 arasında değişen derecelendirme değişimlerinden oluşturulan “derece matrisi” verilmiştir. Sonuçta parametre ağırlık katsayısı ve derece matrisi kullanılarak her parametre için 1 ile 5 sayıları arasında yayılan “Bulanık Ağırlıklı Değerlendirme Matrisi” elde edilmiştir.

Fiziksel ve insan kullanımına ilişkin değerlerin ağırlıklı bulanık niteliksel ortalamaları sırasıyla V_P (Fiziksel) ve V_H (İnsan Kullanımı) matrisleri ile gösterilmiştir. “Bulanık Mantık” yöntemi modeli için bu çalışmada fiziksel ve insan parametreleri girdileri için eşit ağırlıklar ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$) alınmıştır. Üyelik değeri final matrisi R ise V_P (Fiziksel) V_H (İnsan Kullanımı) matrislerinin $\frac{1}{2}$ ve $\frac{1}{2}$ oranları toplamıyla elde edilmiştir [6].

Her alan için yapılan bu çalışmalara, burada örnek olarak Çıralı Plajı verilmiştir. Çıralı Plajı gözlemlere dayanan “Değerlendirme Grafiği” Şekil 1 de verilmiştir. Bulanık mantık değerlendirme matrislerinden yararlanarak (Tablo 3A ve 3B) “Ağırlıklı Ortalamalar - Nitelikler Çubuk Grafiği (AO-NÇG)” (Şekil 2) ve “Üyelik Derecesi - Nitelikler Grafiği (ÜD-NG)” (Şekil 3) oluşturulmuştur.

ÜD-NG’nin (Şekil 3) nitelik 5’e doğru yukarı eğim yapması Çıralı Plajı örneğinde olduğu gibi (4 ve 5 nitelik puanlarının yüksek olması) bu alanın doğal güzelliklerinin yanı sıra doğru insan kullanımına sahip olduğunu da gösterir. Grafiğin 1 ve 2 niteliklerde fazla puan toplaması ise bu alanların yanlış ve yoğun yapılaşma ile doğal güzelliklerini kaybettiğinin işareti olmaktadır. Mersin Kızkalesi, bunun çarpıcı bir örneğidir. (Şekil 4)

Tablo 1A : Kıyı Alanları Görsel Değerlendirme Sistemi (Fiziksel Parametreler)

Saha Adı:

Fiziksel Parametreler		Belirtilen Özellik Puanı				
		1	2	3	4	5
YAMAÇ	Yükseklik	Yok	<30m	31-60m	61-90m	>90m
	Eğim	Yok	45°	60°	75°	Dik
	Özel Oluşumlar*	Yok	1	2	3	>3
DENİZ KENARI	Tip	Yok	Çamur	Büyük Taşlar	Çakıl	Kum
	Genişlik	Yok	< 5 veya >100m	5-25m	25-50m	50-100m
	Renk	Yok	Koyu	Koyu Taba Rengi	Açık Taba Rengi	Beyaz/Altın Rengi
KAYA PLATFORMU	Eğim	Yok	<5°	5°-10°	10°-20°	20°-45°
	Genişlik	Yok	<5m	5-10m	10-20m	>20m
	Düzgünlük	Yok	Sivri / Kesici	Derin Çukurlu	Hafif Çukurlu	Pürüzsüz
KUM TEPECİKLERİ		Yok	Kalıntılar	Tek Kum Tepeciği	Çiftli Kum Tepeciği	Çok Sayıda Tepecikler
VADI		Yok	Kuru Vadi	(<1m) Akarsu	(2-4m) Akarsu	Nehir
YER ŞEKİLLERİ		Görünmüyor	Düz	Hafif Engebeli	Engibeli	Dağlık
GEL-GİT OLAYI		Makro (>4m)		Orta (2-4m)		Mikro (<2m)
KİYİDA ÖZEL DOĞA OLUŞUMLARI **		Yok	1	2	3	>3
UZAKLARIN GÖRÜNEBİLİRLİĞİ		Tek Yönden Açık	İki Yönden Açık		Üç Yönden Açık	Dört Yönden Açık
DENİZ SUYUNUN RENGİ VE BERRAKLIĞI		Çamur Rengi / Gri	Kirli, Donuk Mavi	Mavi Gri	Temiz Net Mavi / Yeşil	Çok Temiz Turkuaz
BITKİ ÖRTÜSÜ		Çıplak(Sadece 10%)	Çalılık	Çimen / Çayır	Seyrek Ağaçlık / Çayır	Ormanlık
YOSUNLAR		Devamlı >1m	Devamlı <1m	Parçalı Dağılım	Çizgisel Dağılım	Yok

* Yamaç Özel Oluşumları: Çentikli, Renk Bantları...

** Kıyıda Özel Doğa Oluşumları: Kemerler, Mağaralar, Oyuklar, Şelaleler, Adacıklar, Deltalar, Fauna

Tablo 1B : Kıyı Alanları Görsel Değerlendirme Sistemi - (İnsan Parametreleri)

Saha Adı:

İnsan Parametreleri	Belirtilen Özellik Puan				
	1	2	3	4	5
GÜRÜLTÜ	Tahammül Edilemez	Tahammül Edilebilir		Çok Az	Yok
ÇÖP	Çöple Kaplı	Çok Sayıda Birikim	Birikim	Kolayca Temizlenebilir	Görünürde Yok
KANALİZASYON	Belirgin Kanıtlar		Az Sayıda Kanıt (1-3)		Hiç Kanıt Yok
TARIMSAL KULLANIM	Yok		Teraslama /Tek Cins Ürün Ekimi		Doğal bırakılmış
YAPILAŞMA	Ağır Endüstri	Plansız Şehirleşme ve Turizm	Hafif Şehirleşme Endüstri ve Turizm	Planlı ve Çekici Şehirleşme ve Turizm	Tarihi Yapılar / Yok
ULAŞIM	Kıyı Geçiş Bölgesi Yok /Ağır Trafik	Kıyı Geçiş Bölgesi Yok /Hafif Trafik	Yetersiz Düzenleme	İyi Düzenlenmiş	Yalnızca Yaya Ulaşım
UFUK ÇİZGİSİ	Çok Kötü Görünüm	Kötü Görünüm	Güzel Tasarlanmış	Çok İyi Tasarlanmış	Doğal Oluşumlar / Tarihi Yapılar
ALTYAPI BİRİMLERİ***	Çok Sayıda (>3)	3	2	1	Yok

***Altyapı Birimleri: Elektrik Hatları, Boru Hatları, Sokak Lambaları, Mahmuz, Iskele, Dalgakıran Türü Deniz Yapıları

Tablo 2 : Haziran 2001'de Çıralı ve Antalya Konyaaltı'nda Yapılan Anket Çalışmalarının Sonuçları

Değerlendirme Parametreleri			Önem Derecesi					İlk Beş
			1	2	3	4	5	
1	Denize Dik İnen Yamaçlar	Yüksekliği	47	29	76	64	54	6
2		Eğimi	50	34	81	53	52	6
3		Renk ve Şekil Farklılıkları	34	19	49	58	110	13
4		Kum olması	32	17	24	51	146	81
5			75	46	68	45	36	18
6		Tipi	124	40	44	31	31	5
7			30	22	48	58	112	22
8	Sahil Şeridi	Renk	42	30	54	57	87	8
9	Doğal Kaya Platformu	Eğimi	58	47	77	52	36	2
10		Genişliği	45	54	79	53	39	3
11		Düzgünlüğü	38	35	62	54	81	16
12	Sahilde Kum Tepeciklerinin Bulunması		74	64	53	40	39	4
13	Vadi ve Akarsu Ağızı		42	25	42	75	86	14
14	Karada Özel Doğa Oluşumları	Düz Olması	70	51	68	43	38	12
15		Hafif Engbeler, Tepeler Bulunması	51	40	86	66	27	3
16		Dağlar - Sıradağlar Olması	37	23	43	53	114	28
17	Gel-git Olayının Bulunması		85	52	61	33	39	5
18	Deniz ve Kıyıda Özel Doğa Oluşumlarının Bulunması (Mağara, Şelale, Ada...)		7	5	21	53	184	90
19	Geniş Görüş Alanı Bulunması (Uzakları Görebilme)		18	15	49	65	123	23
20	Tarihi Yapıların Bulunması (Kale, Tarihi Kalıntılar)		8	16	23	63	160	85
21	Deniz Suyu Rengi ve Berraklığı		4	0	5	21	240	183
22	Yosun Olmaması		35	24	44	41	126	35
23	Hayvan Çeşitliliği (Kuş, Kaplumbağa, Balık...)		17	6	44	58	145	64
24	Doğal Bitki Örtüsü Çeşitliliği (Flora)		10	7	23	71	159	76
25	Sessizlik (Gürültü kirliliği olmaması)		7	6	13	39	205	138
26	Denizde Kirletici Atık Olmaması (Kanalizasyon)		6	0	5	13	246	210
27	Çevrede Tarımsal Kullanım Olması (Bağ Bahçe...)		40	24	84	62	60	15
28	Yoğun Yapılaşma ve Kullanım Olmaması (Görüntü Kirliliği Olmaması, Karada Ufuk Çizgisinin Doğallığı)		3	5	16	40	206	137
29	Ulaşım Kolaylığı		26	33	44	53	114	48

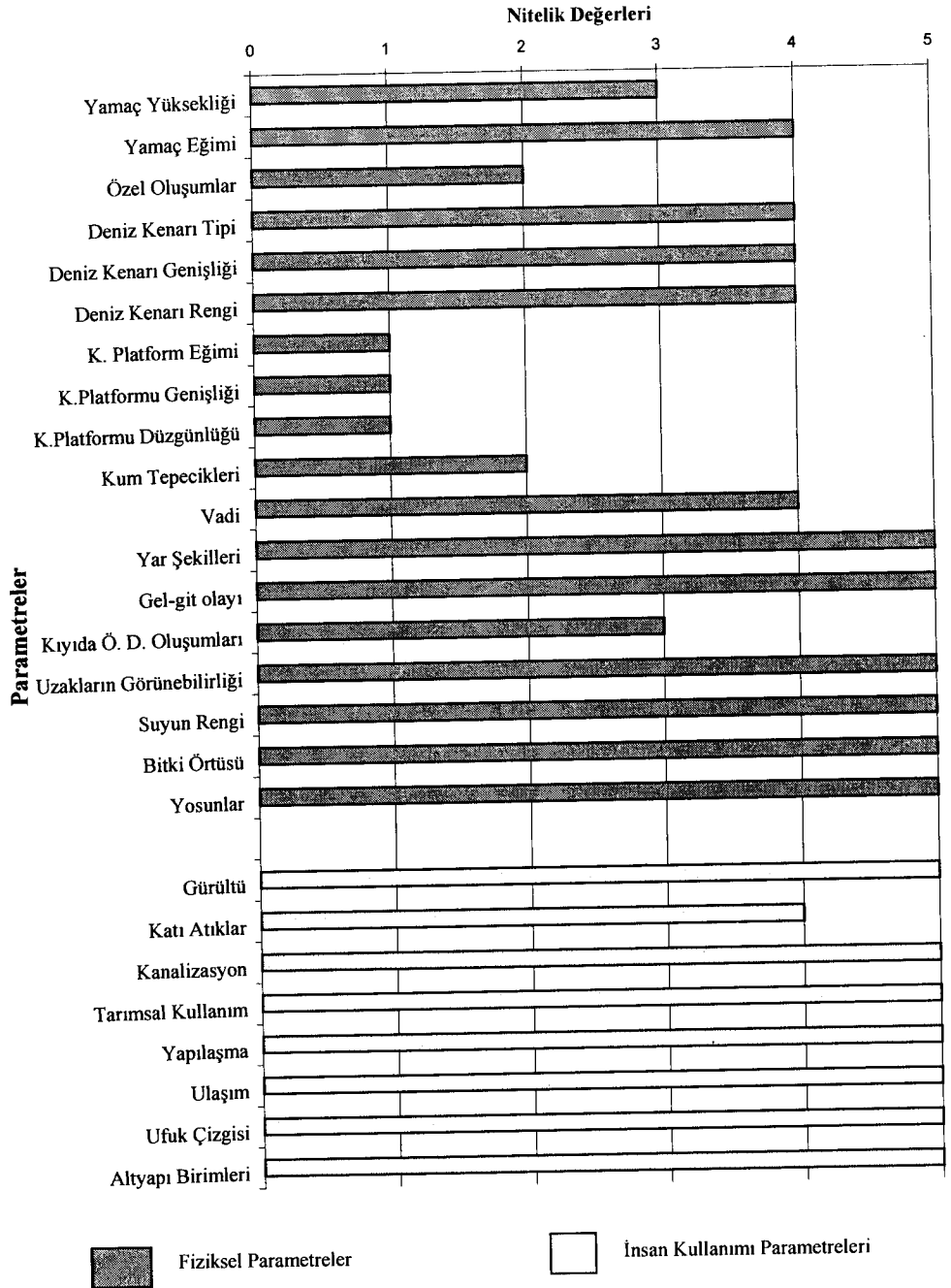
Tablo 3A: Çıralı Plajı Bulanık Mantık Değerlendirme Tablosu

Değerlendirme Parametreleri	Oylanan Nitelik	Parametre Ağırlıkları (W _p Sıra Matrisi)	Bulanık Mantık Değerlendirme Matrisleri														
			Derece Matrisi, G _p 'nin Elemanları					Bulanık Ağırlıklı Değerlendirme Matrisi, R'nin Elemanları									
			Nitelikler (1-5)										Nitelikler (1-5)				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Fiziksel																	
Yamaç Yüksekliği	3	0.019	0	0.30	1	0.3	0	0.000	0.006	0.019	0.006	0.000	0.000	0.006	0.019	0.006	0.000
Yamaç Eğimi	4	0.017	0	0	0.5	1	0.5	0.000	0.000	0.009	0.009	0.017	0.008	0.000	0.009	0.017	0.008
Özel Oluşumlar	2	0.028	0	1	0.3	0	0	0.000	0.028	0.008	0.008	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000
Deniz Kenarı Tipi	4	0.034	0	0	0	1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000
Deniz Kenarı Genişliği	4	0.029	0	0	0.2	1	0.6	0.000	0.000	0.006	0.006	0.029	0.017	0.000	0.006	0.029	0.017
Deniz Kenarı Rengi	4	0.024	0	0	0.6	1	0	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000
K. Platformu Eğimi	1	0.014	1	0	0	0	0	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K. Platformu Genişliği	1	0.015	1	0	0	0	0	0.022	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K. Platformu Düzgünlüğü	1	0.022	1	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Kum Tepecikleri	2	0.039	0	1	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Vadi	4	0.079	0	0	0	1	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.079	0.008	0.000	0.000	0.079	0.008
Yar Şekilleri	5	0.085	0	0	0	0.2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Gel-git Olayı	5	0.036	0	0	0	0	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Kıyıda Ö. D. Oluşumları	3	0.122	0	0	1	0.2	0	0.000	0.000	0.122	0.000	0.000	0.000	0.000	0.122	0.024	0.000
Uzakların Görünebilirliği	5	0.095	0	0	0	0.3	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.095
Suyun Rengi	5	0.139	0	0	0	0.2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.140
Bitki Örtüsü	5	0.117	0	0	0	0.2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.117
Yosunlar	5	0.086	0	0	0	0.2	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.086

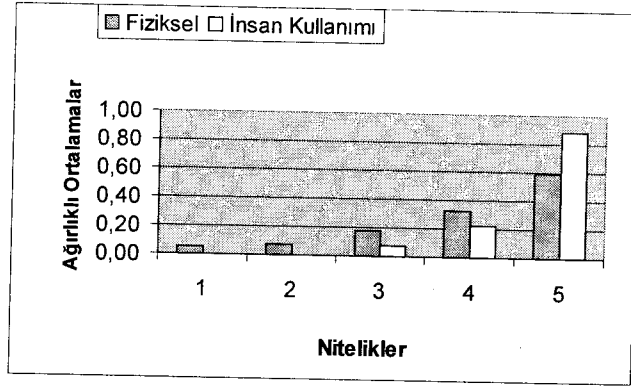
Tablo 3B: Çıralı Plajı Bulanık Mantık Değerlendirme Tablosu

Değerlendirme Parametreleri	Oylanan Nitelik	Parametre Ağırlıkları (W _H Sıra Matrisi)	Bulanık Mantık Değerlendirme Matrisleri														
			Derece Matrisi, G _H 'nin Elemanları					Bulanık Ağırlıklı Değerlendirme Matrisi, R'nin Elemanları									
			Nitelikler (1-5)					Nitelikler (1-5)									
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Gürültü	5	0.137	0	0	0	0	0.2	1	0.000	0.000	0.000	0.027	0.137				
Katı Atıklar	4	0.149	0	0	0	0.2	1	0.2	0.000	0.000	0.030	0.149	0.030				
Kanalizasyon	5	0.149	0	0	0	0.2	0	1	0.000	0.000	0.030	0.000	0.149				
Tarımsal Kullanım	5	0.064	0	0	0	0.2	0	1	0.000	0.000	0.013	0.000	0.064				
Yapılaşma	5	0.137	0	0	0	0.2	0	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137				
Ulaşım	5	0.091	0	0	0	0	0.2	1	0.000	0.000	0.000	0.018	0.091				
Ufuk Çizgisi	5	0.137	0	0	0	0	0	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137				
Alt Yapı Birimleri	5	0.137	0	0	0	0	0.2	1	0.000	0.000	0.000	0.027	0.137				
Fiziksel Nitelikler için Bulanık Ağırlıklı Ortalamalar Matrisi, V _P = W _P · G _P = (0.051 0.073 0.178 0.326 0.592)																	
İnsan Kullanımı Nitelikleri için Bulanık Ağırlıklı Ortalamalar Matrisi, V _H = W _H · G _H = (0.000 0.000 0.073 0.221 0.882)																	
Üyelik Değeri Final Matrisi; R = W _F · G =																	
0.737)																	

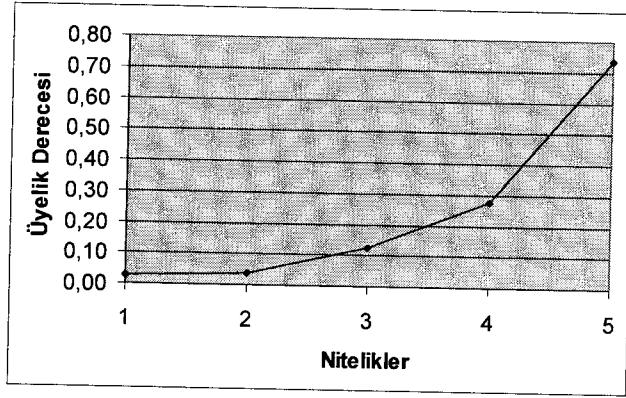
$$\left(\frac{1}{2} \frac{1}{2} \right) \begin{bmatrix} 0.051 & 0.073 & 0.178 & 0.326 & 0.592 \\ 0.000 & 0.000 & 0.073 & 0.222 & 0.882 \end{bmatrix} = (0.026 \ 0.036 \ 0.125 \ 0.274 \ 0.737)$$



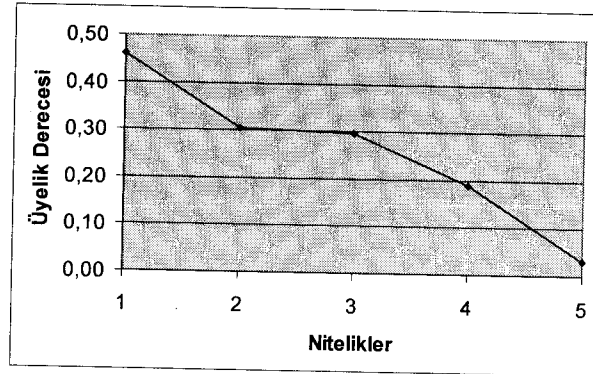
Şekil 1: Çıralı Plajı Değerlendirme Grafiği



Şekil 2: Çıralı Plajı Ağırlıklı Ortalamalar - Nitelikler Çubuk Grafiği (AO-NÇG)



Şekil 3: Çıralı Plajı Üyelik Derecesi - Nitelikler Grafiği (ÜD-NG)



Şekil 4: Mersin Kız Kalesi Üyelik Derecesi - Nitelikler Grafiği (ÜD-NG)

AO-NÇG’de fiziksel ve insan kullanımı parametrelerinin her nitelikte kazandığı puan açıkça görülmektedir (Şekil 2). 4. ve 5. niteliklerde kazanılan fiziksel parametrenin puanının yüksek olması doğal güzelliği, insan kullanımı puanının yüksek olması ise doğayı bozmadan az ve doğru yapılaşmayı simgelemektedir. 1. ve 2. niteliklerde ki yüksek puanlar ise fazla özelliği olmayan bir doğa yapısını ve yanlış insan kullanımının, örneğin yoğun ve plansız yapılaşmayı simgelemektedir. Örneğin Çıralıda (Şekil 2) en yüksek fiziksel ve insan kullanımı puanları nitelik 5’te görülmektedir, buna karşın nitelik 1 ve 2 de puanlar sıfıra yakındır.

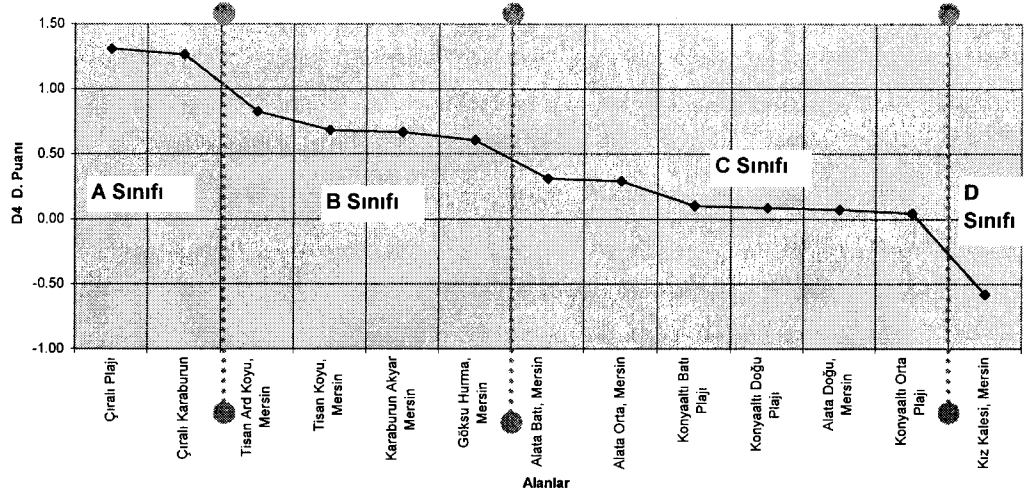
Alanların karşılaştırmalı çalışmasını yapabilmek için ÜD-NG kullanılarak değer puanları bulunmuştur. Değer puanı, 5’li değer sisteminde ÜD-NG’de oluşan eğri ve yatay eksen arasında kalan alanları 3’den büyük kısımlar için artı , küçükler için eksi ağırlıklı ortalamalar düşünülerek toplam alana oranlanarak aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Değer Puanı} = \frac{-2 \times A_{12} + (-1) \times A_{23} + (1) \times A_{34} + 2 \times A_{45}}{A_T} \quad (5)$$

Burada A_{ij} , i ve j nitelikleri arasında eğri ve yatay eksen arasında kalan alanı tanımlamaktadır. Görüldüğü gibi i ve j birbirini takip eden niteliklerdir (i =1,2,3,4 ve j = i +1). A_T ise ÜD-NG’nin yatay eksenle arasında kalan toplam alandır.

Çalışma alanları olan Antalya Konyaaltı Doğu, Orta ve Batı Plajları, Çıralı Plajı ve Çıralı Karaburun Plajında, Mersin Göksu Deltası, Mersin Kızkalesi, Akıyar Mevkii, Alata Bahçe Kùltürleri Enstitüsü Doğu Orta ve Batı Kısımları, Tisan Koyu (Afrodisiyan Harabeleri) ve Ard Koyu bölgelerinde yapılan saha çalışmalarında oluşturulan KAGDS tabloları kullanılarak bulanık mantık metodu ile her saha için AO-N ve ÜD-N grafikleri hazırlanmış ve değer puanları elde edilmiştir.

Alanların aldıkları değer puanlarına göre sıralanması grafik olarak Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: Değer Puanlarına Göre Alanların Sıralanışı ve Sınıflandırılması Grafiği

Sıralama grafiği incelendiği zaman 1 puanın üstünde Çıralı Karaburun ve Çıralı Plajı, 0.5 ile 1 puanları arasında Tisan Ard Koyu, Tisan Afrodisiyas Harabeleri, Göksu Deltası Hurma mevkii, 0.0 ile 0.5 puanları arasında Alata Doğu, Orta, Batı Plajları, Konyaaltı Doğu, Orta ve Batı Plajları, 0.0 puanı altında ise Mersin Kızkalesi Mevkii bulunmaktadır. Sonuç olarak alanların sıralama grafiği değişen eğimine göre bir sınıflandırılması yapılmıştır. Sınıflar, değer puanları arasında ilişkiler ve bölge özellikleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kıyı Alanları Sınıflandırması, Değer Puanları ve Bölge Özellikleri

Sınıf Türü	Değer puanı	Bölge Özellikleri
A	> 1	Doğal güzellik ve doğru insan kullanımının öne çıktığı yerler
B	0.5 – 1.0	Doğal güzellik puanlarının yanlış insan kullanımı dolayısıyla azaldığı yöreler.
C	0.0 – 0.5	Yanlış insan kullanımının fazlasıyla görüldüğü yerler
D	< 0	Yanlış ve yoğun yapılaşmanın doğal güzellikleri adeta yok ettiği yerler.

SONUÇLAR

Geliştirilen matematik model ile doğal güzellikleri ile ortaya çıkan alanların

- Gelecek kuşaklara aktarılacak "miras kıyıları" olarak belirlenmesi,
- Fauna ve florası ile koruma altına alınması,
- Sürdürülebilir gelişmenin kontrollü olarak yapılacağı alanların tanımlanması,
- Kıyı alanları kaynak kullanımının "sürdürülebilir gelişme" ölçütlerine göre planlanması,

konularında, yapılacak olan değerlendirmeler için temel alınabilecek bir değerlendirme ölçütü ortaya konmuştur.

Doğal güzelliği ile öne çıkan alanların doğru olmayan insan kullanım (kötü yapılaşma gibi) nedeniyle puan kaybederek değerlendirmede alt sıralara düştüğü, örneğin Antalya Konyaaltı Batı Plajında ve Mersin Kızkalesi'nde görülmektedir. Çalışma, bu nedenle de insan kullanımında uyarıcı ve yol göstericidir.

Bu çalışma, saha çalışması yapılan alanların "Doğal Yapı ve Kullanım Değerlendirilmesi" ne göre sıralanmasına olanak tanıdı. Böyle bir sıralama, farklı kıyı alanlarının matematiksel bir metotla karşılaştırılması için bilimsel bir ölçüt oluşturmaktadır. Ayrıca, yine bu çalışmayla kıyı alanları için fiziksel ve insan kullanımını karşılaştırmalı değerlendiren bilimsel bir yöntem ortaya koyulmuştur.

KAYNAKLAR

1. Dubois D. and Parade, H., Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications; Academic Press, 1979.
2. Kandel, A., Fuzzy Mathematical Techniques with Applications, Addison Wesley, 1986.
3. Landscape Assessment : A Countryside Approach ,Countryside Commission, CCD18, Cheltenham, UK, 1987.
4. Leopold, L. B., "Quantitative Comparison of Some Aesthetic Factors Among Rivers", Circ. 620, US Geol. Survey, Washington DC. USA, 1969, pp 1-16.
5. Linton D.L., "The Assessment of Scenery as a Natural Resource", Scottish Geog. Mag., 84, 1968, pp 219-238.
6. ODTÜ, AFP Bulanık Mantık Yöntemi ile Kıyı Alanları Doğal Yapı ve Kullanım Değerlendirilmesi, Proje No: 03.03.01 Sonuç Raporu, 2002
7. Shutleworth, S., "The Evaluation of Landscape Quality", Landscape Reseach, 5 (1), 1980, pp 14-20.
8. Williams A.T., " Landscape Aesthetics of the River Wye", Landscape Reseach, 11 (2), 1999, pp 25-30 .
9. Zube, E. H., "Perceived Landuse Patterns and Landscape Values", Landscape Ecology, 1 (2), 1987, pp 162-176.

COASTAL SCENIC ASSESSMENT USING FUZZY LOGIC APPROACH

Ayşen ERGIN *
Prof. Dr.

Engin KARAESMEN*
Dr.

Tansel KARAKAYA*
Graduate Student, CE.

M. Rifat DEDEOGLU*
Graduate Student, CE.

*METU Civil Engineering Department; Ankara, Türkiye.

SUMMARY

Landscape and scenery evaluations are the traditional man- environment concerns. Being significant resources their evaluation and assessment in an objective and scientific way are one of the goals for modern managers in the relevant fields. Coastal scenic assessment based on a scientific basis can be utilized mainly, in landscape preservation and protection. Although extensive literature exists on general scenery evaluations, there are still very limited examinations on coastal scenes. It is the objective of this study to provide means for robust comparisons among other resource considerations and improve resource inventories and carrying capacity decisions and environmental impact assessments concerning coasts.

Many recent comprehensive assessment and evaluation problems in the presence of vague information are now being based on fuzzy mathematics methods after relatively recent formalism introduced by Zadeh in 1960's. The method has developed ever since and now an expert or expert groups may quantify uncertainties and subjective pronouncements inherent in the scientific study and it is this motivation that lies behind the present study.

The quantified grading and/or qualitative and subjective observations and pronouncements for coastal scenic assessment and landscape evaluation are analysed by a simple weighted mean model of fuzzy mathematics and the final/ decisive grading is presented for Çıralı, Konyaaltı and for some Mersin coasts. It is hoped that with further data and developments on the tools, a scientific, comparative and universal scale may be reached for specifically deciding high coastal scenic regions as "World Heritage Coasts".