

T Ü R K İ Y E  
**MÜHENDİSLİK**  
H A B E R L E R İ

YIL : 66 / 2021 - 5

SAYI : 507



## Afet Hazırlık - II



**TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI**

Yapı Tasarımında 33 yıldır en gelişmiş,  
en güvenilir ve en çok tercih edilen marka.

ideCAD®

## Mimari Tasarım

Tasarım süreçlerini otomatikleştiren mimari-yapısal ekip çalışması ve işbirliği için vazgeçilmez BIM çözümü.

## Betonarme Tasarım

TBDY 2018 ve TS 500 ile uyumlu, mimari-yapısal ekip çalışması ve işbirliği için eşsiz BIM çözümü.

## Çelik Tasarım

TBDY 2018 ve ÇYTHYE ile uyumlu, mimari-yapısal ekip çalışması ve işbirliği için en verimli ve sezgisel BIM çözümü.

## Nonlinear Tasarım

TBDY 2018 Bölüm 5 ve Bölüm 15 ile uyumlu, yığılı ve yayılı plastik davranış modellerini destekleyen çok güçlü yapısal BIM çözümü.

her şey planladığınız gibi...

Çok disiplinli  
BIM tasarımı için  
ideYAPI bilgi modellemesi

Şimdi siz de ideYAPI® ailesiyle tanışıp,  
planlarınızı gerçeğe dönüştürmek için bize ulaşın.



Forum: [idecadsupport.com](http://idecadsupport.com)



Web: [www.idecad.com.tr](http://www.idecad.com.tr)



Facebook: [idecad.com.tr](http://idecad.com.tr)



Destek: [destek@ideyapi.com.tr](mailto:destek@ideyapi.com.tr)



Instagram: [idecad\\_software](https://www.instagram.com/idecad_software)

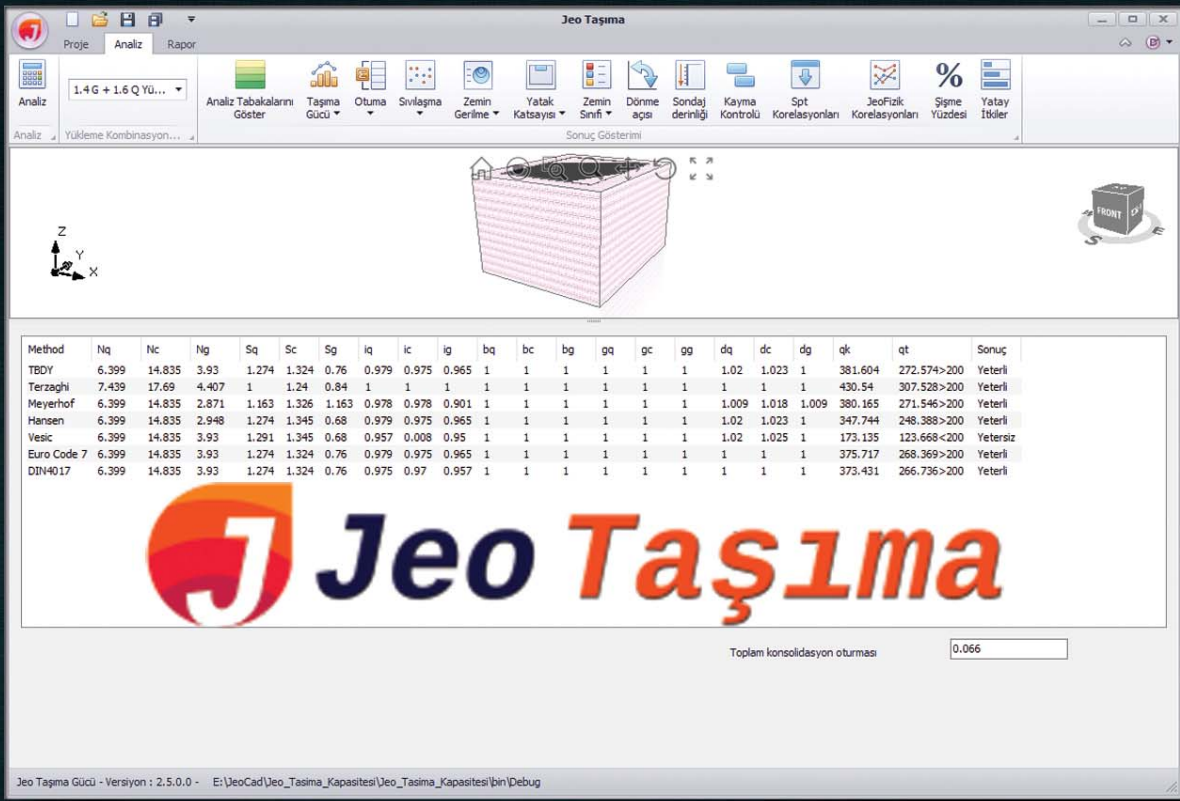


Youtube: [ideyapi\\_idecad](https://www.youtube.com/ideyapi_idecad)

ideYAPI İstanbul: Piyale Paşa Bulvarı Famas Plaza B - Blok Kat:5  
Okmeydanı Şişli / İstanbul Telefon: 0212 220 55 00

ideYAPI Bursa: Bağlarbaşı Mh. 1.Sedir Sk. Evke Onyx Plaza No:10 K:6 D:35  
Osmangazi / Bursa Telefon: 0224 220 67 17





# Jeo Taşıma

Toplam konsolidasyon oturması: 0.066

Jeo Taşıma Gücü - Versiyon : 2.5.0.0 - E:\JeoCad\Jeo\_Tasima\_Kapasitesi\Jeo\_Tasima\_Kapasitesi\bin\Debug

## Geoteknik Rapor hazırlama yazılımı

### ✔ Taşıma Gücü Analizi

TBDY, EC7, DIN4017, Meyerhof, Hansen, Vesic, Terzaghi, Presiyometre, Nokta Yükleme ve Tek Eksenli Basınç yöntemlerine göre taşıma gücü analizi yapılabilir (**Kısa ve Uzun dönem**)

### ✔ Oturma Analizi

Ani oturma, konsolidasyon oturması (mw), Schmertmann ve Burland ve Burbidge yöntemlerine göre oturma ve ayrıca **dönme** analizi yapılabilir

### ✔ Sıvılaşma Analizi

TBDY yöntemine göre sıvılaşma analizi, sıvılaşma potansiyeli, sıvılaşma sonrası **dinamik oturma**, yanıl yerdeğiştirme ve kayma dayanımı kaybı analizi yapılabilir.

### ✔ Zemin Gerilmesi Analizi

Klasik 2:1 yöntemi, Boussinesq ve Westergaard yöntemlerine göre zemin gerilmesi analizi yapılabilir.

### ✔ Yatak Katsayısı Analizi

Klasik yatak katsayısı hesabı, taşıma gücü değerine göre ve spt ve jeofizik korelasyonları bağlı yatak katsayısı hesabı yapılabilir.

### ✔ Ve daha fazlası

Sondaj derinliği hesabı, **kayma kontrolü**, SPT ve jeofizik korelasyonları, bodrum perdelerine gelen yanıl yükler, yerel zemin sınıfı belirleme, şişme analizi ve daha fazlası

“ Geoteknik Rapor, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının hazırlamış olduğu geoteknik rapor şablonuna göre otomatik olarak hazırlanmaktadır

[www.JeoCad.com](http://www.JeoCad.com)  
[www.istinatduvari.com](http://www.istinatduvari.com)

Daha fazla bilgi için lütfen web sitemizi ziyaret edin.

**AnalizYapi**

Yazılım Mühendislik İnşaat Taahhüt Turizm Emlak Madencilik San. Tic. Ltd. Şti.

İskele Mah. Halilpaşın Cad No:2/A Datça/Muğla  
Vergi No: 0680807873 Vergi Dairesi: Datça  
[www.AnalizYapi.com.tr](http://www.AnalizYapi.com.tr) • [info@analizyapi.com.tr](mailto:info@analizyapi.com.tr)  
Tel: +90 252 712 41 01 • Faks: +90 252 712 42 45

Tel: 0 (252) 712 41 01

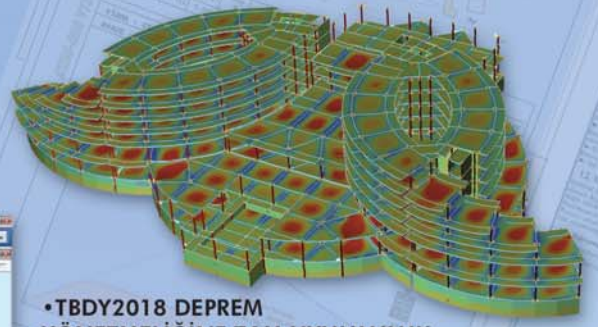




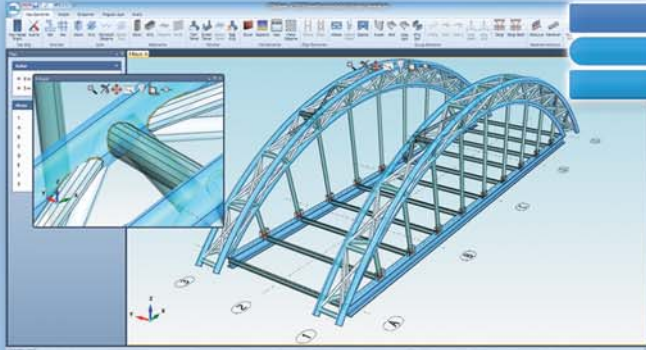
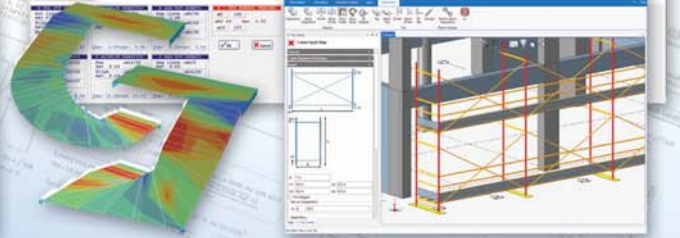
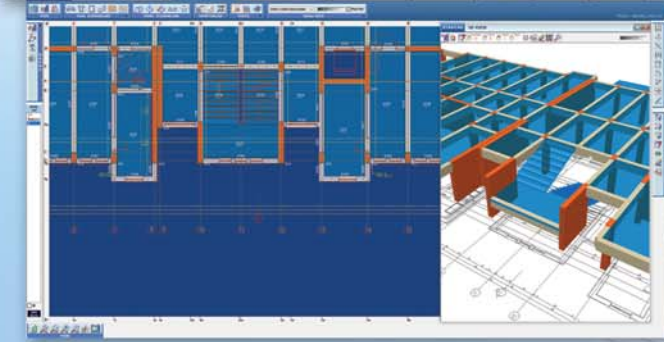
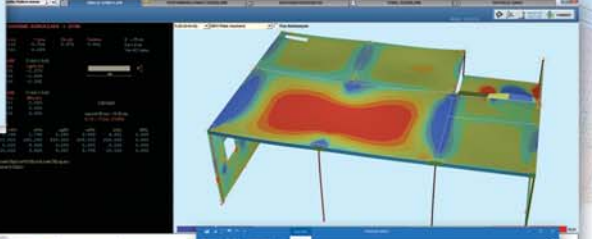
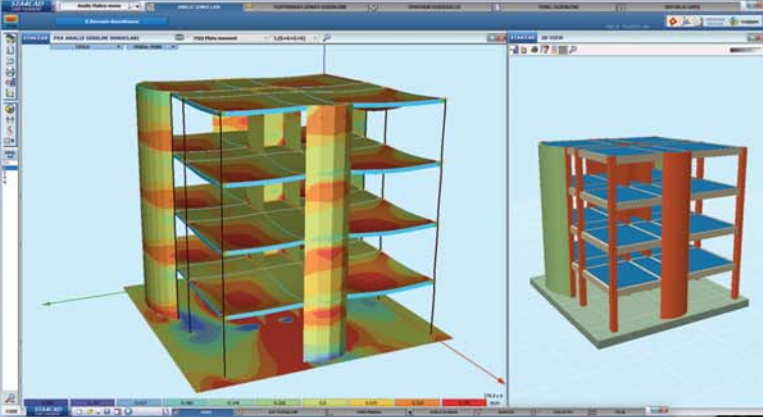
# STA4-CAD

Versiyon 14.1

BETONARME YAPILARIN 3 BOYUTLU ANALİZİ ve TASARIMI

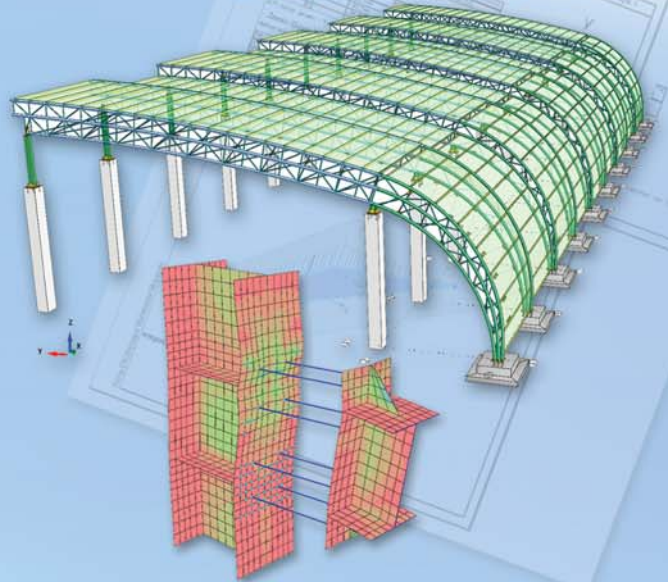
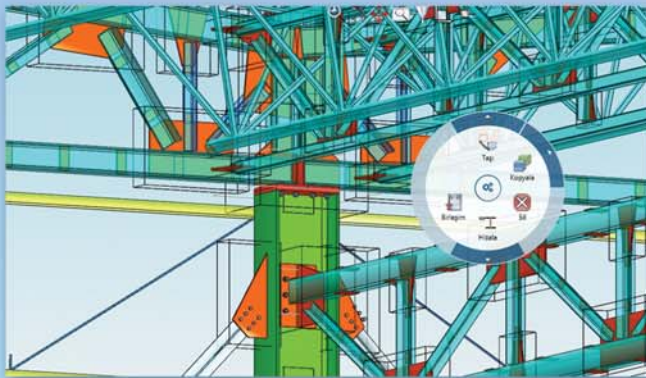


- TBDY2018 DEPREM YÖNETMELİĞİNE TAM UYUMLULUK
- BETONARME ve YIĞMA YAPILARIN PERFORMANS ANALİZİLE, GÜÇLENDİRME PROJELERİ ve RİSKLİ YAPI TESBİTİ
- TÜM YAPININ SONLU ELEMENLA ÇÖZÜMÜ YAPIYA AİT İSKELE HESAP VE ÇİZİMİ



# STA-Steel

ENDÜSTRİYEL VE ÇELİK KARKAS YAPILARIN 3 BOYUTLU ANALİZİ VE TASARIMI



**sta** STA BİLGİSAYAR MÜH. ve MÜŞ. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.

Muhittin Üstündağ Cd. No:45 Koşuyolu / İSTANBUL  
Tel: (0.216) 326 57 57 (pbx) Fax: (0.216) 325 74 84  
www.sta.com.tr sta@sta.com.tr

Bayiler:

**ANKARA:** Köge Yapı Ltd. Şti. 0545 260 45 11  
**MERSİN :** Safir Müh. Ltd. Şti. 0324 329 52 05 - 06  
**K.K.T.C. :** Mustafa Tunar 0533 862 09 29

- 4** Başyazı
- 5** Mevcut Bina Yanında Yapılan Kazı Nedeniyle Oluşan Hasar Vakaları: Ankara Çankaya 8139 Ada 12 Parsel Örneği  
*Nejan Huvaj, Halit Cenan Mertol, Berna Unutmaz, Abdullah Dilsiz, Muhammet Durmaz, Berk Erpek*
- 21** Yapıların Deprem Tasarımında Yeni Yaklaşımlar: Deprem Yalıtımı  
*Cüneyt Tüzün*
- 31** Su Temininde Bir Alternatif: Yüzer Ters Ozmos Tesisleri  
*Gökhan Özen*
- 35** Orman Yangınlarının Tetiklediği Afetler: Taşkın ve Erozyon  
*Oral Yağcı, Dilek Eren Akyüz, Mehmet Adil Akgül, Osman Salih Yılmaz, Murat Aksel, Mehmet Dikici, Füsün Balık Şanlı, Hafzullah Aksoy*
- 45** Tsunami (Depreşim Dalgası) ve Korunma Yöntemleri  
*Gözde Güney Doğan Bingöl, Ahmet Cevdet Yalçınar*
- 53** Gömülü Boru Hatlarının Deprem Tasarım Esasları, İyileştirme Yöntemleri ve Alınması Gerekli Tedbirler  
*Eren Uçkan, Ercan Şerif Kaya, Bülent Akbaş*
- 63** Levent Darı'yı Sonsuzluğa Uğurladık
- 68** KitaplıYorum  
Yeni Bilim: Bağlantısallık, Yeni Kültür: Yaşamdaşlık  
*Mustafa Atmaca*



Yıl: 66 / 2021 - 5 Sayı: 507  
İki ayda bir yayınlanır, yerel süreli yayın.  
ISSN: 1300-3445

**TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası**  
tarafından iki ayda bir yayınlanır.

**Kurucusu**

Orhan Yavuz

**Sahibi**

Taner Yüzgeç

**Genel Yayın Yönetmeni**

Özer Akkuş

**Yazı İşleri Müdürü**

Özer Akkuş

**Yayın Kurulu**

Hasan Yaşar Akyar, Ali Fuat Aras,  
Mustafa Atmaca, Ali Aydın,  
Recep Bayramoğlu, Taylan Ulaş Evcimen,  
İbrahim Helvacı, Özer Or,  
Yusuf Hatay Önen, Mehmet Necat Özgür,  
Mustafa Tokyay

**Yayın Görevlileri**

Mehmet Bilber, Cemal Çimen

**Yönetim Yeri**

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası  
Necatibey Cad. No:57 06640 Kızılay-Ankara  
Tel: (0.312) 294 30 00 - Faks: 294 30 88  
www.imo.org.tr - E-posta: tmh@imo.org.tr  
Yazışmalar için yukarıdaki adres kullanılacaktır.

**Yayın Koşulları**

Yazılar hem elektronik ortamda hem de kağıt çıktı olarak gönderilmelidir. Görsel malzeme, teknik işlere uygun fotoğraf, dia ya da elektronik ortamda yüksek çözünürlüklü olmalıdır. Yayın kurulu gönderilen yazılarda dil, anlatım ve yazım tekniği yönünden gerekli düzeltme ve kısaltmaları yapabilir. Yazılardaki görüşler yazarlarına ait olup hiç bir şekilde İMO'nun aynı konudaki görüşlerini yansıtmaz. Gönderilen yazılar geri verilmez. Ancak yazıların basılıp basılmayacağı yazı sahiplerine mutlaka bildirilir. TMH'da yayınlanan yazılar kaynak gösterilmeden kullanılamaz.

**Baskı**

Lotus Life Ajans Rek. Tan. Basın Yayın Ltd.  
Harbiye Mh. Nisan Sok. No: 10/3 Çankaya / Ankara  
Tel:0.312.433 23 10

**Baskı Tarihi**

30 Kasım 2021

Merhaba,

Dergimizin bu sayısının yayına hazırlandığı sıralarda meslek örgütümüzün emektarı, inşaat mühendisliği mesleğine değerli katkıları olan önemli bir dostumuzu, meslektaşımızı, özel bir insanı kaybetmenin acısını duyduk. Yönetim Kurulu Üyemiz, uzun yıllar Oda örgütlülüğümüze büyük katkılar sunan, kurullarımızda ve komisyonlarımızda yer alarak mesleğimizi daha iyi noktalara getirmek için gecesini gündüzüne katan sevgili Levent Darı'yı kaybetmiş olmanın derin üzüntüsünü yaşıyoruz. Yalnızca Odamız ve mesleğimiz açısından değil TMH için de Levent Darı ismi önemli bir yer tutuyor. Oda Yönetim Kurulumuzun 41., 42. ve 43. Dönemlerinde sekreter üye olarak görev yapan Levent Darı, dergimizin de 448. sayısından 480. sayısına kadar Genel Yayın Yönetmeni ve Yazı İşleri Müdürü olarak görev yaptı. Eğer Türkiye Mühendislik Haberleri dergisi, Türkiye'nin yayın hayatına devam eden en eski süreli yayınlarından biri olma unvanını taşıyorsa, 1955 yılında başlayıp bugüne kadar soluksuz devam eden bu serüvenin en önemli halkalarından biri de Levent Darı olmuştur. Hem Odamız, hem mesleğimiz hem de dergimizin 33 sayısına Genel Yayın Yönetmenliği ve Yazı İşleri Müdürlüğü yaparak TMH için çok özel bir yere sahip olan Levent Darı'yı, ona ayırdığımız özel bir bölümle, saygıyla anıyoruz.

Türkiye Mühendislik Haberleri dergisinin 506. sayısında başladığımız "Afet Hazırlık" temasına 507. sayımızda devam ediyoruz. Bilindiği gibi ülkemiz bir deprem coğrafyasında yer alıyor. Özellikle büyük Marmara Depreminde sonra depreme karşı hazırlık, yapı güvenliği, hasar tespiti gibi konular çokça konuşuldu, bu konular hakkında çokça yazılıp çizildi. TMH'nin bu tematik sayılarının ilkinde, çeşitli boyutlarıyla deprem konusuna dair derli toplu makalelere yer verdik.

İlk sayımızda ağırlıklı olarak deprem konusuna yer verdiğimiz bu tematik sayıların ikincisinde ise taşkından tsunamiye, orman yangınlarından su sorununa kadar çeşitli afet olaylarına ilişkin makaleleri okuyucularımızla buluşturuyoruz. Ülkemizde afet denilince akla genellikle deprem gelir ancak, özellikle son yıllarda yaşadığımız doğa olayları ve bunların can ve mal kayıplarıyla sonuçlanan afetlere dönüşmesi göz önünde bulundurulursa "Afet Hazırlık" temalı sayılarımızda işlediğimiz konuların önemi de daha iyi anlaşılacaktır. Bu anlamıyla 506. ve 507. sayılarımız için "arşivlik" tanımı tam da yerine oturuyor.

Yılın son sayısı ile birlikte okurlarımıza şimdiden yeni yılda sevdikleriyle birlikte sağlıklı, mutlu bir ömür diliyor, önümüzdeki yılın dünyaya ve ülkemize barış ve huzur getirmesini umut ediyoruz. Yeni yılın ilk sayısında görüşmek dileğiyle.

**TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası  
Yönetim Kurulu**



# Mevcut Bina Yanında Yapılan Kazı Nedeniyle Oluşan Hasar Vakaları:

## Ankara Çankaya 8139 Ada 12 Parsel Örneği

**Nejan Huvaj**  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

**Halit Cenan Mertol**  
Atılım Üniversitesi

**Berna Unutmaz**  
Hacettepe Üniversitesi

**Abdullah Dilsiz**  
Ankara Yıldırım Beyazıt Üni.

**Muhammet Durmaz**  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

**Berk Erpek**  
Atılım Üniversitesi

### 1. Giriş

Mevcut bir binanın yanındaki parselde yeni bina inşaatı için kazı yapılması gerekliliği, yapılaşmanın yoğun olduğu alanlarda kaçınılmaz olarak gereken bir inşaat aşamasıdır. Bu kazı, geoteknik mühendisliği prensipleri, zemin-yapı etkileşimi, inşaat kademeleri ve gelişebilecek olası deformasyonlar göz önüne alınmadan yapıldığında (özellikle mevcut binanın alt kotlarındaki parselde kazı yapıldığı durumlarda) mevcut binalarda ciddi boyutlarda yapısal hasara yol açabilmekte ve kimi zaman onarılması mümkün olmadığından veya çok maliyetli olacağından, mevcut binanın yıkılmasına kadar gidecek olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Oluşabilecek hasar türleri, mevcut ve yeni yapılacak yapıyla ve zeminle ilgili birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, mevcut binanın temel altı zemininin komşu kazı ile alınarak temelin boşa çıkması ve bundan kaynaklı olarak binada oturma/eğilme-tilt/çatlaklar, şev stabilite problemleri gelişmesi, mevcut binanın bulunduğu parseldeki istinat yapısının zarar görmesi, oluşan hasarın onarılamayacak kadar ciddi boyutlara ulaştığı durumlarda da mevcut yapının yıkımı gibi etkileri görülebilmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü'nün "Kazı Güvenliği ve Alınacak Önlemler" konulu Ağustos 2018 tarihli genelgesinde ülkemizde "ihmal sonucu veya gerekli önlemlerin yeterince alınmaması nedeniyle yapıya bitişik nizamda veya yapı yakınında olan diğer yapıların zarar gördüğü veya görme riski taşıdığı durumlar ortaya çıkmıştır" denilmekte ve ekinde "Kazı Çukurlarının Stabilitesi ve İksa Sistemi Etüd, Proje, Uygulama ve Kontrolleri ile ilgili Uyulacak Esaslar" sunulmaktadır. Bu genelge daha kapsamlı bir çalışma yapılana kadar acil ve geçici olarak çıkarılmış olup, yakın zamanda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Dairesi'nin girişimleri sonucu oluşturulan 2021 "Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları Yönetmeliği" taslağı ülkemizde kazı güvenliği ile ilgili sorunların önüne geçilmesi adına önemli bir girişimdir. Bu tür kazı gereken projelerde, yapılacak kazının inşaat aşamalarının olası sonuçlarının değerlendirildiği bir risk değerlendirmesi ile tarafların sorumluluklarının kazı yapılmadan önce ortaya konulması elzemdir. Bu tür kazı projelerinde sorun yaşanmaması için göz önüne alınması gereken hususlar: olası tehlikelerin önceden değerlendirilmesi, doğru tasarım ile en baştan riskten kaçınılması, güvenli yöntemler ve doğru seçilecek inşaat adımları/kademeleri kullanılması, projeye uygun kontrol/ölçüm sistemleri ile kazı etkilerinin takibi ve bu sayede riskin kontrol altında tutulması/azaltılması, hem proje aşamasında hem sahada/imalatta, geoteknik mühendisi ve teknik personelin görevlendirilmesi, ve gerekmesi durumunda tarafların hazırlıklı olması adına acil durum eylem planları hazırlanmış olması önemli hususlardır.

Yeni binanın inşaatı için zeminin temel alt kotuna kadar kazılması inşaatın aşağıdan yukarı doğru



(a)



(b)

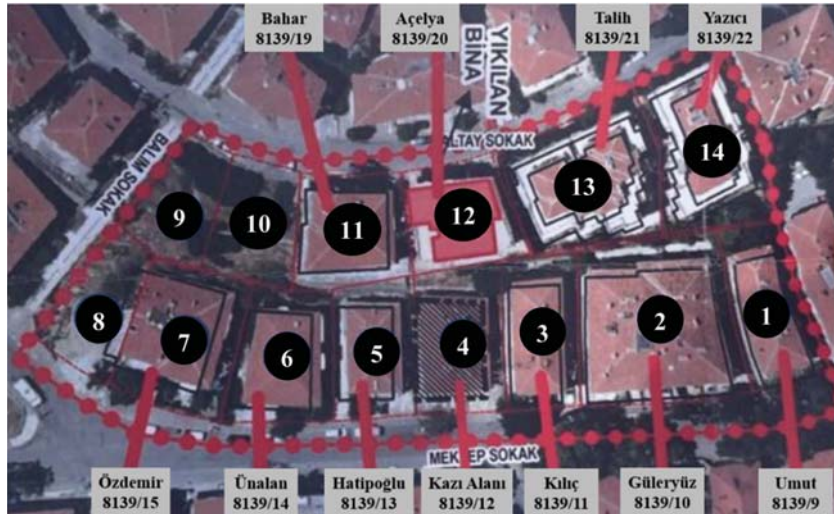
**Şekil 1-** Ülkemizde mevcut bina yanındaki parselde yapılan desteksiz inşaat kazısı nedeniyle oluşan hasarlara örnekler (a) Ankara Nisan 2021, (b) Ankara Temmuz 2021

imal edilmesi ülkemizde ve dünyada yaygınlaıkla kullanılan bir yöntemdir. Yukarıdan aşağıya doğru imalat gibi başka yöntemler olmakla birlikte, "aşağıdan yukarıya" imalat yöntemi söz konusu olduğunda, mevcut binanın yanında yapılacak olan kazılarda kazı destek sistemi seçimi ve sahada uygulanacak kazı ve imalat adımlarının doğru sıra ile planlanması daha da önem kazanmaktadır. Yeni yapılacak inşaatı kimi zaman bir istinat yapısı (veya bitişik nizamda yeni yapının perde duvarı) planlanmış olmakla birlikte, "öncelikle, o planlanan istinat duvarının/bina perde duvarının temel alt kotuna kadar kazı yapılması gerekeceği" göz ardı edilerek, başka bir geçici destek sistemi olmaksızın kazı yapılmaktadır (Şekil 1 ve Şekil 4). Son zamanlarda ülkemizde yaşanan kazı kaynaklı komşu bina hasarları bu durumlara örnek oluşturmaktadır (Şekil 1).

Bu yazıya konu olan çalışma, aralarında yaklaşık 20 m kot farkı bulunan iki sokakta, üst kottaki mevcut bir binanın yanındaki alt kottaki parselde kazı yapılırken oluşan hasara bir örnek olarak Ankara ili Çankaya ilçesindeki bir vakayı ele almaktadır.

## 2. İnceleme Alanı ve Kapsam

Ankara İli Çankaya İlçesi İleri Mahallesi 8139 nolu ada 12 nolu parselde yapılan kazı sonucunda (Şekil 2, 4 nolu konum), 8139 nolu ada 20 nolu parselde yer alan Açelya Apartmanı'nın (Şekil 2, 12 nolu konum) temel zemininde aşırı deformasyonlar oluşmuştur. Açelya Apartmanı'nın üzerinde bulunduğu Altay Sokak ile kazı yapılan parselin üzerinde bulunduğu Mektep Sokak arasında yak-



**Şekil 2 -** İnceleme alanındaki apartmanların ada ve parsel bilgileri

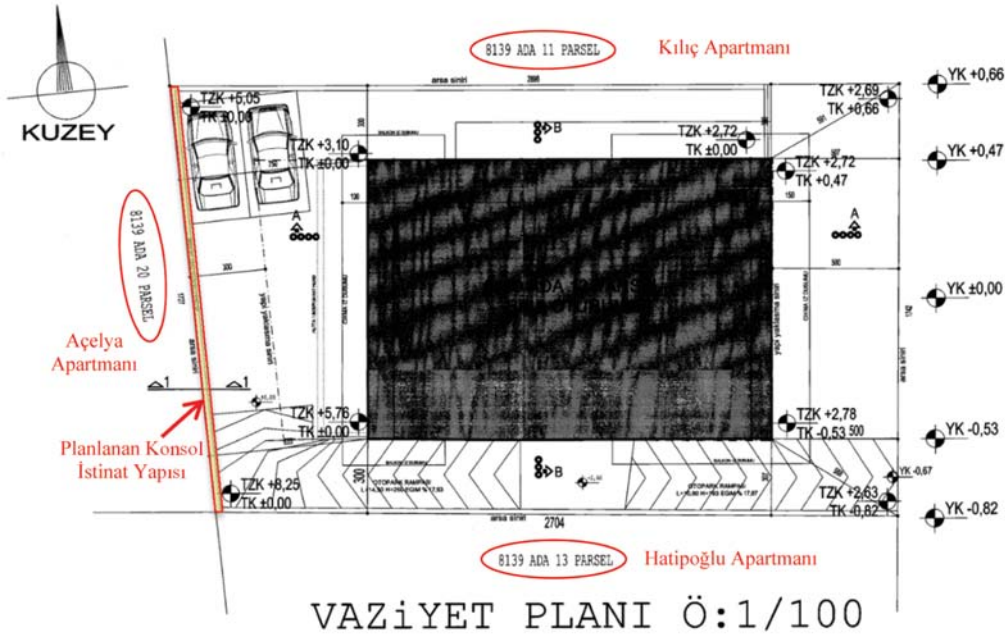


laşık 20 m kot farkı bulunmaktadır. Bu kot farkı nedeniyle her iki sokak üzerinde yer alan yapılar arasında (farklı zamanlarda yapıldığı, parçalı durumundan ve kullanılan malzemeden (taş yığma ve betonarme) de anlaşılan), istinat duvarları bulunmaktadır. 9 Nisan 2021 gecesi Açelya Apartmanı'nı tutan istinat duvarının altındaki zeminin alınması ile Açelya Apartmanı'nın temelinde kayma gerçekleşmiş ve bina ağır hasar almıştır. Olası bir göçme olayının can kaybına sebebiyet verebileceği değerlendirilerek Açelya Apartmanı, çevresindeki binalarla birlikte hızlı şekilde boşaltılmıştır. Açelya Apartmanı'nın yıkımına 10 Nisan 2021 Cumartesi günü başlanmış ve yıkım işlemi 12 Nisan 2021 Pazartesi günü tamamlanmıştır. İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi girişimiyle oluşturulan teknik heyet tarafından 17 Nisan 2021 günü sahada incelemelerde bulunulmuş ve yapılan değerlendirmeler bu yazıda özetlenmiştir. Toprak kayması oluşan bölgedeki toplam 27 adet binanın, güvenlik nedeniyle kapatılmamış olanlar içine girilerek, kapatılanlar veya kayma olan alana nispeten uzak olanlar ise dışarıdan gözlemsel olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında herhangi bir yapısal veya geoteknik test, ölçüm, vb. yapılmamıştır.

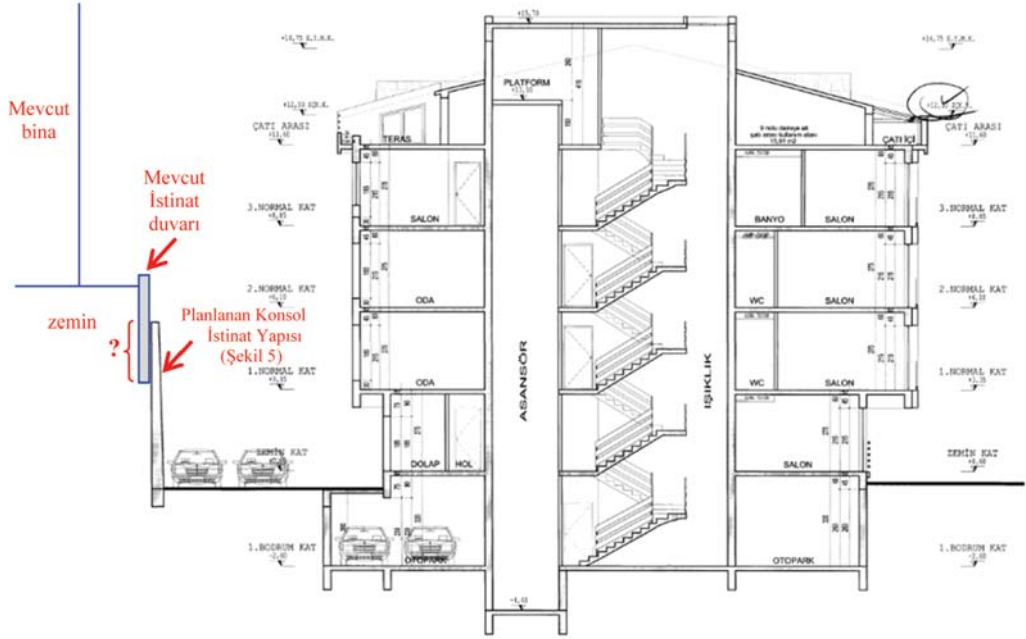
### 3. Kazı Alanına Yapılacak Bina Hakkında Bilgiler

Ankara ili Çankaya ilçesi İleri Mahallesi Mektep Sokak'ta 8139 ada 12 parselde yapılacak inşaat için, ilgili belediye tarafından 19.03.2021 tarihinde yapı ruhsat izni düzenlendiği öğrenilmiştir. İlgili yapının vaziyet planı ve kesit görüntüsü sırasıyla Şekil 3'te ve Şekil 4'te gösterilmiştir.

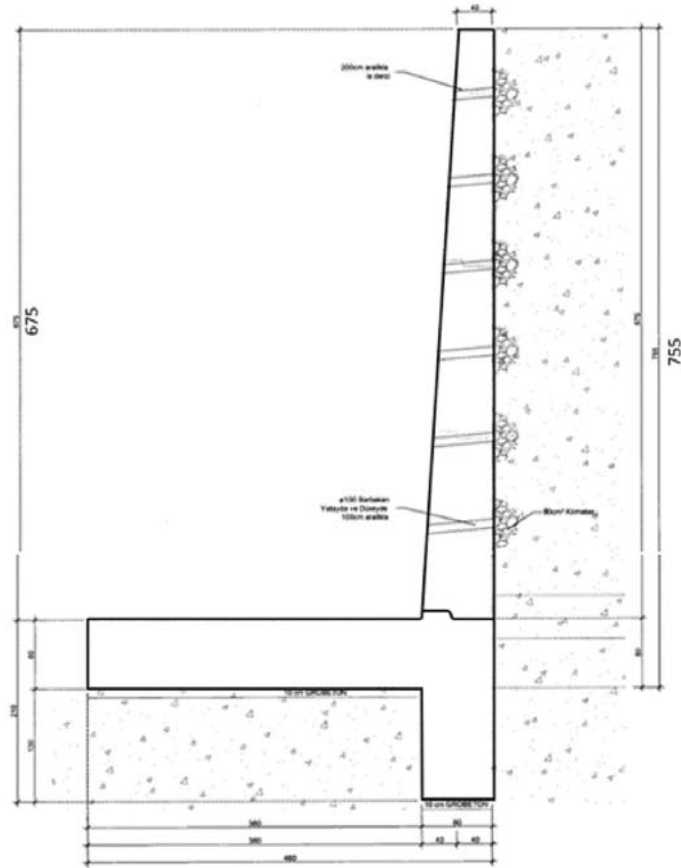
İdaresine sunulan 17.12.2020 tarihli "İleri Mahallesi 8139 Ada 12 Parsel İnşaat Sahası Parsel Bazında Zemin ve Temel Etüdü Veri Raporu"na göre, alanda İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu bulunmamaktadır. Veri Raporu'na göre "0.00 kotunun 884.65 m olduğu" ve "temel üst kotu, 0.00 kotuna göre -2.60 metre, temel alt kotu 0.00 kotuna göre -3.20 metre olacaktır" denilmektedir. Ayrıca Veri Raporu'nda "İmar adası özelinde, eğim, hidrolik durum ve kütle hareketi riskleri bulunmamaktadır" denilmiştir. Veri raporunda, 14-15 Aralık 2020 tarihinde, 8139 ada 12 parseldeki eski bina henüz yıkılmadan önce, bu binanın önünde, Mektep Sokak'a yakın yerde, her biri 12.5 m derinlikte olan 3 adet sondaj yapıldığı belirtilmiştir. Her üç sondajda da yaklaşık 1.0 m dolgu, 1.00-12.50 m derinliklerde yeşil-kahve renkli ayrışmış grovak olduğu, yeraltı suyu seviyesinin sızıntı suyu olarak yaklaşık 7.5 m derinliklerde olduğu belirtilmiştir. Toplam karot verimi (TKV) değeri 1.0-8.5 m derinlikler için %20-59, kaya kalitesi (RQD) değeri 4.0-8.5 m derinlikler için %13-33 aralığında (kaya kalitesi "çok zayıf" ve ayrışma derecesi "çok ayrışmış" olarak rapor edilmiştir. 8.5-12.5 m derinliklerde TKV ve RQD değeri belirtilmemiştir. Veri Raporu'nda belirtildiğine göre, 15.12.2020 tarihinde



Şekil 3 - 8139 ada 12 parseldeki binanın projesinden plan görüntüsü



**Şekil 4** - 8139 ada 12 parseldeki binanın kesit görüntüsü (mevcut bina ve mevcut istinat duvarının tahmini yerleri temsili olarak eklenmiştir)



**Şekil 5** - 8139 ada 12 parseldeki binanın, 8139/20 tarafına yapılması planlanan istinat duvarı

yapılan laboratuvar deneylerinde, 1.5-4.5 m derinliklerden alınan karot numunelerde kayada tek eksenli basınç deneyi yapıldığı ve 2.9-4.1 MPa (ortalama 3.6 MPa) değerleri bulunduğu belirtilmiş ve nokta yük indisi  $I_s,50$  değeri 357-509 kPa (ortalama 445 kPa) rapor edilmiştir.

17.12.2020 tarihli "Ankara İli Çankaya İlçesi İleri Mahallesinde 8139 Ada 12 Parselde Yapılacak Olan Konut İnşaatına ait Geoteknik Değerlendirme Raporu"nda, "İksa Sistemleri Şev Duraylılığı Analizleri ve Değerlendirmesi" başlığı altında, "İnşası planlanan binanın bodrum katını ve temelini inşa edebilmek için arazi kotlarının ortalaması yaklaşık olarak -3.20 m kazı yapılması gerekmektedir. 0.00 kotundan itibaren yaklaşık 3.20 metrelik bir kazı yapılacaktır. Kazı çalışması yapılırken dolgu toprak kaldırılarak temel sağlam homojen zemine oturtulmalıdır. Kazılar sonucu ortaya çıkacak şevler dengesi için eğimler, kalıcı şevlerde maksimum 1/3 (1 yatay / 3 düşey), geçici şevlerde ise 1/1.5 (1 yatay /1.5 düşey), olarak alınması önerilir. Temel kazılarında her palya arasında 1.00 m toprak bırakılması palya eğimlerinde yukarıda verilen eğimlerden yararlanılması mümkündür. Parsel çevresindeki 11, 13 ve 20 parsellerinde bina yapıları, önde ise cadde bulunmaktadır. 20 parseldeki binanın istinat duvarı bulunmaktadır. Yapılacak binanın temel alt kotu yaklaşık -3.20 m'de olacaktır. 11 ve 13 parselde bir bodrumlu yapılar bulunmaktadır. Bundan dolayı iksa ile ilgili bir problem bulunmamaktadır. 20 nolu parselin mevcutta olan istinat duvarı ile yeni yapılacak yapıımız arasında yaklaşık 5.00 metre mesafe olacaktır. İstinata zarar vermemek için gerekli önlemler alınmalıdır." denilmektedir. 8139/12 parselde ilgili belediyesinden alınan bilgiye göre, Mektep Sokak yol kotundan yaklaşık 7 m yüksekliğinde betonarme konsol bir istinat duvarı yapılması planlanmıştır (Şekil 3 ile Şekil 5 arası). Yeni yapılacak istinat duvarından bina duvarına olan mesafe yaklaşık 5 m olması planlandığı görülmektedir (Şekil 3 ile Şekil 5 arası). Ayrıca, 1981 yılında 8139 ada 20 no'lu parselde kayma (heyelan) olduğu ve parseldeki gecekondu binasının yıkıldığı arşiv bilgilerinde bulunmaktadır. Planlanan istinat duvarının proje bilgileri bulunmadığından, üst kottaki mevcut istinat duvarı ve binanın (Açelya apartmanı), alt kottaki planlanan yeni istinat duvarı (Şekil 4, Şekil 5) tasarımında ne şekilde göz önüne alındığı veya alt kottaki istinat duvarının sahada kazı ve imalat aşamalarının ne şekilde planlandığı veya bu aşamalarda zeminde oluşabilecek deformasyonların ne şekilde hesaplandığı bilinmemektedir.

#### 4. Kazı Çalışmaları ve Oluşan Kayma

12 nolu parselde eskiden bulunan ve kullanılmayan bina yıkılarak (binanın 17.12.2020 tarihinde parselde bulunduğu bilinmektedir) (Şekil 6 (a)), bu parselde 1 bodrum + zemin + 3 kat olarak yeni bir bina yapılması için kazı yapılmıştır.

8139 ada 12 parselde yapılan kazıdan dolayı Altay Sokak'ta Açelya Apartmanı girişinde kaymaya bağlı deformasyonların görülmesi üzerine (Şekil 7), apartman sakinlerinin ilgili kurumlara haber verdiği ve Açelya Apartmanının boşaltıldığı öğrenilmiştir. 9 Nisan 2021 gecesi, bir üst parseldeki Altay Sokak'ta bulunan Açelya Apartmanının (8139/20) istinat duvarının büyük bir kısmı yıkılmış



(a)

(b)

**Şekil 6** - 8139 ada 12 parselde yapılan kazıdan görüntüler (a) 8139/12 parseldeki eski binanın yıkımından ve henüz 8139/20 istinat duvarının alt kısmı kazılmamışken bir görüntü, (b) enkaz kaldırıldıktan ve istinat duvarının altında kazı yapıldıktan sonra yeşil-kahve renkli ayrıışmış grovak birimlerin görünümü



(Şekil 8), ve bina Altay sokak yol kotundan yaklaşık 1.5 m düşey ve yatay hareket etmiştir (Şekil 7). Açelya apartmanı ve civardaki apartmanlar bu olaylar öncesi tedbir amaçlı boşaltılmıştır.



**Şekil 7** - (a) Altay sokakta 8139 ada 20 parseldeki binanın girişinde oluşan çatlağın zaman içinde gelişimi ve (b) aynı çatlağın ilerlemesi sonucu yaklaşık 1.5 m yatay ve düşey hareket



**Şekil 8** - 8139 ada 12 parselden yukarıya bakış (9 Nisan 2021 gecesi), (a) kayma öncesi, (b) istinat duvarının yıkılışı

## 5. Yapıların Durumu ile ilgili Gözlemler

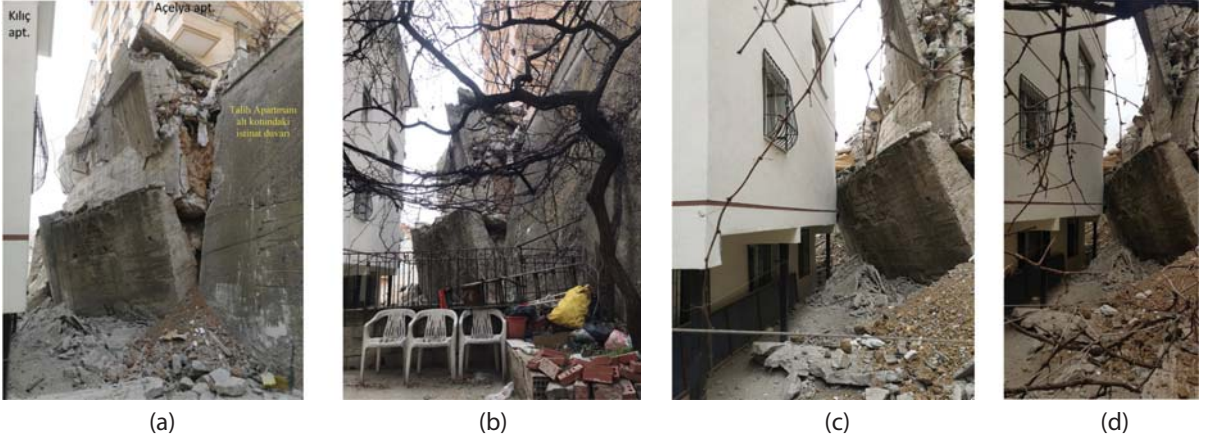
### 5.1. 8139 Ada 11 Nolu Parsel - Kılıç Apartmanı:

Yıkımın gerçekleştiği 12 nolu parselin bitişiğindeki Kılıç Apartmanı'nın dış görünümü Şekil 9'da gösterilmiştir. İlgili belediyeden alınan bilgilere göre bu binanın inşaatına 1989 yılında başlanmış 1991 yılında bitirilmiştir; 1 bodrum + 4 kattan oluşmaktadır ve taşıyıcı sistemi betonarmedir. Bina temeli ile ilgili bilgi edinilememiştir.

Kılıç Apartmanı'nda güvenlik nedeniyle giriş yasağı bulunduğundan yalnızca dışarıdan gözlemler gerçekleştirilmiştir. Kılıç Apartmanı arkasında yer alan istinat duvarı, Şekil 9'da da görüldüğü üzere, binanın üzerine doğru hareket etmiş ve binada yapısal hasara yol açmıştır. Bu parselde 10.04.2021 günü, henüz Açıly Apartmanı'nın yıkımına başlanmamışken çekilen fotoğraflarda (Şekil 10 (a) ve (b)) istinat duvarının binaya doğru hareket etmiş olduğu ve bina ile arasında yaklaşık 50 cm mesafe



**Şekil 9** - Kılıç Apartmanı'nın dış görünümü (8139/11)



**Şekil 10** - Kılıç Apartmanı (8139/11) arkasındaki istinat duvarının (a, b) 10 Nisan 2021 tarihinde, henüz Açelya Apartmanı'nın (8139/20) yıkımına başlanmamışken (c, d) 17 Nisan 2021, Açelya Apartmanı (8139/20) yıkıldıktan sonraki görüntüleri

bulunduğu görülmüştür. Açelya Apartmanının yıkımı sırasında ve sonrasında oluşan ilave hareketler ve titreşimlerden dolayı duvarın hareket ettiği ve binaya dayandığı görülmüştür (Şekil 10 (c) ve (d)). 17 Nisan 2021 tarihinde binanın dışından yapılan incelemelerde, binanın istinat duvarı ile temas ettiği köşesine yeteri kadar yaklaşmamış olmakla birlikte, diğer cephelerde herhangi bir yapısal hasar ya da çatlak gözlenmemiştir. Ayrıca, yerde çatlak, oturma, çökme, kabarma vb zemin kaynaklı başka bir hasar da görülmemiştir.

## 5.2. 8139 Ada 13 Nolu Parsel - Hatipoğlu Apartmanı:

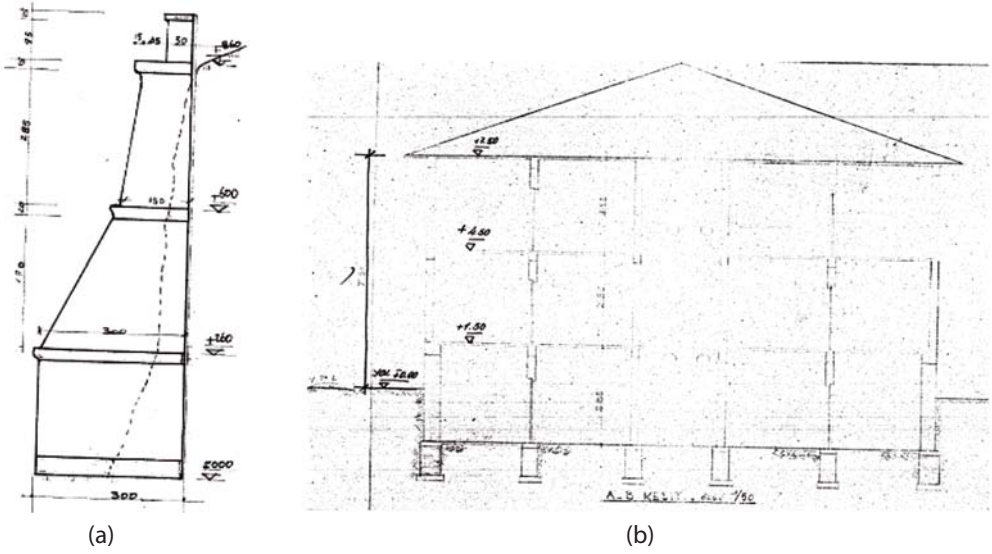
Hatipoğlu Apartmanı'nın dış görünümü Şekil 11'de gösterilmiştir. İlgili Belediyeden alınan bilgilere göre, Hatipoğlu Apartmanı'nın inşaatı 1972 yılında başlamış 1973 yılında bitmiştir; bina bodrumsuz, 4 kattan oluşmaktadır ve taşıyıcı sisteminin yığma (tuğla) olduğu öğrenilmiştir. Şekil 12'de 3.00 m taban genişliği ve 9.10 m yüksekliği olan istinat duvarı projesi ve bina kesiti gösterilmektedir.

Hatipoğlu Apartmanı'nın üst kotlarında (batı yönünde) Bahar Apartmanı bulunmaktadır (Şekil 13). Hatipoğlu Apartmanı'nın arkasında yer alan istinat duvarı ile bina dış duvarı arasında yaklaşık 60 cm mesafe olup, oldukça yakındır. İstinat duvarı farklı malzemelerden, kademeli olarak yapılmış-

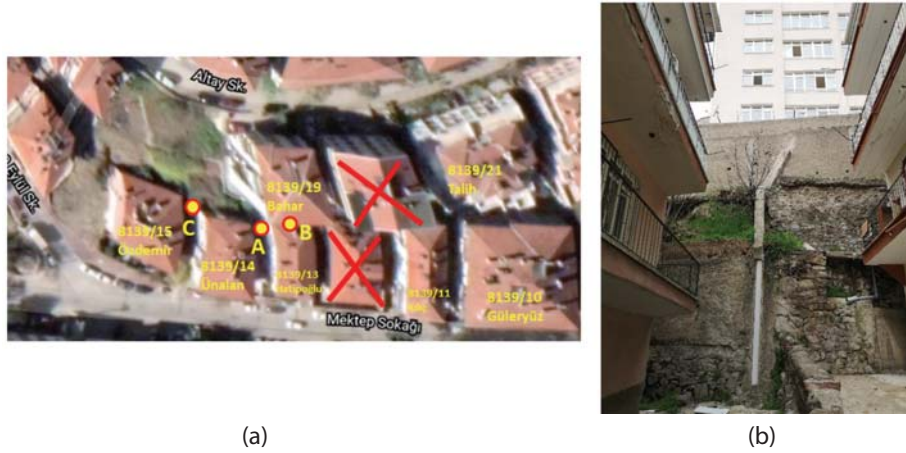




Şekil 11 - Hatipoğlu Apartmanı'nın dış görünümü (8139/13)



Şekil 12 - (a) İstinat duvarı projesi, (b) binanın projesinden genel görünüm (8139/13)

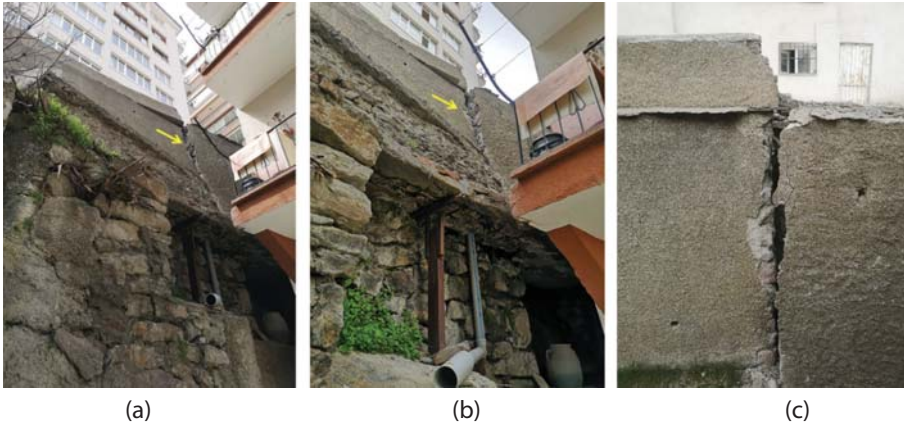


Şekil 13 - (a) Hatipoğlu Apartmanı (8139/13) arkasında Bahar Apartmanı (8139/19), (b) Şekil 13 (a)'daki A lokasyonundan çekilen fotoğraf

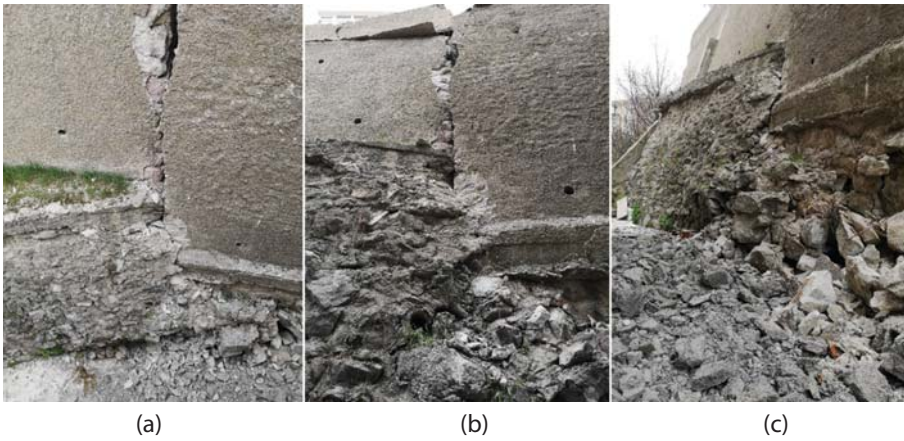




**Şekil 14** - Hatipoğlu Apartmanı (8139/13) arkasındaki istinat yapısı (fotoğraf Şekil 13 (a)'daki A lokasyonundan çekilmiştir)



**Şekil 15** - Hatipoğlu Apartmanı'nın (8139/13) arkasındaki istinat yapısında çatlak/açılma (a) 10 Nisan 2021, (b) ve (c) 17 Nisan 2021 (fotoğraf Şekil 13 (a)'daki A lokasyonundan çekilmiştir)



**Şekil 16** - Hatipoğlu Apartmanı'nın (8139/13) arkasındaki istinat yapısındaki hasar (Şekil 13 (a)'daki B lokasyonu)



Şekil 17 - Hatipoğlu Apartmanı'nda yıkım kaynaklı oluşan yapısal olmayan hasarlar



Şekil 18 - Hatipoğlu Apartmanı yıkımın olduğu cephenin içten görünümü

tır; yığma taş duvar ve beton kısımlar içermektedir. Şekil 13 (a)'da A noktasından çekilen fotoğrafta görüleceği üzere, Şekil 13'te Hatipoğlu Apartmanı arkasındaki istinat duvarında yaklaşık 6 cm hareket görülmektedir (Hatipoğlu Apartmanı'nın yanındaki Ünalın Apartmanı'nın duvarı öne doğru hareket etmiştir). Bu açılmanın eskiden de var olduğu düşünülmektedir, ancak Nisan 2021 deki olaylarla bu açılmanın biraz daha artıp artmadığı hakkında yorum yapılamamaktadır. Şekil 13 (a)'da duvar üzerinde bitkiler büyüdüğünden, duvarın arkasından su akışı olduğu düşünülmektedir. Yıkım sırasında Hatipoğlu Apartmanı'nın istinat duvarında yapısal hasar oluşmuştur (Şekil 14 ve Şekil 15). Ayrıca yıkım sırasında beton parçaları ve molozların binanın üzerine doğru düşmesinden dolayı Şekil 16'da gösterildiği şekilde yapısal olmayan bazı hasarlar oluşmuştur.

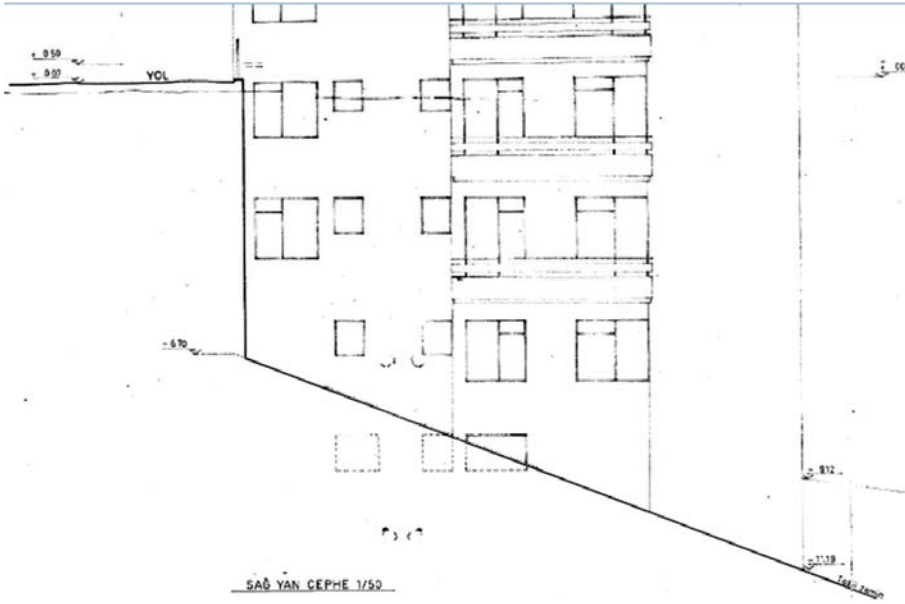
Hatipoğlu Apartmanında dışarıdan yapılan bu incelemelere ilaveten içeriden de gözlemler yapılmış, zemin ve üst katlardaki mevcut olabilecek herhangi hasar durumları araştırılmıştır. Binada, yakındaki göçme olayı ile yıkım sırasında meydana gelmiş olabilecek herhangi bir yapısal hasar gözlenmemiştir. Yıkım çalışmaları sırasında beton parçalarının çarptığı cephenin içten görünümünde bu nedenle herhangi bir hasar oluşmadığı Şekil 18'de görülmektedir.

### 5.3. 8139 Ada 19 Nolu Parsel - Bahar Apartmanı:

Yıkılan Açelya Apartmanı'nın güney cephesinde yer alan Bahar Apartmanı'nın dış görünümü Şekil 19'da gösterilmiştir. 1971 tarihli Yapı Ruhsatnamesinde binanın betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip olduğu, yol seviyesinin üstünde dört ve yol seviyesinin altında dört olmak üzere sekiz katlı olduğu ve projesinde yol (0.00 m) seviyesinden aşağıda, binanın en alt kot seviyesinin -11.19 m olduğu öğrenilmiştir (Şekil 20).



Şekil 19 - Bahar Apartmanı'nın dış görünümü (8139/19)



Şekil 20 - Bahar Apartmanı'nın projesinden genel görünüm (8139/19)





**Şekil 21** - (a) Altay Sokaktan, Açelya Apartmanı (8139/20) ile Bahar Apartmanı (8139/19) arasından aşağı bakış (10 Nisan 2021), (b) 17 Nisan 2021’de Hatipoğlu Apartmanı (8139/13) içinden Bahar Apartmanı (8139/19) temel seviyesine doğru bakış (bu istinat duvarının alt kısmındaki yığma taş kısım aşırı hasar görmüş ve dökülmüştür, Şekil 16)

17 Nisan 2021 tarihi itibarıyla tamamı boşaltılmış ve güvenlik kordonu altında olan Bahar Apartmanı’nda içeriden gözlem yapmak mümkün olmamıştır. Bahar Apartmanı önünde yer alan istinat duvarı Açelya Apartmanı’nın yıkımı sonrasında ağır hasar görmüştür (Şekil 16) ve temelinin altında Açelya Apartmanı’nda olduğu şekilde bir boşalma oluşmuştur (Şekil 21 (b)). Şekil 21 (b)’de binanın temelinde açılmanın olduğu köşede kolonun temele bağlandığı noktada plastik davranış ve hasar meydana geldiği ve donatılarının da açığa çıktığı gözlenmiştir. Bina’nın temelinin boşta kalması sonucunda binanın güvenli olmadığı tespit edilmiştir. Bahar apartmanının zemin seviyesinde ciddi mertebelerde hareketler olduğu 10 Nisan 2021’de (Açelya Apartmanı yıkımına başlanmadan önce) ve 17 Nisan 2021 tarihlerinde (Açelya apartmanı yıkıldıktan sonra) çekilmiş olan fotoğraflarda görülmektedir (Şekil 21). Temel seviyesindeki hareket neticesinde oluşan çatlaklar Şekil 21 (a)’da oklar ile işaretlenmiştir.

#### 5.4. 8139 Ada 21 Nolu Parsel - Talih Apartmanı:

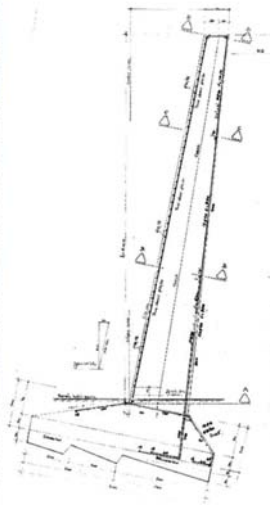
Yıkılan Açelya Apartmanı’nın kuzey cephesinde yer alan Talih Apartmanı’nın dış görünümü Şekil 22’de gösterilmiştir. İlgili belediyeden alınan bilgilere göre Talih Apartmanının 1967 tarihli Ruhsatnamesine göre bina taşıyıcı sistemi yığma (tuğla) olup, yol seviyesi üstünde üç ve yol seviyesi altında iki kat olmak üzere bina beş katlıdır. İstinat duvarı projesi Şekil 23 (b)’de görülmektedir. 17 Nisan 2021 tarihi itibarıyla tamamı boşaltılmış ve güvenlik kordonu altında olan Talih Apartmanı’nda içeriden gözlem yapmak mümkün olmamıştır. Talih apartmanının güney-doğu köşesine (Açelya-Talih-Kılıç apartmanlarının bahçe duvarlarının kesiştiği kısma, Şekil 22 (a)) güvenlik kordonu nedeniyle yaklaşmak mümkün olmadığından, bina çok yakından incelenememiştir; ancak bu bölümde alt kısımdaki ağır hasarlı istinat duvarı nedeniyle oturma ve bina taşıyıcı elemanlarında hasar beklenebilir. Talih apartmanının istinat duvarı, Açelya apartmanının istinat duvarından bağımsız davranmış olup, Kılıç apartmanının arkasından çekilen fotoğraflarda Talih apartmanının istinat duvarında ciddi bir çatlak, deformasyon vb. görülmemiştir (Şekil 10 (a)). Ancak, Açelya apartmanının istinat duvarında oluşan deformasyonlardan dolayı, Talih apartmanının arka bahçesindeki zeminde (istinat duvarı hareket etmemiş olsa bile, Şekil 10 (a)) oturma vb. deformasyonlar olmuş olması muhtemeldir; o alana (Şekil 22 (a)) geçiş mümkün olmadığından, yerinde incelenememiştir. Binada Altay sokak tarafından, binanın ön cephelerinden, dışarıdan yapılan gözlemlerde herhangi bir yapısal hasar gözlenmemiştir.



Şekil 22 - Talih Apartmanı'nın dış görünümü (8139/21)



(a)



(b)

Şekil 23 - Talih Apartmanı (8139/21) (a) 10 Nisan 2021 tarihinde henüz Açelya Apartmanı (8139/20) yıkılmamışken görüntü, (b) istinat duvarı projesi

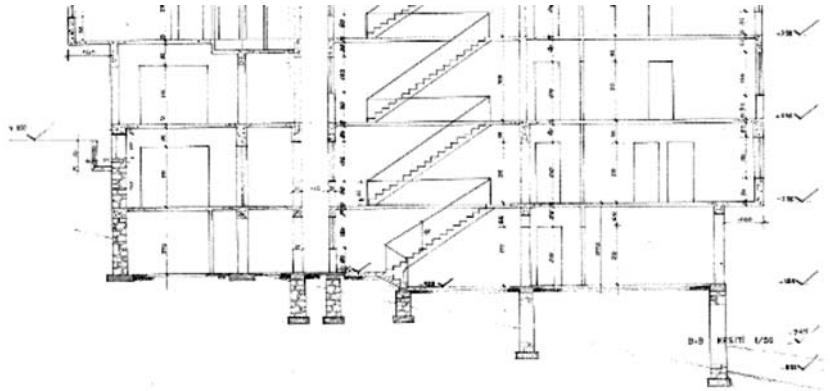
### 5.5. 8139 Ada 22 Nolu Parsel - Yazıcı Apartmanı:

Yazıcı Apartmanı'nın dış görünümü Şekil 24'te gösterilmiştir. İlgili belediyeden alınan bilgilere göre Yazıcı Apartmanının 1968 tarihli Ruhsatnamesine göre bina taşıyıcı sistemi yığma (tuğla) olup, yol seviyesi üstünde üç ve yol seviyesi altında iki kat olmak üzere bina beş katlıdır. Bina kesiti ve temeli Şekil 25'te görülmektedir. Temeller 1.80x1.80 m kare şeklinde tekil temellerden oluşmaktadır.

Binanın Altay sokak tarafındaki istinat duvarında deformasyon kaynaklı bombe (sehim) oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 26 (a)). İstinat duvarı arkasında ve alt kesimlerindeki yosunlardan, istinat duvarı arkasında ve altında su birikmesi oluştuğu düşünülmektedir. Bunlar Nisan 2021'deki olaylardan kaynaklı değildir, yapıların mevcut durum tespiti açısından burada belirtilmektedir. Yazıcı



Şekil 24 - Yazıcı Apartmanı'nın dış görünümü (8139/22)



Şekil 25 - Yazıcı Apartmanı kesiti ve temelleri (8139/22)





(a)

(b)

**Şekil 26** - Yazıcı Apartmanı (8139/22) (a) sehim görülen istinat duvarı, (b) 1.5 mm genişliğinde, bina kenarı boyunca devam eden çatlak



**Şekil 27** - Yazıcı Apartmanı'nın (8139/22) göçük yaşanan bölgeye yakın köşesindeki oturma çatlakları

Apartmanı'nın Altay sokağa bakan kenarında yere yakın seviyede yaklaşık 1.5 mm genişliğinde, (yaklaşık 6 m uzunluğunda) bir çatlak bulunmakta (Şekil 26 (b)), bu çatlağın ne zaman oluştuğu bilinmemektedir. Ayrıca bu apartmanın ilk katının göçük yaşanan bölgeye yakın köşesinde oturma çatlakları tespit edilmiştir (Şekil 27). Bu çatlakların, Açıya Apartmanı'nı tutan istinat duvarının çökmesinin ardından oluştuğu düşünülmekle birlikte, öncesi fotoğrafları bulunmadığından kesin bir yargıya varmak zor olabilir. Şekil 27'deki hasar tipinin Talih apartmanının köşesinde de meydana gelmiş olabileceği değerlendirilmektedir (Şekil 23 (a)).

## 6. Sonuç ve Değerlendirmeler

Çankaya İlçesi İleri Mahallesi 8139 ada 12 parselde yapılan kazı sonucunda 8139 ada 20 parselde bulunan yapının zemininde 9 Nisan 2021 tarihinde oluşan kaymadan dolayı bina ağır hasar almış ve ardından kontrollü şekilde yıkılmıştır.

17 Nisan 2021 tarihinde sahada yapılan incelemelere göre, kayma olayı ve Açıya Apartmanı'nın yıkımından kaynaklı, Bahar, Hatipoğlu, Kılıç, apartmanlarının, bu tarih itibarıyla etkilenmiş olduğu; Talih ve Yazıcı apartmanlarının da büyük olasılıkla (yakından gözlem yapılamaması nedeniyle) bu olaylardan etkilenmiş olabileceği değerlendirilmiştir. Mevcut durumda diğer binalarda kayma olayı ve Açıya Apartmanı'nın yıkımından dolayı yapısal hasar gözlenmemiştir.

Ancak, (1) Altay Sokak ve Mektep Sokak arasında yaklaşık 20 m kot farkı bulunması, (2) mevcut istinat duvarlarının yapılara çok yakın olması (yer yer 60 cm mesafe) ve (3) istinat duvarlarının kötü kalitede, kademeli olarak farklı malzemelerden yapılmış olması, barbakan gibi drenaj önlemlerinin bulunmaması, bulunanların eksik/yetersiz olması, istinat duvarlarının çoğunda üst kotlardan su akışı, istinat duvarı arkasında su birikmesi vb problemleri olması, duvarların mevcut durumda yıpranmış olmaları, istinat duvarlarının bazılarında (Nisan 2021 öncesi zamandan mevcut) çatlaklar, ayrılmalar bulunduğu göz önüne alındığında; üst kottaki (Altay Sokak) binaların yıkımı sırasında alt kottaki binaların (Mektep Sokak) hasar alabileceği öngörülmüştür.

Bu vakada olduğu gibi, yeni binanın inşası için zeminin temel alt kotuna kadar kazılması ve temelin oluşturularak inşaatın aşağıdan yukarı doğru imal edilmesi yöntemi söz konusu olduğunda, mevcut binanın yanında yapılacak olan kazılarda kazı destek sistemi seçimi ve sahada uygulanacak kazı ve imalat adımlarının doğru sıra ile planlanması daha da önem kazanmaktadır. Yeni yapılacak inşaatlarda kimi zaman bir istinat yapısı (veya bitişik nizamda yeni yapının perde duvarı) planlanmış olmakla birlikte, doğru tip kazı destek sistemi seçilmemişse, "öncelikle, o planlanan istinat duvarının/bina perde duvarının temel alt kotuna kadar kazı yapılması gerekeceği" göz ardı edilerek, başka bir geçici destek sistemi olmaksızın kazı yapıldığı görülmektedir. Bu uygulamanın tehlikeli sonuçlar oluşturacağı bu vaka ile de ortaya konmuştur.

Bu tür komşu parsel kazılar, geoteknik mühendisliği prensipleri, zemin-yapı etkileşimi, inşaa kademeleri ve gelişebilecek olası deformasyonlar göz önüne alınmadan yapıldığında (özellikle mevcut binanın alt kotlarındaki parselde kazı yapıldığı durumlarda) mevcut binalarda ciddi boyutlarda yapısal hasara yol açılabilen ve kimi zaman onarılması mümkün olmadığından veya çok maliyetli olacağından, mevcut binanın yıkılmasına kadar gidecek olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Bu tür kazı gereken projelerde, o projeye ve yerel zemin koşullarına özel olarak yapılacak hesaplamalarla, kazının inşa aşamalarının olası sonuçlarının değerlendirildiği bir risk değerlendirmesi ile tarafların sorumluluklarının kazı yapılmadan önce ortaya konulması elzemdir.

Bu vakadaki gözlemlerden yola çıkarak vurgulanmasında yarar görülen önemli hususlar şunlardır:

- 1) Mevcut binaların komşu parsellerinde yeni bina inşaatı için kazı yapılırken kullanılacak kazı destek sistemi tipi, o projeye özel olarak ve etrafındaki mevcut binalar ve istinat yapıları ile etkileşimi, gerekli analizler yapılarak seçilmeli ve tasarlanmalıdır. Hem proje tasarım aşamasında hem sahada/imalat esnasında, geoteknik mühendislerinin ve konusunda uzman teknik personelin görev alması gereklidir.
- 2) Kazı/inşaat aşamaları planlanmalı ve bu süreçte kazı aşamaları ilerledikçe zeminde oluşabilecek deformasyonlar hesaplanarak, çevre yapılarda oluşabilecek hasar ve olası riskler değerlendirilmelidir. Gerekmesi durumunda tarafların hazırlıklı olması adına acil durum eylem planları hazırlanmış olmalıdır.
- 3) Bu tür kazılarda, kazıya başlanmadan önce, komşu parsellerdeki bina ve istinat yapılarının güncel mevcut hasar durumları fotoğraflanarak ve ölçümlerle tespit edilmeli, kazı süresince zeminde yanal düşey deformasyon ölçümleri vb. gerekli enstrümantasyon ile takip altında tutulmalıdır.
- 4) Yüksek kot farkı olan sokaklardaki komşu parsellerde (örneğin bu vakada komşu iki parselin bulunduğu iki sokak arasında 20 m kot farkı bulunmaktadır) mevcut bina alt kotunda yapılacak yeni inşaat, istinat yapıları ve yeni kazılarda dikkat edilmesi gereken hususlar idarelerin kontrol mekanizmalarınca incelenmeli ve ihlal durumunda mevzuata göre yaptırımlar uygulanmalıdır.

## Kaynaklar

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü (2018) "Kazı Güvenliği ve Alınacak Önlemler" konulu Ağustos 2018 tarihli genelgesi
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü (2021) "Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları Yönetmeliği" taslağı
- 17.12.2020 tarihli "İleri Mahallesi 8139 Ada 12 Parsel İnşaat Sahası Parsel Bazında Zemin ve Temel Etüdü Veri Raporu"
- 17.12.2020 tarihli "Ankara İli Çankaya İlçesi İleri Mahallesinde 8139 Ada 12 Parselde Yapılacak Olan Konut İnşaatına ait Geoteknik Değerlendirme Raporu"

# Yapıların Deprem Tasarımında Yeni Yaklaşımlar: Deprem Yalıtımı

## 1. Giriş

Ülkemizde gerçekleşen doğal afetler içinde en fazla etkiye sahip olan afet türünün deprem olduğu bilinen bir gerçektir. Geçmiş depremlerde meydana gelen hasarın gerek can kaybı gerekse ekonomik açıdan değerlendirildiğinde etkinin ne kadar büyük olduğu anlaşılmaktadır. Bunun en temel nedeninin ülkemizde uzun yıllar sonucunda oluşan kötü bina stoku olduğu da bilinen diğer bir gerçektir.

Ülkemizdeki bina stokunun deprem riskinin azaltılması için gerçekleştirilen birçok çalışma olmasına rağmen son yıllarda meydana gelen depremlerde meydana gelen hasarların dağılımı ve düzeyi incelendiğinde söz konusu çalışmaların yeterli etkide olmadığı görülmektedir.

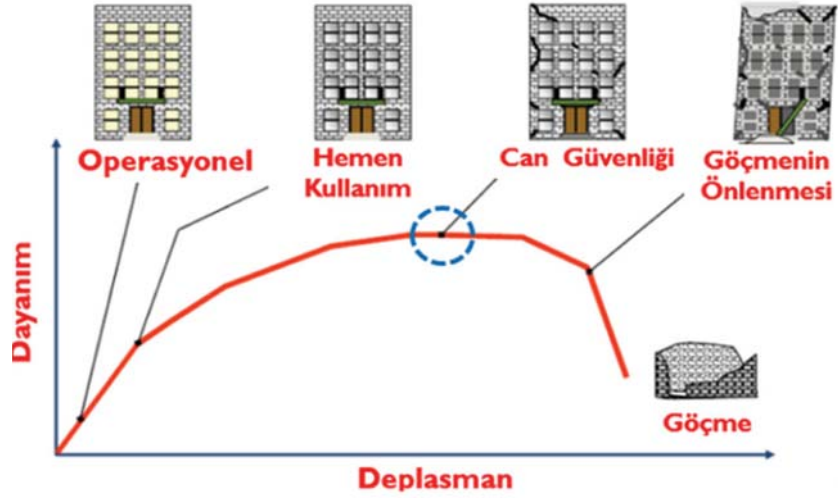
Dünyada deprem mühendisliği alanında yapılan araştırmalar ve geliştirilen yeni teknolojiler ile depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesi ve uygulamalarında oldukça farklı bir boyuta geçilmiştir. Bu uygulamalardan biri de deprem yalıtımı olarak karşımıza çıkmaktadır.

## 2. Deprem Tasarımında Yeni Yaklaşımlar

Dünyadaki modern deprem yönetmeliklerindeki minimum tasarım felsefesi olan “can güvenliği” hedefi günümüzde yürürlükte olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği - 2019 için de minimum tasarım yaklaşımı olarak tanımlıdır. Bu hedef sadece yapıdaki taşıyıcı elemanların deprem davranışlarını kontrol etmektedir. Ayrıca “can güvenliği” hedefini sağlayan, deprem yönetmeliğine uygun tasarlanmış ve detaylandırılmış bir yapıdaki taşıyıcı sistem elemanlarında belirli bir oranda hasara izin verilmektedir. Diğer bir deyiş ile deprem yönetmeliği kurallarına uygun olarak yapılmış bir binanın deprem sonrası yapısal hasar görmesi kaçınılmaz bir durumdur. Deprem yönetmeliği tasarım yaklaşımının bina hasar ilişkisi Şekil-1’de gösterilmiştir. Geçmiş yıllarda meydana gelen depremlerin ülke ekonomisine getirdiği büyük etkinin ana kaynaklarından biri de belirli derecede hasar görmesine izin verilerek tasarlanan yapılardır. Özellikle son 10 yılda hızla artan yapı stoku ve bu alandaki maliyetlerin giderek yükselmesi, olası bir deprem sonrası büyük bir ekonomik riski beraberinde getirmektedir.

2000 yılı itibarı ile dünyada deprem tasarımı yaklaşımında önemli bir değişim yaşanmıştır. “Vision 2000” olarak adlandırılan bu yaklaşımda yapıların deprem tasarımında farklı, deprem düzeylerinde farklı davranış sergilemeleri için tasarım kriterleri geliştirilmiş ve bu yaklaşıma “performansa dayalı deprem tasarımı” adı verilmiştir. Bu yaklaşımda binaların sadece taşıyıcı sistem elemanlarının





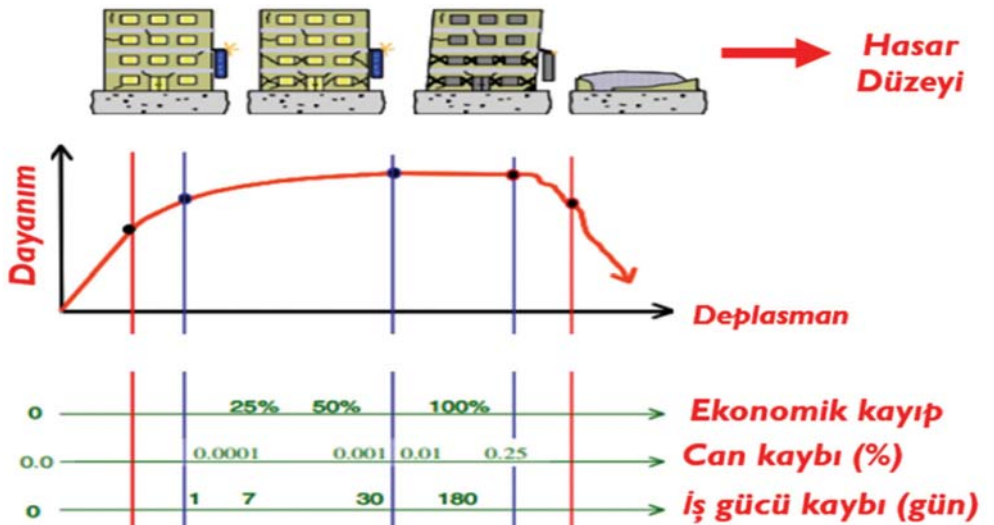
Şekil 1 - Deprem yönetmelikleri minimum tasarım felsefesi

deprem davranışının yanında yapısal olmayan elemanların da deprem davranışı için tasarımına ait kurallar ve kriterler tanımlanmıştır.

Performansa Dayalı Deprem Tasarım felsefesinde deprem etkisi altındaki yapı davranışının daha önceden tanımlanmış bir davranış yerine "yatırımcı" ve "tasarımcı"nın birlikte belirlediği ve tasarımcının belirli bir deprem etkisi altında belirli bir davranış hedefi için gerekli çalışmalarını yapmasına dayanır. Böylece yapıda sadece yapısal eleman hasarından değil yapısal olmayan elemanlardan doğacak can ve mal kayıplarının da önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Performansa dayalı deprem tasarımı yaklaşımı ülkemizde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 Bölüm 7'de "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" kapsamında uygulamaya girmiş, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği - 2019 kapsamında ise gerek yeni yapılacak gerekse mevcut binaların deprem tasarımı için kullanılmaya başlanmıştır.

Deprem mühendisliği alanındaki gelişmeler sonucunda yeni yaklaşım yapıların deprem tasarımındaki kriterler olan yatay deplasman, göreceli kat ötelemesi, dayanım gibi mühendislik parametrelerinin yerine "ekonomik kayıp", "can kaybı" ve "iş gücü kaybı" parametreleri kullanılmaya başlanmış ve söz konusu ilişki Şekil-2'de belirtilmiştir.



Şekil 2 - Yeni performansa dayalı deprem tasarım felsefesi

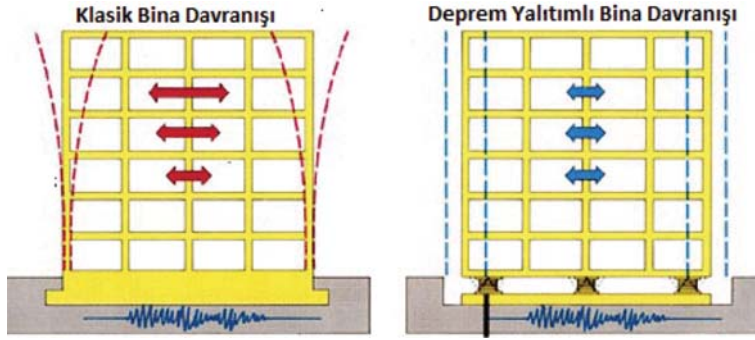
Bu yaklaşımın uygulamadaki mühendisler tarafından kullanılması için geliştirilen ve 2018'de yayınlanan "FEMA-P58" dokümanı yukarıda belirtilen kriterlere göre deprem tasarımı ve değerlendirme için gerekli prosedürü içermektedir. Ayrıca binaların deprem performansının benzer kriterler ile tasarımı ve değerlendirilmesi için geliştirilen diğer bir doküman ise "REDİ" olarak adlandırılmakta ve mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır.

### 3. Deprem Yalıtım Felsefesi

Dünyadaki modern deprem yönetmeliklerindeki minimum tasarım felsefesi olan "can güvenliği" hedefi sonucunda binada meydana gelmesi kaçınılmaz olan yapısal ve yapısal olmayan hasarın boyutu gerek yatırımcı gerekse son kullanıcılar tarafından kabul edilemeyecek boyutta olduğu geçmiş deprem hasarlarından anlaşılmaktadır.

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde meydana gelen depremler sonucunda ortaya çıkan yapısal ve yapısal olmayan hasarların, iş gücü ve üretim kayıpları düşünüldüğünde söz konusu maliyetleri ülke ekonomilerinde ciddi etkiler yaratmıştır. Bu nedenle son yıllarda geliştirilen ve uygulama alanı giderek artan "yeni performansa dayalı deprem tasarımı" yaklaşımı kapsamında tanımlanan performans hedeflerinin gerçekleştirilmesi ve binalarda meydana gelecek hasar riskinin azaltılması, hatta minimum düzeye indirilmesi için deprem mühendisliği alanında çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların sonucunda geliştirilen yöntemlerden biri de "deprem yalıtım" teknolojisidir.

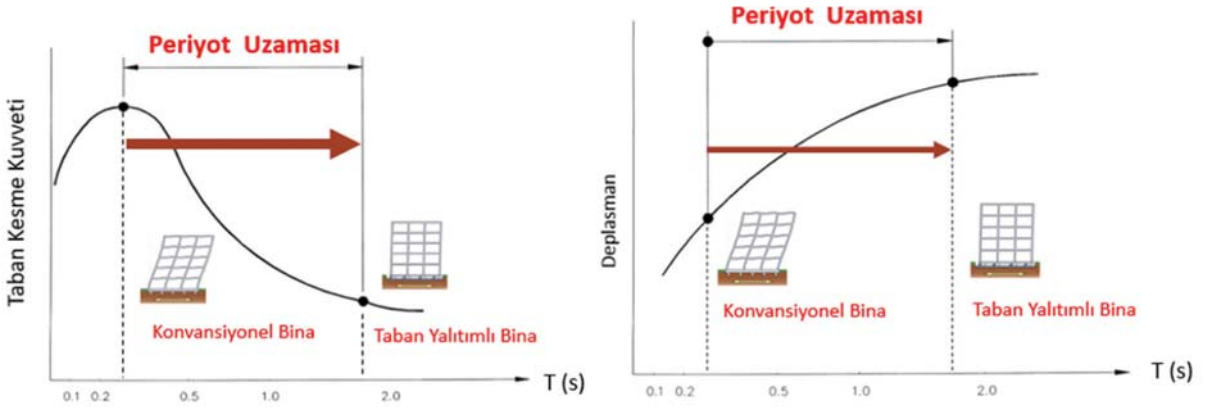
Deprem yalıtımı teknolojisi son 30 yılda uygulama sayısı giderek artan, deprem riski yüksek bölgelerde deprem kayıplarının azaltılması amacı ile geliştirilmiş bir deprem mühendisliği uygulamasıdır. Tüm dünyada deprem sonrası meydana gelen yapısal ve yapısal olmayan hasarların ekonomik kaybın en önemli kaynağı olduğu geçmiş depremlerde görülmüştür. Yapılardaki deprem hasarlarının azaltılması için yapının belirli düzlemlerine "deprem yalıtım birimi" olarak adlandırılan cihazların yerleştirilmesi ile yapıların deprem davranışları değiştirilmekte ve böylece hasar görmeleri önlenmektedir. Deprem yalıtım uygulamasının binaların deprem davranışını değiştirmesi Şekil-3'te gösterilmiştir.



Şekil 3 - Deprem yalıtımlı binanın davranışı

Deprem yalıtımının temel felsefesi yapıların doğal titreşim periyotlarını uzatması ve titreşim mod şekillerini değiştirerek, binaya gelen deprem yüklerinin değerini ve dağılımını değiştirmektir. (Şekil-4) Ayrıca bu sistemler yapının mevcut sönüm özelliklerine ek olarak sağladığı sönüm ile de deprem yüklerinin azalmasını sağlamaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta bina periyodundaki artış nedeniyle deplasman taleplerinin artmasıdır. (Şekil-4) Böylece deprem yalıtımı uygulaması ile binaya etkileyen deprem yükleri oldukça azaltılmakta ve böylece binanın taşıyıcı sistemini oluşturan kolon, giriş ve perde gibi elemanların hasar görmesi engellenmektedir.

Bu uygulama sadece yapısal elemanları değil bina içindeki eşya ve ekipmanların da devrilmesi ya da hareket etmesini engellemektedir. Özellikle depremden hemen sonra kullanılması gerekli olan hastane, iletişim binaları, enerji santralleri gibi kritik binaların klasik tasarım ile beklenen davranış göstermesi oldukça zor bir süreçtir.



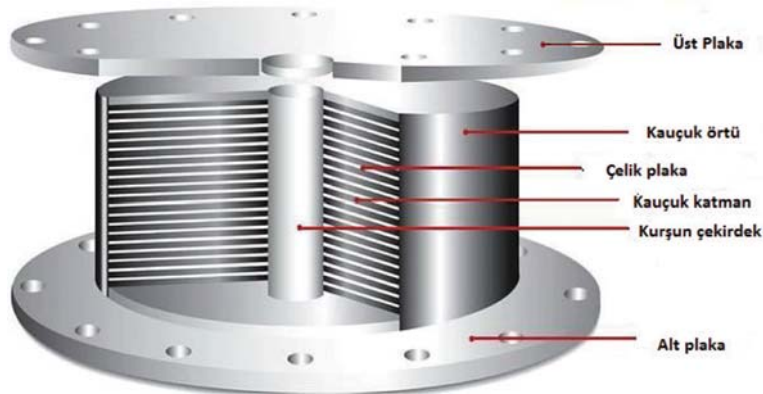
**Şekil 4** - Periyot uzaması nedeniyle deprem kuvvetlerinin azalması ve deplasman talebinin artması

Diğer yandan binaların içinde bulunan eşya ve ekipmanların yatırım maliyetleri düşünüldüğünde söz konusu elemanlarda oluşabilecek hasarlar çok büyük ekonomik boyutlara ulaşabilecektir. Yapısal olmayan elemanların da deprem güvenliğini sağlayan bu uygulama "iş sürekliliği" kavramının gerçekleştirilebilmesi için rasyonel deprem tasarım yaklaşımıdır.

#### 4. Deprem Yalıtım Birimlerinin Özellikleri

Deprem yalıtımı uygulamalarında temel olarak 2 tür deprem yalıtım birimi kullanılmaktadır. Bunlardan ilki "kauçuk" diğeri ise "sürtünmeli sarkaç" tipi yalıtım birimleridir.

Kauçuk tipi yalıtım birimleri kauçuk katmalarının arasına çelik levhalarının birbirlerine yüksek sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması sonucu oluşturulan bir mesnet türüdür. Bazı uygulamalarına merkeze kurşun çekirdek uygulandığı durumlar da mümkündür. Tipik kurşun çekirdekli kauçuk yalıtım birimi Şekil-5'te gösterilmiştir.



**Şekil 5** - Kurşun çekirdekli yalıtım birimi kesiti

Diğer yalıtım birimi tipi olan sürtünmeli sarkaç tipi yalıtım birimi özel bir sürtünme yüzeyi ile kaplı çelikten yapılmış iki eğri yüzeyden oluşmaktadır. Söz konusu yalıtım birimi tek, iki ya da üç eğri yüzeli olmak üzere farklı tiplere sahiptir. Tipik sürtünmeli sarkaç tipi yalıtım birimi Şekil-6'da gösterilmiştir.

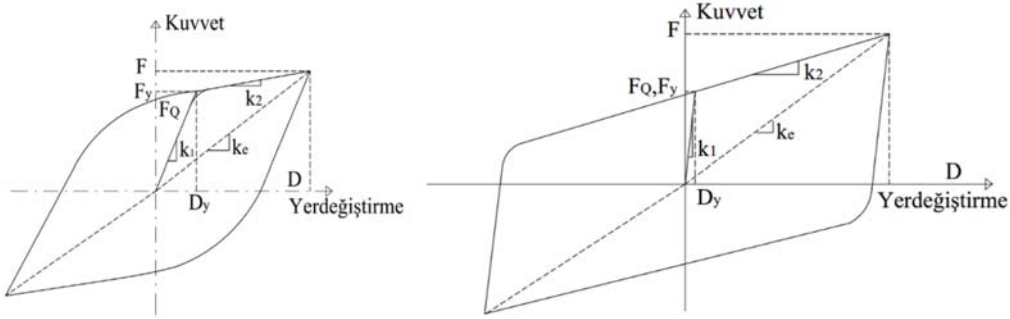
Uygulamada hangi tip yalıtım biriminin kullanılacağını belirlemede farklı nedenler mevcuttur. Yalıtım birimi seçiminde, performans talebi, deprem tehlikesi düzeyi, yapının geometrisi, mimari tasarım, bina kullanım amacı, çevresel şartlar ve ekonomik sebepler etkili olabilmektedir.

Yalıtım birimlerinin en önemli özelliği kuvvet-deplasman özelliklerinin belirlenmesidir. Tipik bir kauçuk tipi yalıtım biriminin ve sürtünmeli sarkaç tipi yalıtım birimine ait kuvvet deplasman ilişkisi Şekil 7'de verilmiştir.





Şekil 6 - Sürtünlü sarkaç tipi yalıtım birimi kesiti



Şekil 7 - Kurşun çekirdekli kauçuk ve sürtünlü sarkaç tipi yalıtım birimi kuvvet-deplasman ilişkisi

## 5. Deprem Yalıtımlı Yapıların Tasarımı Süreci

Ülkemizde deprem yalıtımlı binaların tasarımı uygulaması başladığı yıllarda geçerli olan deprem yönetmeliği, söz konusu binaların tasarımında uluslararası yönetmelikler kullanılmıştır. Ancak 2019 yılında resmi olarak yürürlüğe giren "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği" Bölüm 14 kapsamında deprem yalıtımlı binaların analizi, tasarımı ve yalıtım birimlerinin testleri ile ilgili kural ve kriterler tanımlanmıştır.

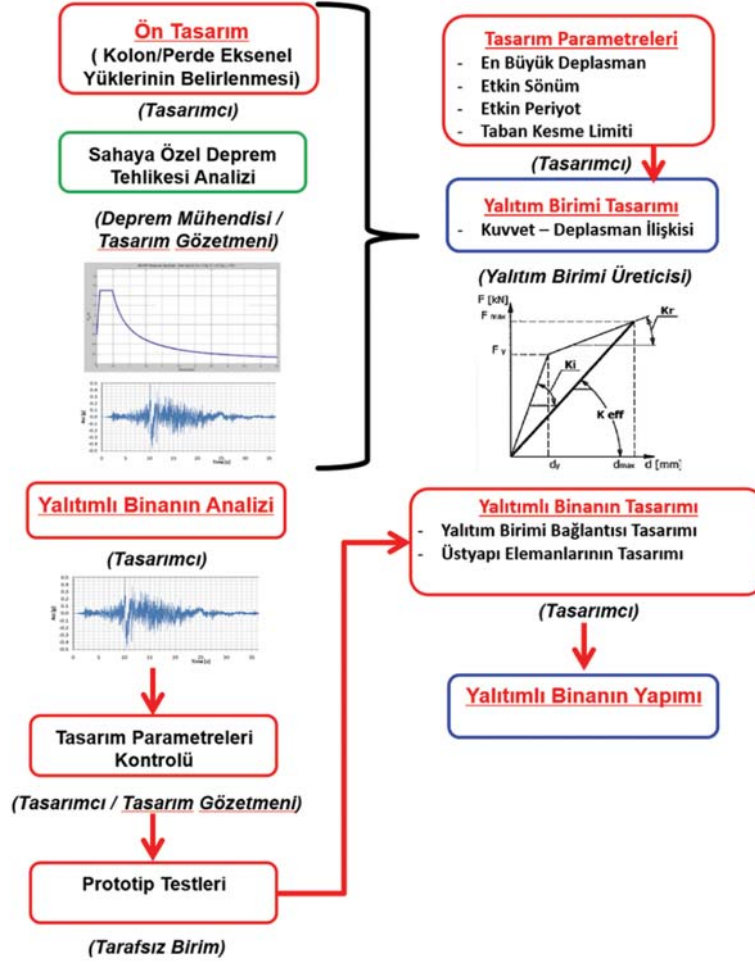
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 Bölüm 14 kapsamında deprem yalıtımlı binaların deprem tasarım aşamaları aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- i. Sahaya özel deprem tehlikesi analizi ve yer hareketi setlerinin belirlenmesi
- ii. Yalıtım sistemi tasarım parametrelerinin (En büyük deplasman, etkin sönüm, etkin periyot, taban kesme kuvveti sınırı) belirlenmesi
- iii. Yalıtım birimi tasarımı
- iv. Yalıtımlı binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi
- v. Analiz sonuçlarının tasarım kriterleri ile karşılaştırılması
- vi. Yalıtım birimlerinin prototip testleri ve sonuçların değerlendirilmesi
- vii. Yalıtımlı binanın test sonuçlarına göre kontrolü
- viii. Üst yapı ve yalıtım birimi bağlantılarının tasarımı

Yukarıda belirtilen süreçlerde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Bölüm 1.3 kapsamında "tasarım gözetmeni" görev almakta. Söz konusu tasarım gözetmenleri "sahaya özel deprem tehlikesi analizi" ve "deprem yalıtımlı bina analizi ve tasarımı" aşamalarını detaylı bir şekilde kontrol ederek gerekli çalışmaların yapılmasını sağlamaktadır.

Yukarıda belirtilen süreçlerin akış şeması ve birbiri ile ilişkisi Şekil 8'de belirtilmiştir.

Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin (TDY 2018) 14. Bölümü "Deprem Etkisi Altında Yalıtımlı Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı için Özel Kurallar", deprem yalıtımlı bina tasarımı konusunda bulunan yerel yönetmelik eksikliğini kapatmıştır.



**Şekil 8 - Deprem yalıtımlı binanın deprem analiz ve tasarım süreci**

Bölüm 14, öncelikle genel tasarım ilkeleri ve yalıtım birimlerinin temel özelliklerini tanımladıktan sonra yalıtım sisteminin tasarımında dikkate alınması gereken unsurları ve yalıtım sisteminin servis ömrü boyunca incelenmesi, izlenmesi ve bakımı ile ilgili temel kuralları içermektedir. Yalıtım sisteminin sahip olması gereken onay ve belgeler ile yalıtım sistemine sahip olan yapıdan beklenen performans hedefleri de yine bu bölüm içerisinde tanımlanmaktadır. Söz konusu bölüm asgari düzeyde aşağıdaki hususların dikkate alınmasını şart koşmaktadır:

- Yalıtım sistemi ve altyapı, DD-1 deprem yer hareketi düzeyinde deprem tasarım sınıfından (DTS) bağımsız olarak “Kesintisiz Kullanım” performans seviyesini sağlamalıdır. Yalıtım sistemi üzerinde kalan yapı ise DT 1a ve 2a için “Kesintisiz Kullanım” diğer durumlar için ise “Sınırlı Hasar” performans seviyesini sağlamalıdır.
- Yalıtım sistemi ve yalıtım sisteminin altında kalan elemanların kararlılığı, DD-1 deprem yer hareketi düzeyinde yalıtım birimi alt sınır parametreleri kullanılarak hesap ile gösterilecektir.
- Yalıtım birimi elemanlarının tasarımında düşey yükler ve deprem etkileri ile birlikte rüzgâr, sıcaklık, yaşlanma, sünme gibi etkiler de dikkate alınacaktır.
- Yalıtım birimi üzerinde kalan yapısal elemanları DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde yalıtım birimlerine ait parametrelerin üst sınır değerleri ile kontrol edilecektir.
- Yalıtım sisteminin, hesaplanan en büyük yer değiştirmeye eşit miktarda engellenmemiş hareket alanına sahip olması gerekmektedir.
- Yalıtım sisteminin burulma davranışı tüm yapısal elemanların tasarımında dikkate alınacaktır.

- İmalat sonrası yalıtım birimlerinin davranışını etkileyen veya davranışından etkilenecek olan unsur olmadığının kontrolü sahada gerçekleştirilecektir.
- Yalıtım birimlerine, binanın kullanım ömrü boyunca erişim sağlanabilir olması gerekir. Ayrıca yapı, gerekmesi durumunda yalıtım birimlerinin değiştirilebilmesi için yeterli boyutlarda çalışma alanı ve geçiş alanına sahip olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Yalıtım birimleri CE işaretine sahip olmalıdır.

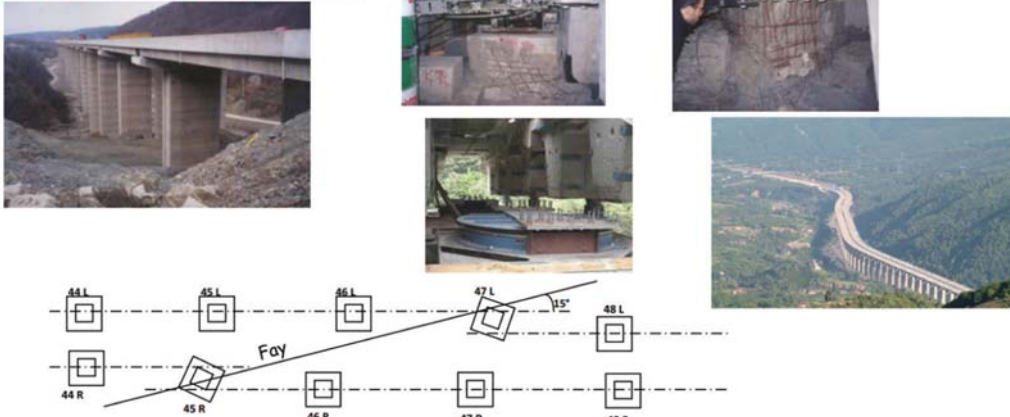
Yukarı tanımlanan hususların aktarılmasının ardından, Bölüm 14, yalıtım sisteminin hesap esaslarını, kullanılacak hesap yöntemlerini ve yapılması gereken yalıtım birini prototip ve üretim testleri ile ilgili kuralları içermektedir.

## 6. Türkiye’de Deprem Yalıtımı Uygulamaları

Ülkemizde deprem yalıtım uygulamaları ilk olarak köprülerde uygulanmaya başlanmıştır. Özellikle 1999 Kocaeli depreminden sonra güçlendirme amacı ile Bolu Viyadüğü, Atatürk Havalimanı, Antalya Havalimanında ilk olarak uygulanmıştır.

2013 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan bir genelge ile 1. ve 2. derece deprem bölgesinde bulunan 100 yataktan fazla kapasiteye sahip hastanelerin deprem yalıtımlı olarak yapılması zorunlu hale getirildi. Bu tarih itibarı ile deprem yalıtımlı bina sayısında hızlı bir artış olmuştur.

### Bolu Viyadükleri Güçlendirmesi (1991)



Şekil 9 - Bolu viyadüğü deprem yalıtımlı güçlendirmesi ( G. M. Calvi)

### Mecidiyeköy Viyadüğü Güçlendirmesi (2009)



Şekil 10 - Mecidiyeköy viyadüğü deprem yalıtımlı güçlendirmesi ( EMKE İnş.)





**Şekil 11** - Dünyanın en büyük deprem yalıtımlı hastanesi olan İkitelli Sağlık Kampüsü

**Aykent Loft (2013)**



**Şekil 12** - Türkiye'nin ilk deprem yalıtımlı konut binası (Ulus Yapı A.Ş.)



**Şekil 13** - Deprem yalıtımlı olarak güçlendirilen konut binası (FREYSAŞ)

Ülkemizde oldukça büyük hastaneler inşa edilmiş ve söz konusu hastanelerden bazıları dünyadaki en büyük binalar arasına girmiştir.

Bugüne kadar Sağlık Bakanlığı Yatırım Dairesi ve Devle-Özel iş birliği kapsamında inşa edilmiş ve tasarımı devam eden 100'e yakın hastane bulunmaktadır. Söz konusu hastanelerin tasarımı ve inşası aşamalarında Türk mühendislik camiası deprem yalıtımı konusunda oldukça tecrübe ve birikim elde etmiştir.

## 7. Genel Değerlendirme

Türkiye'deki deprem gerçeği ve her depremden sonra ortaya çıkan can ve mal kaybı düşünüldüğünde ülkemizin ne kadar büyük bir risk ile karşı karşıya olduğunu anlamak mümkündür. Söz konusu riskin azaltılması için çeşitli girişimler yapılmış ve yapılmaktadır. Ancak hızla artan kontrolsüz şehirleşme sonucunda Türkiye'deki hasar görülebilirliği yüksek bina stoku giderek artmakta ve yapılan çalışmaların etkisini azalmaktadır. Son yıllarda yapı stokunun yenilenmesi için yapılan girişimlerin en önemlisi olan "kentsel dönüşüm" projeleri eski yapıların mimari, malzeme ve tesisat açısından yenilenmesini sağlamakta ancak yapıların deprem güvenliği, özel bir tasarım yapılmadıkça, "can güvenliği" performansından öteye geçememektedir. Yüksek maliyetlerle yenilenen ve mevcut deprem yönetmeliği tasarım yaklaşımı ile yapılan bu yapıların deprem sonrası hasar görmesi kaçınılmazdır, hatta bazı durumlarda güçlendirilmesi bile mümkün olmayacaktır. Diğer bir deyişle söz konusu yapılar deprem riski olarak ülke ekonomisine bir tehdit olmaya devam etmektedir.

Deprem afetinin yarattığı can ve mal kayıplarının boyutu ve ülke ekonomisine etkisi geçmiş depremlerde yarattığı etki düşünüldüğünde can güvenliğini hedefleyen tasarım yaklaşımının kabul edilmesi mümkün değildir. Özellikle performansa dayalı deprem tasarımında "işlev sürekliliği" ve "hemen kullanım" gibi yüksek performans hedeflerin sağlanması klasik tasarım yaklaşımı ile oldukça zordur.

Deprem riskinin en aza indirilmesini sağlayacak olan deprem yalıtımı uygulaması Türkiye'nin deprem riski azaltma çabaları arasında en rasyonel seçenek olarak durmaktadır. Son yıllardaki uygulamaların artması ile gerek tasarım gerekse uygulama mühendislerinin tecrübesi oluşmuştur ve giderek artmaktadır. 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin resmi olarak yayımlanması ile yönetmelik olarak var olan eksiklik de ortadan kalkmıştır.

Deprem etkilerinin azaltılması için dünyada yapılan araştırmalar sonucunda "deprem yalıtımı" teknolojisi geliştirilmiş ve çeşitli uygulamaları dünyada 1990'lı yılların ortalarından itibaren Japonya, Amerika ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde başlamıştır. Söz konusu uygulamalar ilk etapta sağlık, enerji ve haberleşme amacı ile kullanılan kamu açısından önemli binalar ile başlamış ayrıca Japonya'da konut tipi yapılarda da uygulanmıştır. Günümüzde tüm dünya çapında yaklaşık 5000'den fazla binada deprem yalıtımı uygulanmıştır.

Dünyada meydana gelen büyük depremler sonrasında deprem yalıtımlı binalar incelendiğinde gerek bu yapılardan alınan ölçümler gerekse yerinde yapılan görsel kontrollerde herhangi bir sorun ile karşılaşılma ve deprem yalıtım sisteminin hedeflenen deprem davranışını başarı ile sağladığı gözlenmiştir. Bu konu ile ilgili birçok resmi rapor mevcuttur.

Bu aşamada yapılması gereken deprem yalıtımlı binaların sayısının artırılması için gerekli bilgilendirmeyi mühendislik camiası dışındaki profesyonellere ve daha da önemlisi son kullanıcı olan halka açıklanmasıdır. Bu nedenle aşağıdaki noktaların vurgulanması gereklidir.

- i. Deprem yönetmeliğine uygun tasarlanmış ve inşa edilmiş binalar, aksi bir durum belirtilmedikçe, "can güvenliği"ni sağlar ve hasar görmesi kaçınılmazdır.
- ii. Günümüzde artan yatırım maliyetleri nedeniyle bina içindeki eşya ve sistemlerin de depremden görecekları hasarın ekonomik boyutu oldukça fazladır.
- iii. Can güvenliğine göre tasarlanmış binaların deprem sonrası tekrar kullanılması için yapılması gereken güçlendirme maliyeti ve iş gücü kaybı yapı tasarımı aşamasında değerlendirilmesi gereken bir unsurdur.

Günümüzde ülkemizde yapılan deprem yalıtımı uygulamalarından elde edilen sonuçlara göre deprem yalıtım sisteminin maliyeti bina taşıyıcı sisteminin maliyetinin yaklaşık %10'u kadar oldu-

ğu belirlenmiştir. Bu oran, deprem yalıtımın getirdiği deprem güvenliği düzeyi düşünüldüğünde, binaları yatırım maliyetlerine göre çok büyük bir oran olmadığı görülmektedir.

Son olarak vurgulanması gereken nokta ülke genelinde karar vericilerin mevcut bina stokunun ve yeni yapılacak binaların deprem riskinin azaltılması açısından alternatif uygulamalar olduğu konusunda bilgilendirmesi gerektiğidir. Bu durum yatırımcı ve son kullanıcılar için de geçerlidir. Bu konuda en kapsamlı bilgi birikimine sahip kuruluş olarak Deprem İzolasyon Derneği (www.did.org.tr) bu konunun tüm ilgililere ulaşması için çalışmakta ve çalışmaya devam etmektedir.

Dünya ve Türkiye’de teknik alandaki ve özellikle deprem mühendisliği alanındaki gelişmeler dikkate alındığında deprem yalıtımı uygulamalarının giderek daha fazla uygulama alanı bulacağı açıktır. Ancak bu uygulamaların her açıdan daha sağlam temeller üzerine oturması adına mühendisler, ülkedeki karar vericiler, yatırımcılar, uygulayıcılar ve yatılımların üreticilerine büyük görevler düşmektedir.

### **Kaynaklar**

- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019
- FEMA-P58 Seismic Performance Assessment of Buildings, Volume 1 Methodology, Applied Technology Council, December 2018
- FEMA-P58 Seismic Performance Assessment of Buildings, Volume 2 Implementation Guide, Applied Technology Council, December 2018
- FEMA (2012) Next-Generation Methodology for Seismic Performance Assessment of Buildings, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Report No. FEMA P-58, Washington, D.C.
- FEMA (2009) Quantification of Building Seismic Performance Factors, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Report No. FEMA P-695, Washington, D.C.
- Bahadır Şadan, “Türkiye’de Deprem Yalıtım Uygulamaları”, IMO Semineri, 2021



# Su Temininde Bir Alternatif: Yüzer Ters Ozmos Tesisleri

## Afetlerde Su Temini

Afetlerin en kapsamlı tanımı; "İnsan ve diğer canlılar için; normal yaşamı ve toplumsal faaliyetleri kesintiye uğratan, toplumda fiziksel, sosyal, kültürel ve ekonomik kayıplara neden olan ve etkilenen topluluğun üstesinden gelemediği doğa veya insan kaynaklı bir olgudur" şeklinde kabul edilebilir. Bu durumlarda diğer bozuklukların ve gereksinimlerin yanında su gereksinimi ve su temini önemli bir yer almaktadır.<sup>(1)</sup>

Afet sonrası insan sağlığını tehdit edecek çevresel riskleri şöyle sıralayabiliriz:

- Barınma ve kalabalık faktörü;
- Yeterli miktarda, kaliteli suyun sağlanamaması;
- İnsan atıklarının oluşturduğu riskler;
- Bulaşıcı hastalık riski ve
- Afetin çeşidine bağlı olarak gelişebilecek kirliliklerin oluşturduğu riskler.<sup>(2)</sup>

Örneğin bir depreme genel olarak bina türü yapılar üzerindeki etkisi ve oluşturabileceği hasar ile yıkımlar odaklı bir bakış açısıyla yaklaşılsa da, altyapı tesisleri de büyük zarar görüp, kullanılmaz hale gelebilmektedir. Bu yazı ile deprem başta olmak üzere afet sonrasında temiz suya ulaşımın kesintisiz yapılabilmesine katkıda bulunacak bir sistemin değerlendirilmesi yapılacaktır.

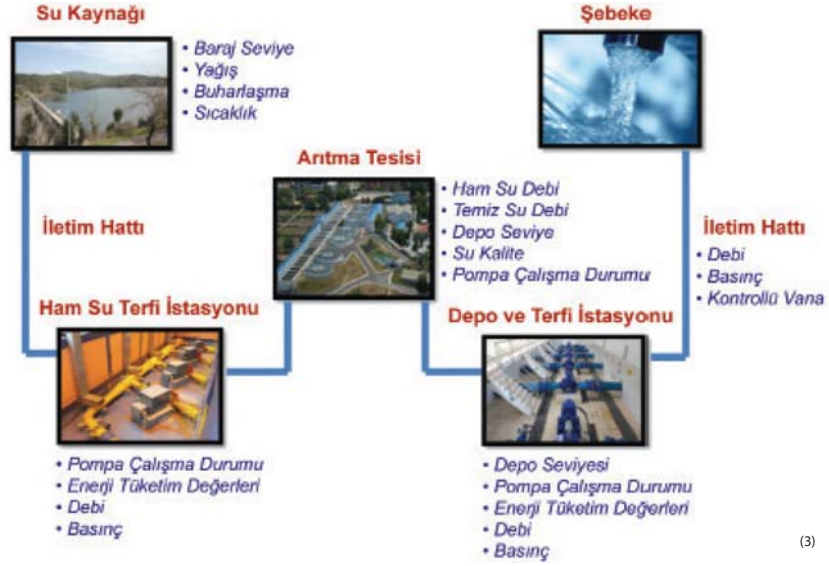
Suyun temin edildiği kaynaklar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Akarsulardan
- Doğal göllerden veya barajlardan
- Yeraltı su kaynaklarından
- Yağmur sularından lokal olarak (çatılardan) veya büyük drenaj alanlarından toplanarak sarnıçlarda biriktirilerek
- Denizlerden

Temin edilen su insan kullanımına gelinceye kadar bir dizi yol izler;

Deprem ve diğer afetler sonrası aşağıdaki gibi bir takım sebeplerden dolayı su temini sağlanamayabilir;

- Yapısal hasarlar



- Boru hasarları
- Ekipman hasarları
- Elektrik kesintileri
- Kimyasal madde temininin yapılamaması
- İşletecek personelin görev başına dönememesi, ulaşım imkanlarının kalmaması vb.

Afetten kurtulan afetzedeler, diğer herhangi bir nedenden değil, muhtemelen uygun olmayan sanitasyon şartları ve yeterli su bulunmamasından kaynaklanan hastalıklardan hayatını kaybetmektedir. Bunlardan en önemlileri ishalleri hastalıklar ile dışkı ve ağız yoluyla bulaşan diğer hastalıklardır. Bunların bulaşması, sanitasyon kurallarına uymama, kötü sağlık koşulları ve kirli su kaynakları ile olur. Ayrıca olağan üstü durumların doğasında yeterince içme suyu olmamasıdır ve sağ kalım düzeyinde temiz su sağlamak çok önemli bir unsur halinde gelir. Afetlerden hemen sonra geçici yerleşim sağlanıncaya kadar ilk yapılacak şeylerden içme suyu gereksiniminin sağlanmasıdır. Yeterli su almamak insan sağlığına ciddi sorunlara yol açabilmektedir.<sup>(4)</sup>

Dünya Sağlık Örgütüne (DSÖ)'ne göre: "Genel olarak, acil durumlarda, günde kişi başına 20 litre su sağlamak uygundur. Ancak, bu kural çok görecelidir ve şartlara uygun olarak düzenlenmelidir". Acil durumlarda ya da afetlerde kurulan sahra hastanesinde, günde hasta başına 150-200 litre suya, beslenme merkezi ve beslenme rehabilitasyon merkezinde ise günde çocuk başına 30-40 litre suya gereksinim olur. İçilebilir su, insan sağlığını tehlike düşürecek hiçbir şey (mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel) içermemelidir.<sup>(5)</sup>

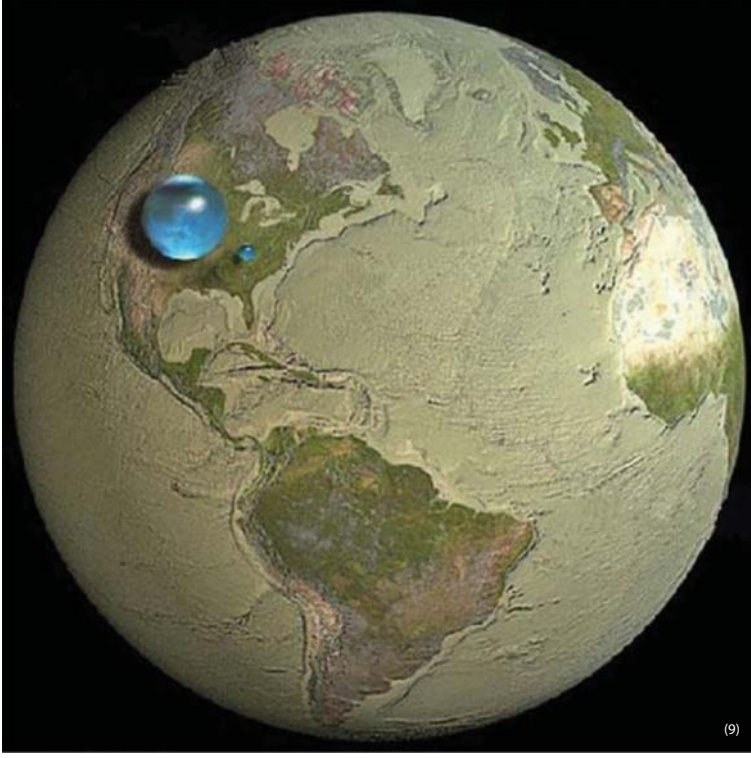
Afet koşullarında sıklıkla su sağlama sistemleri kısmen veya tamamen zarar görmüştür. Su saklama imkânları kalkmıştır. Bu nedenle hızla bir su sağlama sistemi kurulmalıdır. Bulunan su kaynağı nüfusa yakın olmalı, kesintisiz büyük miktarlarda su sağlayabilmeli ve bulaşık (kontamine) olmadığından emin olunmalıdır.<sup>(6)</sup>

Bu şartları sağlayan en birincil kaynak olarak denizler düşünülebilir.

## Denizlerden Su Temini

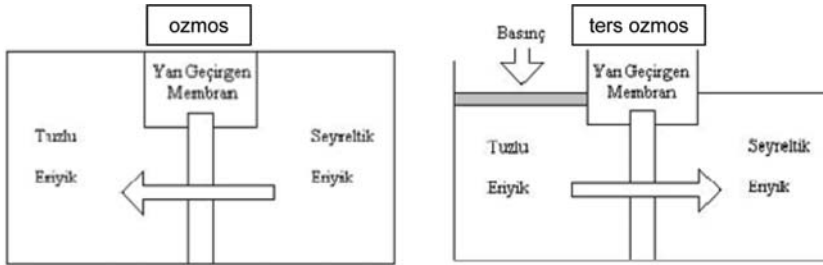
Dünya üzerindeki su potansiyelinin yalnızca %0.5'i içilebilecek nitelikte olup, %97'si deniz suyu, %2.5'i ise tuz içermesinden dolayı tuzlu yer altı suyu olarak sınıflandırılmaktadır. Söz konusu tuzlu sular içilebilecek nitelikte suya dönüştürülürse su temini açısından sınırsız bir potansiyel elde edileceği açıktır.<sup>(7)</sup>

Büyük mavi küre, dünya üzerindeki su miktarını, daha küçük olan dünya üzerindeki tatlı su miktarını, en küçük mavi küre ise dünya üzerindeki ulaşılabilir tatlı su miktarını göstermektedir.



(9)

Ozmos terimi, çözelti halindeki bir sıvının kendiliğinden yarı geçirgen bir zardan geçmesi olayını tanımlar. Bu yolla farklı konsantrasyonlara sahip iki çözelti çözüldüğü sıvıdan ayrılır. Bu yarı geçirgen membranlar çok ince bir maddeden oluşmaktadır. İdeal şartlarda bu membran, çözeltiyi inorganik ve organik maddelerden, kolloitlerden, bakterilerden, istenmeyen moleküllerden ve ayrıca iyonlarından ayırarak saf çözelti haline getirir. Çözelti akışı daima seyreltilmiş saf çözeltiye doğru gerçekleşmektedir. Bu akış ozmotik basıncın dengelendiği ana kadar sürmektedir. Bu an çözelti akışının membranın iki yönünde de gerçekleştiği zaman dilimidir. Bu olayda seyreilmeye ulaşma isteği ile, konsantre çözeltide meydana gelen hacim artmasının yol açtığı hidrostatik yüksek basınç arasında dinamik bir denge söz konusudur. Bu hidrostatik yüksek basınç çeşitli konsantrasyonlara sahip çözeltiler arasındaki ozmotik basınç farkına eşittir. Ozmotik basınç iki çözelti arasındaki konsantrasyon farkına bağlıdır. (Marquardt, 1988).<sup>(8)</sup>



Deniz suyu ters ozmos (reverse osmosis-RO) yöntemi ile ekonomik olarak tuzundan arındırılabilir.<sup>(10)</sup>

### Yüzer Ters Ozmos (RO) Tesisi

Su temini için önemli bir alternatif olan Deniz Suyu Ters Ozmos (SWRO) Tesisleri, afetlerden sonra, yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı devre dışında kalmadan hizmet vermeye devam edebilmesi için, deniz üzerinde mobil olarak kurulabilir.





Mavna üzerine inşa edilen bir RO tesisi, normal zamanlarda sabit olarak kullanılabilirken, bir afet sonrası römorkör ile ihtiyaç duyulan bölgeye çekilerek, ara tesisler olmadan, temiz su ihtiyacı olan yerlere direkt olarak hizmet verebilir.

Dünya üzerinde 100.000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli örnekleri mevcut olan bir Yüzer Ters Ozmos Tesisi, afet sonrası düşen kişi başı temiz su tüketimi dikkate alındığında 1.000.000 ve üzeri nüfusa hizmet verebilecektir. Bunun yanı sıra daha küçük kapasiteli birkaç tesis inşa edilebilir ve daha çok noktaya aynı anda ve daha hızlı bir hizmet sağlanabilir.

#### Kaynakça

- (1) [https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20\\_21\\_bahar/afet\\_tibbi/3/index.html](https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_bahar/afet_tibbi/3/index.html)
- (2) [https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20\\_21\\_bahar/afet\\_tibbi/3/index.html](https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_bahar/afet_tibbi/3/index.html)
- (3) [http://www.suvecevre.com/yayin/611/su-temini-ve-dagitim-sistemlerinde-kontrol-scada\\_17985.html#.YTewK44zblU](http://www.suvecevre.com/yayin/611/su-temini-ve-dagitim-sistemlerinde-kontrol-scada_17985.html#.YTewK44zblU)
- (4) [https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20\\_21\\_bahar/afet\\_tibbi/3/index.html](https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_bahar/afet_tibbi/3/index.html)
- (5) [https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20\\_21\\_bahar/afet\\_tibbi/3/index.html](https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_bahar/afet_tibbi/3/index.html)
- (6) [https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20\\_21\\_bahar/afet\\_tibbi/3/index.html](https://cdnacikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_bahar/afet_tibbi/3/index.html)
- (7) Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 1, 2002\_ Muhiddin Can, Akın B. Etemoğlu Atakan Avcı
- (8) Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 1, 2002\_ Muhiddin Can, Akın B. Etemoğlu Atakan Avcı
- (9) Howard Perlman, USGS, Jack Cook, Adam Nieman, Data: Igor Shiklomanov, 1993
- (10) Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 7, Sayı 1, 2002\_ Muhiddin Can, Akın B. Etemoğlu Atakan Avcı
- (11) <https://matglobal.tech/news/desalination-seawater-potable-freshwater/>

# Orman Yangınlarının Tetiklediği Afetler: Taşkın ve Erozyon

**Oral Yağcı**

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Dilek Eren Akyüz**

İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa

**Mehmet Adil Akgül**

Yeditepe Üniversitesi

**Osman Salih Yılmaz**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

**Murat Aksel**

Alanya Alaaddin Keykubat Ün.

**Mehmet Dikici**

Alanya Alaaddin Keykubat Üni

**Füsün Balık Şanlı**

Yıldız Teknik Üniversitesi

**Hafzullah Aksoy**

İstanbul Teknik Üniversitesi

## Özet

Orman yangınları ekosisteme zarar verir, bu zarar yangının büyüklüğü ile artar. Yangının ekosistemde meydana getirdiği zarar, bölgedeki hidrolojik çevrim bileşenlerini önemli ölçüde değiştirebilir. Bu değişimle ortaya çıkması olası taşkın ve erozyon istenmeyen sonuçların başında gelir. Yangının hidrolojik çevrim bileşenlerine (yağış, buharlaşma, sızma, yüzeysel akış, yer altı suyu vb.) ek olarak morfolojiyi ve çevreyi de etkiler. Bu nedenle hidrolojik çevrim bileşenlerinin anlaşılması, yangın sonrasında alınacak önlemlerin tanımlanmasında ve acil eylem planlarının hızlı şekilde geliştirilmesinde önemli ipuçları sunar. Bu çalışmada, 2021 yılı yaz aylarında Muğla il sınırlarında yaşanan orman yangınları ile ilgili değerlendirmeler sunulmuş, sonrasında meydana gelebilecek afetlere, özellikle taşkın ve erozyon riskine dikkat çekilerek, olası risk ya da hasarların önüne geçmek veya en aza indirmek için alınabilecek mühendislik önlemleri sıralanmıştır. Yaşanan orman yangınlarının olumsuz etkilerinin azaltılması için kısa vadede alınması gereken önlemlerin yağışlı döneme girilmeden karar vericiler tarafından öncelikli olarak değerlendirilmesi önemlidir.

## 1. Giriş

Orman yangınları şiddeti ve büyüklüğüne bağlı olarak biyosferdeki ekosisteme önemli ölçüde zarar verir. Orman yangını sonrasında ekosistemin belirgin şekilde zarar görmesi, çeşitli ekolojik ve mühendislik sorunlarını beraberinde getirir. Bu sorunların en başında taşkın ve toprak erozyonu gelmektedir. Detaylı ele alındığında, hidrolojik çevrimdeki her bir bileşenin yangından doğrudan veya dolaylı şekilde etkilendiği ortadadır. Bu etkinin sonucu olarak da bölgedeki yağış-akış sistemi önemli ölçüde değişir. Bu çalışmada, hidrolojik çevrim bileşenlerinde yangın sonrası meydana gelmesi muhtemel değişimler irdelenmiştir. Burada paylaşılan bilgilerin yangın sonrasında alınacak önlemlerin belirlenmesinde yol gösterici olması beklenmektedir. Bu hedefe ulaşmak için, orman yangınlarının hidrolojik çevrimin her bir bileşenine olan etkileri irdelenmiş; ayrıca, yangınların akarsu, kıyı morfolojisi ve çevre üzerinde oluşturacağı olumsuz etkilere de değinilmiştir. Bir vaka çalışması olarak, 2021 yılında Muğla il sınırlarında meydana gelen orman yangınları değerlendirilerek alınması tavsiye edilen önlemler sıralanmıştır. Bu kapsamda, orman yangınlarının olası riskleri artıracak düşüncesinden yola çıkılarak, yanmış ormanlık alanlarda alınabilecek yapısal olan ve yapısal olmayan önlemler de özetlenmiştir. Ayrıca yangın kaynaklı olası afet risklerine vurgu yapılmış, mal ve can kayıplarının önüne geçmeyi hedefleyen önlemler sıralanmıştır.

## 2. Hidrolojik Çevrim Bileşenlerine Etkiler

Hidrolojik çevrim, suyun güneşten aldığı enerji ve yerçekimi etkisi altında, atmosfer, yeryüzü ve yer altındaki hareketlerinden oluşur. Orman yangınları hidrolojik çevrimi yerel düzeyde etkilemektedir. Bu etki her bir bileşen için Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiş ve aşağıda detaylı şekilde açıklanmıştır.



**Şekil 1** - Orman yangınlarının hidrolojik çevrim bileşenlerine etkisinin şematik gösterimi. Akarsuyun sol sahili yangın öncesi, sağ sahili yangın sonrası durumu göstermektedir

### 2.1. Yağış

Genel olarak, yağışın eksikliği bir havzada kuraklığa, fazlalığı ise taşkınlara sebep olabilmektedir. Her ne kadar orman yangınlarının yağış üzerindeki etkisi tartışılır olsa da bir örnek olmak üzere 1990 yılında ABD'nin California eyaletinde 1214 ha'lık orman alanında yaşanan yangın incelendiğinde, ilk yılda yağışın ortalama yıllık toplam yağıştan %10 oranında daha az olduğu gözlemlenmiştir (Keller vd., 1997). Tek başına bu değişimin bile ekonomi ve ekolojiji olumsuz etkilemesi beklenebilir. Ayrıca, yağışın zaman içindeki değişkenliğinin orman yangınları ile arttığı gözlemlenmiştir (Keller vd., 1997). Gözlenen azalma yağışın değişkenliğine bağlansa da yangın sonrası yağış üretim mekanizmalarındaki değişim nedeniyle aynı zamanda orman yangını ile de ilişkilendirilebilir. Başka bir deyişle şiddetli kısa süreli yağışları uzun kurak dönemler takip etmeye başlamıştır. Bu durum dikkate alındığında özellikle iklim değişikliği nedeniyle kuraklığa yatkın bölgelerde ortaya çıkabilecek orman yangınlarının kuraklığı tetiklemesi, kalıcı hale getirmesi ve şiddetlendirmesi muhtemeldir. Bu bakımdan özellikle kuraklığa yatkın bölgelerde orman yangınları konusunda alınacak önlemler, sadece orman alanını korumakla sınırlı kalmayacak, aynı zamanda kuraklık ile mücadeleye de katkı sağlayacaktır.

### 2.2. Yüzeysel Buharlaşma ve Terleme

Evapotranspirasyon (buharlaşma), bitkilerden terlemeyi ve zeminden veya su yüzeyinden buharlaşmayı içine almaktadır. Yangından sonra floradaki azalma nedeniyle bitkilerden terleme azalır. Terlemedeki azalma bitkinin tipi, kök yapısı, yapraklarının ışığı yansıtma şekli ve büyüme süresi gibi birçok farklı faktörlere bağlıdır. Floradaki azalma, ek olarak, kar örtüsü olan yerlerde eriyen kar suyunun daha fazla buharlaşmasına da neden olur. Böylece yangın sonrasında, terleme azalırken, yüzeysel buharlaşma artar. Ancak yüzeysel buharlaşmadaki artış terlemedeki azalmayı karşılayamayacak kadar olduğundan toplam buharlaşma azalmaktadır. Buharlaşmadaki bu değişim kar erimesinde, yağış miktarı ve dağılımında hissedilir bir etki yapar (Neary vd., 2005). Bu da yağıştan (yağmur veya kar) sağlanan faydanın azalmasına, buna karşın oluşturabileceği zararların artmasına sebep olur.



Tiedemann ve Klock (1976) toprak neminin orman yangınından ancak 5 yıl kadar sonra yangın öncesi seviyelere ulaşabildiğini göstermiştir. ABD'nin New Mexico eyaletinde 2011 yılında meydana gelen yangın (Las Conchas yangını) sonrasında, yangının şiddetine bağlı olarak buharlaşmaya olan etkisi 16 havza üzerinde incelenmiştir (Poon ve Kinoshita, 2018). Özellikle iğne yapraklı ağaçların olduğu alanlarda, yangından bir yıl sonrasında yıllık 120 mm mertebesinde bir buharlaşma azalması görülmüştür. Bu değişim yaz aylarında daha da belirgin hale gelmektedir.

### 2.3. Sızma

Ormanlık alanlarda zemin, yüksek organik içeriği ve tipik olarak solucan ve böcekler tarafından oluşturulan çok sayıda makro gözenekten dolayı diğer zemin türlerinden çok daha yüksek sızma kapasitesine sahiptir (Neary vd., 2005). Bu durum, ormanları şiddetli yağışları sızma yoluyla emerek taşkın riskinin belirgin şekilde azaltılmasında işlevsel kılar. Ancak yangın sonrasında zemini kaplayan bitki örtüsünün ortadan kalkması ile yağmur damlaları zemine limit hız gibi yüksek bir hızla çarpar. Bu çarpma neticesinde zeminde bir miktar sıkışma meydana gelir ve zeminin sızma kapasitesini düşürür. Ayrıca yangın sonrasında genellikle yanan zeminin özgül ağırlığında bir artış gözlenir. Bu yüzden yangın sonrasında ağaçtan yoksun kalan arazi için sızmanın (ve perkolasyonun) azalmasına bağlı olarak yer altı suyunun beslenmesinde azalma olması beklenmelidir (Gerrits, 2010). Buna paralel olarak zemine sızmayan suyun yüzeysel akışı şiddetlendirmesi ile bölgedeki taşkın ve erozyon riski artar. Genel bir bilgi olarak, iğne yapraklı ağaçların tutma kapasitesinin kışın yaprak döken ağaçlara oranla daha fazla olduğu söylenebilir (Gerrits, 2010).

### 2.4. Yüzeysel Akış (Dolaysız akış)

Yüzeysel akış, akarsudaki akımı önemli ölçüde besleyen hidrolojik çevrim bileşenidir. Meydana gelmesi için yağış şiddetinin veya kar erime hızının sızma hızından daha büyük olması gerekmektedir. Yüzeysel akış ile harekete geçen su, havzanın akarsu ağına kısa sürede ulaştığı için dolaysız akış olarak da adlandırılır. Akarsudaki akış miktarına yüzeysel akışın katkısı, zemin geçirimsizliği ile doğrudan ilişkilidir. Yağış şiddetinin sızma hızından büyük olduğu yağışlar sonrasında ortaya çıkan yüzeysel akış akarsu akımına doğrudan ve hızlı bir katkı yapar (Satterlund ve Adams, 1992; Brooks vd., 2003). Yüzeysel akışın şiddetini etkileyen bitki ve zemin kökenli süreçler tutma, evapotranspirasyon, sızma hızı ve zemin nemi miktarıdır. Zemindeki engebeler ve çukurlar nedeniyle yüzeysel akışın bir kısmının akarsu ağına erişmeden durdurulması yüzeysel biriktirme olarak adlandırılır.

Yüzeysel akış, kentsel alanlar, kayalık araziler ve ince muhteviyatlı killi ve siltli zeminlerde önemli miktarlarda gözlenir. Bununla birlikte normal şartlar altında derin, geçirimli ve iyi drenajlı toprak örtüsüne sahip olan ormanlık alanlarda önemini kaybetmektedir. Orman yangınları, sızma hızını azaltarak bitkiler tarafından tutulmayı ortadan kaldırmakta ve yüzeysel akışı önemli miktarda arttırmaktadır. Buna bağlı olarak büyük orman yangınlarından sonra akarsu ortalama ve özellikle taşkın pik debilerinde artış gözlenebilir. Şiddetli bir orman yangını, zemin üzerindeki bitkilerden ve bitki artıklarından oluşan tutucu tabakayı yok ederek havzada yüzeysel akışın artmasına sebep olabilir (Tiedemann vd., 1979; Baker, 1990; DeBano vd., 1998). Yangından sonra oluşan hidrofob özellikli zeminlerde sızmanın azalması, yüzeysel akış şiddetinde artış ve yüzeysel akışın akarsu ağına daha hızlı ulaşması ile sonuçlanır (Scott ve van Wyk, 1990). Yangın alanlarında yüzeysel akışta görülen artış, bölgedeki bitki örtüsü rehabilitasyonuna bağlı olarak zamanla azalarak ortadan kalkar.

### 2.5. Taban Akışı

Taban akışı, yüzey altı akışı ve yer altı suyunun hareketinden oluşur. Derin köklü bitkilerin hasat edilmesi, kesilmesi, orman yangınları ile azalması veya orman zararlıları sebebiyle ölmeleri durumunda taban akışında artış gözlenir. Ancak, havza karakteristiklerinin yangına bağlı olarak değişmesi ve yüzeysel akış miktarının artması halinde taban akışında azalma meydana gelebilir. Çok büyük yangınlarda taban akışından beslenen akarsuların kuru derelere dönüşmesi de gözlenebilir.

Taban akışı, akarsu ağına akımın kurak dönemlerde bile sürekliliğini sağlayan bir hidrolojik bileşendir. Havza karakteristiklerinden özellikle geçirimsizlik ve buna bağlı olarak sızma hızı ve miktardaki azalma, havzadaki canlı hayatı üzerinde önemli yıkıcı etkilere sebep olacaktır. Yarı tropik ve tropik iklimlerde havza koşullarının kötüleşmesi akarsuların kuru derelere dönüşmesine ve çöl-

leşmeye yol açacak nitelikte olabilir. Havza karakteristikleri bozulmamış yangın alanlarında taban akışında yangından sonra görülen artış da bildirilmektedir (DeBano vd., 1998).

## 2.6. Yer altı suyu

Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı yer altına sızmak suretiyle çeşitli derinliklerde kayaların boşluk, gözenek ve çatlaklarında depolanarak yer altı sularını oluşturmaktadır. Yer altı suları, kum veya çakıl tanelerinin arasında, kayaçların çatlaklarında ve erime boşluklarında bulunabilir. Buna göre yer altı sularının içinde toplandığı akiferler; alüvyon akiferler, çatlaklı kaya akiferleri ve karstik akiferler olmak üzere üç grupta toplanır (Gelişli ve Babacan, 2021). Ülkemizde nüfus artışı, çarpık kentleşme, iklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi sebeplerden dolayı yer altı su kaynakları azalma ve kirlenme tehdidi altındadır. Buna orman yangınlarının doğuracağı olumsuz etkiler de eklendiğinde yer altı suyu ile ilgili risk büyümektedir.

Yer altı suyu miktarı ile ilgili olarak, son zamanlarda yapılan bir dizi çalışma, yangının muhtemel sızma değişiklikleri yoluyla yer altı suyu seviyesini etkileyebileceğine işaret etmiştir (Giambastiani vd., 2018; Mastrorillo vd., 2018). Pham vd. (2020), 13.433 kuyuda yağış sonrasında yer altı suyu seviyesini incelemiştir. Özellikle ilk yılda çok belirgin olmak üzere dört yıla kadar devam eden süreçte orman yangınları nedeniyle yer altı su seviyesinin beslenmesinde düşüşler izlenmiştir. Silviana vd. (2021) tarafından yapılan başka bir çalışma ise yer altı su seviyesindeki düşüşün özellikle turbalık alanda yangını tetikleyebileceğini, kuruyan bitkilerin de yangını şiddetlendirebileceğini göstermiştir. Buna göre, yangın riskini azaltmak için yer altı su seviyesinin yüksek tutulması ve yangına daha fazla dayanıklı bitkilerin dikilmesi kritik derecede önemlidir.

## 3. Sediment Taşınımı ve Jeomorfolojik Etkiler

### 3.1. Erozyon ve sediment taşınımı

Orman yangını sonrasında zemine sızma miktarının azalmasıyla artan yüzeysel akış ve taşkın riski, yangın bölgesinde birkaç yıl devam edebilir. Bu nedenle yangını takip eden 3-5 yıl, yerel ve merkezi otoriteler için özellikle dikkat gerektiren bir dönemdir. Yangın sonrası odunsu yığın ve benzeri moloz akışı genellikle iki süreç tarafından tetiklenir: 1) yüzeysel akışın neden olduğu yüzeysel erozyonu, 2) toprağa sızan yağışın neden olduğu toprak kayması. Bitki köklerinin zemini erozyona ve heyelana karşı koruma özelliğinin, yangın sonrasında toprak içinde çürüyerek ortadan kalkması, şiddetli yağışlar sonrasında oluşması muhtemel heyelan riskini de artırır.

### 3.2. Akarsu Morfolojisi

Erozyon ve sediment taşınımı yangın sonrasında akarsu enkesitlerinde değişikliğe sebep olmaktadır. 1990 yılında ABD'nin California eyaletinde Santa Barbara'da çıkan orman yangını sonrasında Maria Ygnacio Deresi'nin iki koluna ait enkesitlerde yapılan ölçümlerde, toplam sediment miktarında belirgin artış olduğu izlenmiştir (Keller vd., 1997). Yangın sonrası akarsuya yoğun miktarda taşınan sediment, akarsu morfolojisini değiştirme etkisine sahiptir. Türbülans ve taban kayma gerilmesinin düştüğü mansaptaki vadi kesitli kollarda sediment tabana çöker. Akarsu tabanına yeni çökelen ve henüz konsolide olmamış bu sediment, sonraki akışlarda kolayca taşınabilir. Bu nedenle sediment çökmesini takip eden yağışlar neticesinde ortaya çıkan akış ile sediment tekrar harekete geçerek akarsuyun mansap tarafında enkesit genişlemesinin olduğu kısımlarda çöker. Bu durum, akarsuyun su taşıma kapasitesini azaltır ve akarsuyun taşkına olan eğilimini artırır. Ayrıca, yangın sonrası ortaya çıkan yüksek sediment yükü nedeniyle akarsu deltasının boyutlarında ortaya çıkması beklenen artış, akarsuyun denize boşalmasını güçleştirmesiyle de akarsuyun taşkın eğilimini artırır. Bu bakımdan yangın sonrasında havza çıkışında oluşan deltaların boyutunun yerel/genel otoritelerce izlenmesi taşkını önlemek bakımından önemlidir.

### 3.3. Kıyı morfolojisi

Akarsudaki sediment yükünde dramatik şekilde meydana gelen artış kıyı morfolojisini de etkiler. Akarsu ağzında birikme yapıları (bar, adacık oluşumları) ve/veya yangından etkilenmiş havzanın

çıkışında yer alan kıyı bölgesini kapsayan kıyı hücrelerinde kumlanma beklenmektedir. Bu durum bölgede liman, balıkçı barınağı, iskele alanı gibi kıyı yapıları mevcut ise sığlaşmaya neden olacak ve deniz ulaşımını olumsuz etkileyecektir.

## 4. Çevresel Etkiler

Orman yangınları çevreyi doğrudan etkilemektedir. Yangın sonrasında etkilenen ekosistemde tümünden bir yok olma veya bir değişim meydana gelebilir. Yani, orman yangınlarının ekosistemde meydana getirdiği etki ağaçların veya bitki örtüsünün yanmasıyla sınırlı değildir. Yangın, hava ve toprak sıcaklığı aşırılıklarına da neden olarak bir alanın mikro iklimini hissedilir mertebede değiştirebilir (Fowler ve Helvey, 1978; Pyne vd., 1996). Hava, su ve toprak üzerinde doğrudan ve dolaylı etkilere neden olan orman yangınları, ayrıca bölgesel ekosistemde öngörülmeleyen etkileşimleri tetikler. Örneğin; Pulwar ve Chauhan (2020) orman yangını sırasında ve sonrasında yakın bölgelerde yangın alanından kaçan veya yangın sonrasında yeterli yiyecek bulamayan böceklerin yerleşim yerlerini istila ettiklerini rapor etmiştir. Orman yangınlarının çevresel etkileri aşağıda hava, su ve toprak kirliliği şeklinde incelenmiş; orman yangınlarının ayrıca sucül yaşama olan etkisi ele alınmıştır.

### 4.1. Hava Kirliliği

Orman yangını sırasında aslında bir biyokütlenin yanması sırasında meydana gelen sürecin aynısı yaşanmaktadır. Bu durum hava ortamı içerisine fazla miktarda yanma kaynaklı atık gaz (karbon dioksit, karbon monoksit, metan vd.), partikül ve su buharı salınımına neden olur. Açık bir alanda kontrolsüz şekilde gerçekleşen bu yanma süreci sonucunda bölgesel taşınım dinamiklerine göre bu kirlenmeler farklı doğrultularda taşınırlar. Hem insan hem de diğer canlıların sağlığına zararlı olan bu kirlenmeler aynı zamanda iklim değişikliğine de olumsuz yönde etki etmektedir. Orman yangınları sonrasında yakın bölgelerde kül yağışı (yayılışı) yaygın olarak görülür. Yoğun duman ve kül görüş mesafesini azaltmakta, yakın bölgelerdeki karayolu ve havaalanları için kaza riskini artırmaktadır (Stone, 2019).

### 4.2. Toprak Kirliliği

Orman yangını sırasında ve sonrasında toprakta önemli fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimler görülür. Yangın sırasında ulaşılan sıcaklık toprağın yüzey kısmındaki organik içeriğin tamamen yanmasına, organik içerikli olmayan kısmın ise mineral yapısına göre başkalaşmasına neden olmaktadır. Organik madde içeriğinde yaşanan kayıp sonucunda toprakta bulunan besin maddelerinin döngüleri bozulur. Düşük sıcaklıklarda dahi buharlaştığı için azot yangın sırasında en çok etkilenen besin maddesidir (Neary vd., 2005). Yüzeyden toprağın içine doğru ilerleyen sıcaklık akışı, bitki köklerine zarar verir ve toprağın içinde yaşayan faydalı mikroorganizmaları öldürür.

Toprağın içindeki nem de yangın sırasında buharlaşır. Nemden ve bitkisel içerikten (gövde, kök vb.) yoksun kalan yüzeysel toprak yapısı gerek rüzgar gerekse yağış erozyonuna açık hale gelir. Toprak yüzeyinde bulunan ve yanma sonrası ufalanan ince taneli organik/inorganik partiküller yağmurla birlikte toprağın derin kısımlarına da nüfuz eder. Ayrıca orman yangınlarına müdahalede kullanılan suyun etkisini arttırmak amacıyla ilave edilmiş kimyasallar da yangın bölgesindeki toprağın kirlenmesine neden olmaktadır. Bu yüzden özellikle yarı kurak bölgelerde toprağın yeniden yangın öncesindeki kalitesine ulaşabilmesinin uzun zaman aldığı bilinmektedir (Neary vd., 2005).

### 4.3. Su Kirliliği

Yangın sonrasında meydana gelen yağışlarda yanmış bölgenin yüzeyinde bulunan organik veya inorganik bazlı maddeler alıcı ortama (akarsu, göl, deniz vb.) taşınmaktadır. Bu durum alıcı ortamda istenmeyen etkiler meydana getirir. Orman yangınları, su kalitesine olası etkiler bakımından incelendiğinde dört temel konu dikkati çekmektedir. Bunlar; 1) Taşınan sediment miktarında artış, 2) Yanan organik madde kaynaklı azot girişinde artış, 3) Yanan organik kısımda önceden hapsedilmiş ağır metallerin girişi, 4) Yangın söndürme kimyasallarının suya karışmasıdır (Neary vd., 2005).



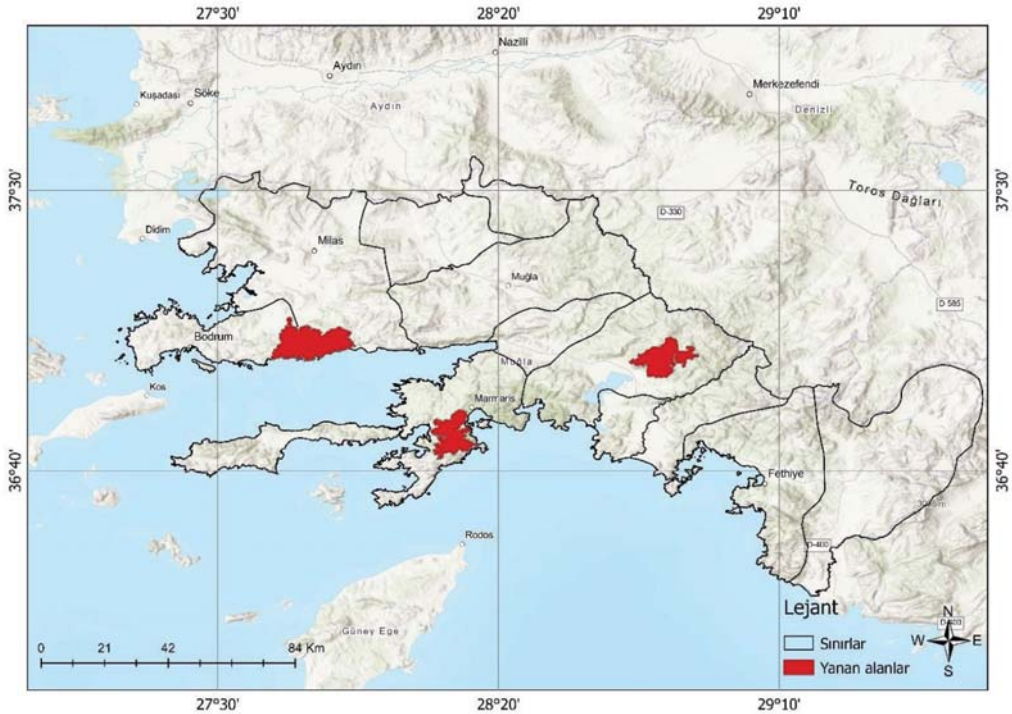
#### 4.4. Sucul Yaşam

Orman yangınları sonrasında meydana gelen yağışlarla birlikte yanmış havza alanındaki moloz, cüruf, kül, organik ve inorganik çözünmüş maddeler aşağı havzaya (mansaba) ve akarsuyun çıkışından kıyı bölgesine ulaşır. Genellikle yağış sonrasında denize ilk ulaşan akım yüksek konsantrasyonda kirletici (yangın söndürücü kimyasalları, besi maddeleri, ağır metaller vb.), sürüntü malzemesi ve askıda sediment barındırır. Taşınan maddeler yoğunluklarına göre çökme veya askıda uzaklara taşınma eğilimindedir. Ani yük ile birlikte akarsu ağız bölgesinde (akarsu çıkışında) akut etkiler de ortaya çıkabilir. Bu türden ani kirletici yükü ile meydana gelen toplu balık ölümleri farklı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Smyth, 2020; Struzik, 2018). Ani ölümler haricinde balık popülasyonunda strese bağlı uzaklaşma veya bölgeye uzun dönem gelmeme gibi durumlar da gözlenmiştir (Lyon ve O'Connor, 2008). Balık ölümleri ve/veya uzaklaşması haricinde besin zincirine yüzeysel taşınım ile ulaşan ağır metaller uzun dönemde hem su canlıları hem de bu su canlıları ile beslenen diğer canlılar için tehlikelidir. Yüzeysel drenajla taşınan besi maddeleri kıyı ekosistemine besi madde girişine sebep olduğundan mevsimsel olarak alg patlaması ve/veya plaktonlarda aşırı çoğalma gözlenmesine sebep olabilir. Gerek akarsu yoluyla gerekse de uçucu şekilde deniz ortamına taşınan çok küçük tane çapındaki küller (ortalama çap < 2 mm) deniz tabanına çökerek hem bitkilere hem de bentik canlılara (tabanda yaşayan) zarar verebilir.

### 5. Muğla İli Orman Yangınları

Akdeniz iklimi etkisinde bulunan Muğla'da denize paralel uzanan dağlar 800 m rakıma ulaşmaktadır. Muğla, ormanları bakımından ülkemizin zengin yörelerinden biridir. Özellikle Marmaris Milli Parkı ve Gökova ve Datça-Bozburun özel çevre koruma bölgelerinde çeşitli endemik bitki türleri mevcuttur. Muğla İli genelinde 238 adet ağaç türü korumaya alınmış olup kızılçam, sığla, yabani çilek, mersin, sandal ağacı, yer yer çalılık ve fundalıklar bulunmaktadır (MB, 2021). Muğla İl sınırları içinde 2021 yılında Temmuz ve Ağustos aylarında meydana gelen orman yangınlarının etkilediği alanlar Şekil 2'de gösterilmiştir.

2021 Temmuz ve Ağustos aylarında Muğla İl sınırları içinde yaşanan orman yangın alanlarının dNBR (Farklılaştırılmış ve normalize edilmiş yanma oranı) indeksine göre (Key ve Benson, 2006) sı-



Şekil 2 - Muğla İl sınırları içinde meydana gelen Marmaris, Bodrum ve Köyceğiz orman yangın alanlarını gösteren konum haritası

nıflandırılması Tablo 1'de sunulmuştur. Bu sayılardan anlaşılacağı üzere Bodrum ve Marmaris İlçeleri orman varlığının yarısından fazlasını kaybetmiştir. Bu büyüklükte bir kaybın olumsuz etkilerinin de büyük olacağı açıktır. Bu yüzden karar vericiler tarafından yangın sonrası afetlere (özellikle taşkın ve erozyona) karşı önlem alınması gerekmektedir.

**Tablo 1 - Arazi eğimi ve yangın şiddetine göre yanan ormanlık alanlar ve oranları**

Zemin Eğimi (Derece)	dNBR Yanma Şiddeti	Bodrum			Marmaris			Köyceğiz		
		Alan (ha)	Alana Oranı	Toplam Alana Oranı	Alan (ha)	Alana Oranı	Toplam Alana Oranı	Alan (ha)	Alana Oranı	Toplam Alana Oranı
0-5	Çok	199,9	10%	1,2%	53,4	10%	0,5%	16,09	5%	0,1%
	Şiddetli	452,7	23%	2,6%	109,7	21%	1,1%	29,61	10%	0,3%
	Orta	392,0	20%	2,3%	147,3	28%	1,4%	81,16	26%	0,7%
	Az	427,0	21%	2,5%	108,2	21%	1,0%	102,01	33%	0,9%
	Yanmamış	527,7	26%	3,0%	102,6	20%	1,0%	78,65	26%	0,7%
	<b>Toplam</b>	<b>1999,3</b>	<b>100</b>	<b>11,5%</b>	<b>521,2</b>	<b>100</b>	<b>5,1%</b>	<b>307,5</b>	<b>100</b>	<b>2,8%</b>
5-15	Çok	1761,8	21%	10,2%	496,1	16%	4,8%	130,64	6%	1,2%
	Şiddetli	2446,6	29%	14,1%	820,2	27%	7,9%	288,85	13%	2,6%
	Orta	1772,2	21%	10,2%	869,5	29%	8,4%	595,82	27%	5,3%
	Az	1398,6	17%	8,1%	581,7	19%	5,6%	768,96	35%	6,9%
	Yanmamış	1063,2	13%	6,1%	258,6	9%	2,5%	415,60	19%	3,7%
	<b>Toplam</b>	<b>8442,3</b>	<b>100</b>	<b>48,7%</b>	<b>3026,1</b>	<b>100</b>	<b>29,3%</b>	<b>2199,87</b>	<b>100</b>	<b>19,7%</b>
15-30	Çok	1608,7	25%	9,3%	1263,4	22%	12,2%	482,46	8%	4,3%
	Şiddetli	2328,9	37%	13,4%	1675,9	30%	16,2%	868,12	14%	7,8%
	Orta	1294,2	20%	7,5%	1456,7	26%	14,1%	1790,04	29%	16,1%
	Az	741,4	12%	4,3%	999,5	18%	9,7%	2177,20	35%	19,5%
	Yanmamış	384,8	6%	2,2%	274,1	5%	2,7%	902,80	15%	8,1%
	<b>Toplam</b>	<b>6357,8</b>	<b>100</b>	<b>36,7%</b>	<b>5669,5</b>	<b>100</b>	<b>54,9%</b>	<b>6220,62</b>	<b>100</b>	<b>55,8%</b>
30-45	Çok	65,1	13%	0,4%	204,7	19%	2,0%	100,40	4%	0,9%
	Şiddetli	189,8	37%	1,1%	259,1	25%	2,5%	219,33	10%	2,0%
	Orta	144,7	28%	0,8%	264,1	25%	2,6%	571,57	26%	5,1%
	Az	67,1	13%	0,4%	251,0	24%	2,4%	852,99	38%	7,6%
	Yanmamış	49,8	10%	0,3%	72,2	7%	0,7%	493,16	22%	4,4%
	<b>Toplam</b>	<b>516,6</b>	<b>100</b>	<b>3,0%</b>	<b>1051,2</b>	<b>100</b>	<b>10,2%</b>	<b>2237,45</b>	<b>100</b>	<b>20,1%</b>
45-71	Çok	0,3	2%	0,0%	2,7	5%	0,0%	1,17	1%	0,0%
	Şiddetli	6,7	38%	0,0%	7,7	15%	0,1%	7,15	4%	0,1%
	Orta	4,8	27%	0,0%	10,8	22%	0,1%	32,49	17%	0,3%
	Az	3,2	18%	0,0%	16,8	34%	0,2%	75,10	40%	0,7%
	Yanmamış	2,6	15%	0,0%	12,1	24%	0,1%	70,71	38%	0,6%
	<b>Toplam</b>	<b>17,6</b>	<b>100</b>	<b>0,1%</b>	<b>50,0</b>	<b>100</b>	<b>0,5%</b>	<b>186,62</b>	<b>100</b>	<b>1,7%</b>

## 6. Yangın Sonrası Alınabilecek Önlem Önerileri

Afetlerden korunmak için yapılması gereken ilk adım, tehlikenin farkında olmak ve tehlikeyi doğru tanımlamaktır. İkinci adım, riskleri değerlendirerek olası sonuçları belirlemektir. Üçüncü olarak, zarar riski yüksek bölgeleri öncelikli alan olarak tespit etmek gerekir. Öncelikli alanlar için afet sonrası acil eylem planları belirlenerek uygulanması olası zararları azaltabilir. Afet yönetiminin son adımı ise riskin değişimini takip ederek planların sürekli olarak güncellenmesidir. Böylece değişen koşullar altında alınacak önlemler iyileştirilerek afet sonrası risk seviyesi düşük tutulabilir. Özetle, planla-uygula-izle-güncelle dizgesi uygulanmalıdır.

Taşkın ve erozyon afetlerine karşı alınacak önlemler, yapısal olan ve yapısal olmayan önlemler şeklinde iki ana grupta toplanabilir. Yapısal olmayan önlemler şu şekilde özetlenebilir:

- Kurumlar arası iyi bir iletişim ağının kurulması,
- Taşkın-heyelan-erozyona karşı erken uyarı sistemi kurulması,
- Risk teşkil eden bölgelerde yaşayan halkın eğitilmesi/bilgilendirilmesi,
- Acil durum eylem planlarının oluşturulması,
- Taşkın, heyelan, erozyon ve çevre kirliliğine açık bölgelerin belirlenerek risk planlaması yapılması.

Yapısal önlemler ise şunlardır:

- Eğimli alanlarda stabilitenin artırılması (teraslama, jeotekstil kumaş, rip-rap, saman hasırı, sazlar, talaş, samandan kütükler, bloklar ve paspaslar),
- Yangından sonra (uzun vadeli erozyon kontrolü için) bitkilerin hızla yeniden yeşerebileceği ortamın oluşturulması,
- Hızlı büyüyen yerli türlerle zemin örtüsünün yeniden tohumlanması,
- Suyun biriktiği hendekler veya alanlar oluşturulması,
- Saman veya doğranmış ve talaş haline getirilmiş dalların zemine serilmesi,
- İlave drenaj çukurlarının oluşturulması,
- Akarsu kesitinden devrilmiş ağaçların ve kaba molozların temizlenmesi ve bunun her kayda değer her yağıştan sonra tekrarlanması,
- Yol drenaj kanal kotlarının düzenli olarak kontrol edilmesi,
- Akarsudaki kritik kesitlerin temizlenmesi,
- Odunsu molozların vadilerde tutulması için kapanlar oluşturulması.

Yapısal önlemler için hem ekonomik hem de zamansal kısıt bulunduğu için, alınacak önlemler riskin yüksek olduğu alanlar için öncelikle ele alınmalıdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak, orman yangın alanları çok şiddetli, şiddetli, orta, az ve yanmamış olarak sınıflandırılmalı, daha sonra arazinin eğimi hesaplanarak eğimi fazla ve çok yanmış orman alanları belirlenmeli ve arazinin hidrojeolojik özellikleri de dikkate alınarak risk teşkil eden kısımlara odaklanılmalıdır. Bu sayede taşkın ve erozyon riski yüksek olan bölgelerde meydana gelebilecek can ve mal kaybı kısa süre içinde azaltılmış olur.

Ayrıca morfoloji ve çevresel etki ile ilgili olarak;

- Kıyı hücresi içinde halk plajı ve/veya özel kıyı kullanım alanı mevcut ise halk sağlığı açısından da numune alma sıklığının artırılarak daha hassas izleme yapılması,
- Orman yangını meydana gelme olasılığı olan bölgelere yakın yerleşim alanlarının yöneticilerine özel kılavuzlar ve modelleme yazılımları yardımıyla güncellenen erken uyarı sistemlerinden yararlanılması tavsiye edilebilir.

Bu arada Muğla'da yaşanan orman yangınları özelinde yanmış orman alanı içinde kalan akarsular için Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Batı Akdeniz Taşkın Yönetim Planı (SYGM, 2019) incelenmiş, yangın öncesindeki durum göz önüne alınarak hazırlanmış öneriler aşağıda özetlenmiştir:



- Akarsu yatağının, akarsu kesiti içinde bulunan sanat yapılarının ve akarsu üzerinden geçen karayolu ve yaya köprülerinin/menfezlerinin kesitlerinin taşkına uygun şekilde düzenlenmesi,
- Havza genelinde, taşkın ve diğer afetlerde nasıl davranılması gerektiğine ilişkin halkın ve kurumların eğitilmesi ve bilgilendirilmesi,
- Akarsu kesitlerinde kıyı erozyonu sebebiyle oyulma/boşalma meydana gelmiş bölgelerin tespit edilerek acil önlem alınması,
- Akarsu boyunca, muhtemel taşkın alanlarında taşkın anında acil müdahalelerin yapılabilmesi için kullanılacak yolların özellikle yağışlı zamanlarda acil durum trafiği için kullanıma hazır tutulması,
- Akarsu yataklarında insan kaynaklı atıkların temizliğinin yapılması, akarsu yatağının sürekli kontrolünün sağlanması, dere yataklarına hafriyat, çöp vb. atıkların atılmasının önlenmesi,
- Yatak üzerinde bulunan tersip bentlerinin temizliklerinin yapılması.

Yangın sebebiyle tahrip olan orman alanlarında yüzeysel akış artmakta, buna karşılık sızma ve buharlaşma azalmaktadır. Buna göre, yangın sonrasında daha düşük şiddetteki bir yağışın bile yangından önce ürettiğinden daha büyük akım oluşturacağı bellidir. Bu ise taşkın ve heyelan riskini artırmaktadır. Bu nedenle, orman yangını sonrasında artan taşkın ve heyelan riski göz önüne alınarak bakanlıkça önerilen önlemlerin ivedi şekilde yerine getirilmesi gerekmektedir.

### Kaynaklar

- Baker, M.B., (1990). Hydrologic and water quality effects of fire. In: Krammers, J.S., Effects of fire management of southwestern natural resources. Gen. Tech. Rep. RM-191. US Department of Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Co.
- Brooks, K.N., Ffolliott, P.F., Gregersen, H.M. ve DeBano, L.F. (2003). Hydrology and the management of watersheds (3. Baskı). Iowa State Press, Ames.
- DeBano, L.F., Neary, D.G. ve Ffolliott, P.F. (1998). Fire's effects on ecosystems. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Fowler, W.B ve Helvey, J.D. (1978). Changes in the thermal regimes after prescribed burning and selected tree removal (Grass Camp 1975). Res. Pap. PNW-235. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Portland, OR.
- Gelişli, K. ve Babacan, A. E. (2021). Yer altı Suyu Aramalarında Jeofizik Özdirenç Uygulamaları, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(2), 535–543.
- Gerrits, M., (2010). The role of interception in the hydrological cycle. Doktora tezi, Delft Üniversitesi.
- Giambastiani, B.M.S., Greggio, N., Nobili, G., Dinelli, E. ve Antonellini, M. (2018). Forest fire effects on groundwater in a coastal aquifer (Ravenna, Italy). Hydrological Processes, 32, 2377–2389.
- Keller, E.A., Valentine, D.W. ve Gibbs, D.R. (1997). Hydrological response of small watersheds following the southern California painted cave fire of June 1990. Hydrological Processes, 11, 401-414.
- Key, C.H. ve Benson, N.C. (2006). Landscape assessment (LA). Lutes, D.C., Keane, R.E., Caratti, J.F., Key, C.H., Benson, N.C., Sutherland, S., Gangi, L.J. 2006 FIREMON Fire Eff Monit Invent Syst Gen Tech Rep RMRS-GTR-164-CD Fort Collins, CO US Dep 164.
- Lyon, J. ve O'Connor, J. (2000). Smoke on the water: Can riverine fish populations recover following a catastrophic fire-related sediment slug? Austral Ecology, 33, 794–806.
- Mastorillo, L., Mazza, R. ve Viaroli, S. (2018). Recharge process of a dune aquifer (Roman coast, Italy). Acque Sotter. Ital. J. Groundw., 7, 7–19.
- Marmaris Belediyesi web sitesi <https://www.marmaris.bel.tr/icerik/25/39/bitki-cesitliliği.aspx> (2021). [Erişim: 08.10.2021].
- Neary, D. G., Ryan, K.C. ve DeBano, L.F. (2005). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

- Pham, H.V., Le, P. ve Berli, M., (2020). A data-driven approach to quantifying the correlation between groundwater and wildfire in the United States. In Proceedings of the American Geophysical Union Fall Meeting, Online, 1–17 December, H087-0025.
- Poon, P. K. ve Kinoshita, A. M. (2018). Spatial and temporal evapotranspiration trends after wildfire in semi-arid landscapes. *Journal of Hydrology*, 559, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.02.023>.
- Pulwar, N. ve A. Chauhan, (2020). Effects of Forest Fire to the Environment, *Journal of Critical Reviews*, 7(10), 953-957.
- Pyne, S.J., Andrews, P.L., ve Laven, R.D. (1996). *Introduction to wildland fire*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Satterlund, D.R. ve Adams, P.W. (1992). *Wildland watershed management*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Scott, D.F. ve van Wyk, D.B. (1990). The effects of wildfire on soil wettability and hydrologic behavior of an afforested catchment. *Journal of Hydrology*, 121: 239-256.
- Silviana, S.H., Saharjo B.H., Sutikno S., Putra E.I. ve Basuki, I. (2021). The Effect of Fire and Rewetting on the Groundwater Level in Tropical Peatlands. In M. Osaki, N. Tsuji, N. Foead, J. Rieley (Eds.), *Tropical peatland eco-management*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4654-3\\_22](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4654-3_22).
- Smyth, C. (2020). *The impacts of bushfires on coastal and marine environments*. Australian Marine Conservation Society, Brisbane.
- Stone, S. L. (2019). *The wildfire smoke guide for public health officials*. U.S. Environmental Protection Agency EPA-452/R-19-901, Research Triangle Park, NC.
- Struzik, E. (2018). *How Wildfires Are Polluting Rivers and Threatening Water Supplies*. Yale School of the Environment, [Online]. Available: <https://e360.yale.edu/features/how-wildfires-are-polluting-rivers-and-threatening-water-supplies>. [Erişim: 23.09.2021].
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2019). *Batı Akdeniz Taşkın Yönetim Planı*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Tiedemann, A. R., ve Klock, G. O. (1976). Development of vegetation after fire, seeding, and fertilization on the Entiat Experimental Forest. Proc. 15th Annual Tall Timbers Fire Ecology Conference, Pacific Northwest, Portland, OR., 171-192.
- Tiedemann, A.R., Conrad, C.E., Dieterich, J.H., Hornbeck, J.W., Megahan, W.F., Vierecek, L.A. ve Wade, D.D. (1979). *Effects of fire or water: A state-of-knowledge review*. National Fire Effects Workshop, US Dept. of Agriculture, Forest Service, Gen. Tech. Rep. WO-10, Washington DC.

**Gözde Güney Doğan Bingöl**  
guneydo@metu.edu.tr

**Ahmet Cevdet Yalçın**  
yalciner@metu.edu.tr

ODTÜ  
İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
Deniz Mühendisliği Arş. Merkezi

# Tsunami (Depreşim Dalgası) ve Korunma Yöntemleri

## Tsunami (Depreşim Dalgası)

### Tanım, Oluşum, Hareket ve Etkileri

Tsunami sözcüğü, 1896 yılında Japonya'daki "Büyük Meiji Tsunamisi" afetinde yaklaşık 22000 kişinin ölümüne neden olmasından sonra, Japonların tüm dünyaya yaptıkları yardım çağrısı içinde yer alan sözcük olarak tanınmış, o tarihten beri de birçok dilde aynı isimle "tsunami" olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tsunami sözcüğü Japonca'da tsu (liman) ve nami (dalga) sözcüklerinin birleşiminden oluşan, "liman dalgası" anlamında kullanılmaktadır. Bunun nedeni, zayıf bir tsunaminin bile kıyılarda ve sığ sularda şiddetli akıntılar oluşturması ve özellikle limanlarda hasara yol açmasıdır. İlk oluştuğunda tek bir dalga biçiminde olan tsunami kısa süre içinde 4 veya 5 dalgaya bölünerek fay eksenine dik iki yöne doğru hareket eder. Önde giden dalga centilmen dalga olarak tanımlanabilir. Ancak ikinci ve üçüncü dalgalar etkili olabilecek niteliktedir. Arkadan gelen diğer dalgalar daha küçük olup daha az etkilidirler. Tsunami dalgalarının yüksekliği açık denizlerde bir veya birkaç insan boyu kadar olabilir ve denizciler tarafından farkedilmeyebilirler. Kıyılara ve sığ sulara yaklaşırken dalga yüksekliği hızla artar ve kıyılara geldiğinde genel olarak denizin önce geri çekilmesi veya karaya doğru ilerlemesi, ardından da karada dalga tırmanması ve su taşınımına (su baskınına) neden olur. Bunun sonucu olarak da kıyılarda şiddetli akıntılar ve su düzeyi değişimleri gerçekleşir.

### Tarihsel ve Güncel Tsunamiler

Tsunamiler tarih boyunca dünyanın pek çok bölgesinde defalarca oluşmuş, kıyılarda hafif ya da ağır hasar yaratmış, can kayıplarına neden olmuştur. Dünya'daki son üç yüz yıllık dönemde gerçekleşen tsunami olaylarından bazıları; 22 Aralık 2018 Krakatoa (Endonezya) tsunamisi, 28 Eylül 2018 Palu, Sulawesi Adası (Endonezya) tsunamisi, 11 Mart 2011 Büyük Doğu Japonya Deprem ve Tsunamisi, 27 Şubat 2010 Şili tsunamisi, 26 Aralık 2004 Hint Okyanusu tsunamisi, 17 Temmuz 1998 Papua Yeni Gine tsunamisi, 22 Mayıs 1960 Şili tsunamisi, 1 Nisan 1946 Alaska Unimak tsunamisi, 2 Mart 1933 Büyük Showa Sanriku tsunamisi, 28 Aralık 1908 Messina deprem ve tsunamisi, 15 Haziran 1896 Büyük Meiji tsunamisi, 27 Ağustos 1883 Krakatoa tsunamisi, 22 Mayıs 1782 Güney Çin Denizi ve Tayvan tsunamisi, 1 Kasım 1755 Lizbon tsunamisi, 28 Ekim 1707 Tokaido-Nankaido (Hoei) tsunamisi, 21 Mayıs 1792 Unzen Dağının neden olduğu tsunami, 24 Nisan 1771 Ryukyu Hendeği (Büyük Yaeyama) tsunamisi ve 31 Aralık 1703 Tokaido-Kashima, Japonya olarak gösterilebilir.

Türkiye ve yakın çevresinde 3600 yıllık bir gözlem süresi (M.Ö. 1600-M.S. 2021) içerisinde etkili olan tsunamilerin sayıları 100'ün üzerindedir. Türkiye kıyılarında etkili olan tsunamilerin yanı sıra



Türkiye'nin yakın çevresinde olmuş ve kıyılarımızı etkilemiş olanlar da vardır. Tarihsel belgelere göre Türkiye çevresinde oluşan tsunami olaylarının bilinen en eskisi M.Ö. 1631 yılında olduğu düşünülen Ege Denizindeki Santorini Volkan Patlamalarına bağlı tsunami olaylarıdır. Doğu Akdeniz havzasında ve Ege'de yürütülen kapsamlı çalışmalarda, bölgede geçmişte ve günümüzde meydana gelen tsunamilerde sadece depremlerin değil volkanik olaylar ve toprak kayması faaliyetlerinin de önemli bir rol oynadığı ortaya konmuştur. Bu olaylardan başlıcaları 11 Mayıs 1222 Baf-Kıbrıs, 8 Ağustos 1303 Girit-Oniki Adalar, 6 Ekim 1944 Edremit Körfezi-Ayvacık, 9 Şubat 1948 Kerpe Ada-Oniki Adalar, 23 Temmuz 1949 Sakız Adası-Karaburun, 10 Eylül 1953 Kıbrıs, 9 Temmuz 1956 Amorgos ve 23 Mayıs 1961 Rodos-Marmaris depremleri ve oluşan tsunami olaylarıdır. 365 Girit Depremi sonrası yüksekliği 6 metreyi bulan dalgaların kıyıdan içeriye doğru ilerlediği, tekneleri sürüklediği ve pek çok kişinin boğularak ölümüne sebep olduğu tarihsel çalışmalarda yer almaktadır.

Son yıllarda, 2014-2021 arasına bakıldığında ise Ege kıyılarımızda gerçekleşen tsunami olayları 24 Mayıs 2014 Gökçeada, 12 Haziran 2017 Midilli-Karaburun, 21 Temmuz 2017 Bodrum-Kos, 2 Mayıs 2020 Güneydoğu Girit, 30 Ekim 2020 Sisam Adası-İzmir, Seferihisar tsunami olayları olarak sıralanabilir. Bu olaylardan hepsi aletsel olarak saptanmış, Midilli-Karaburun, Bodrum-Kos, Güneydoğu Girit, Sisam-Seferihisar tsunami olayları görgü tanıkları ve kıyılardaki etkilerinin belgelenmesi ile kayıtlara geçmiştir.

30 Ekim 2020 (14.51) tarihinde, Seferihisar (İzmir, Türkiye) açıklarında ve Sisam Adası (Yunanistan) arasında doğu-batı doğrultulu normal fay mekanizması güçlü bir deprem meydana gelmiştir (Mw=6.6 AFAD, Mw=6.9 Kandilli, Mw=7.0 USGS). Deprem nedeniyle oluşan tsunami, Türkiye Ege Bölgesi kıyılarının kuzeydoğu kısmında Çeşme-Alaçatı'dan güneydoğu kısmında Gümüldür bölgesine kadar olan alanı etkilemiştir.

Saha incelemelerinden elde edilen bulgular ve görgü tanıklarının anlattıklarına göre en fazla etkilenen bölgeler deprem merkez üssünden kuzey yönde ~30 km uzaklıkta olan Zeytineli koyu, Sığacık Teos Marina, Sığacık Körfezi ve Akarca bölgeleri olmuştur. Zeytineli koyunda tsunami baskını uzanımı 760 m'ye ulaşmış, Sığacık Körfezi kıyılarında ise en çok 415 m olmuştur. Akarca balıkçı barınağında ise 20 tekne batmış, dalganın karada en çok ilerleme mesafesi 285 m olarak ölçülmüştür. Alaçatı Azmak'ta tsunami dalga ilerleme mesafesi ise 2 km'den fazla olmuştur (2490 m). Teos Antik Kent bölgesinde ise tsunami dalga ilerleme uzaklığı 550 m olarak saptanmıştır.



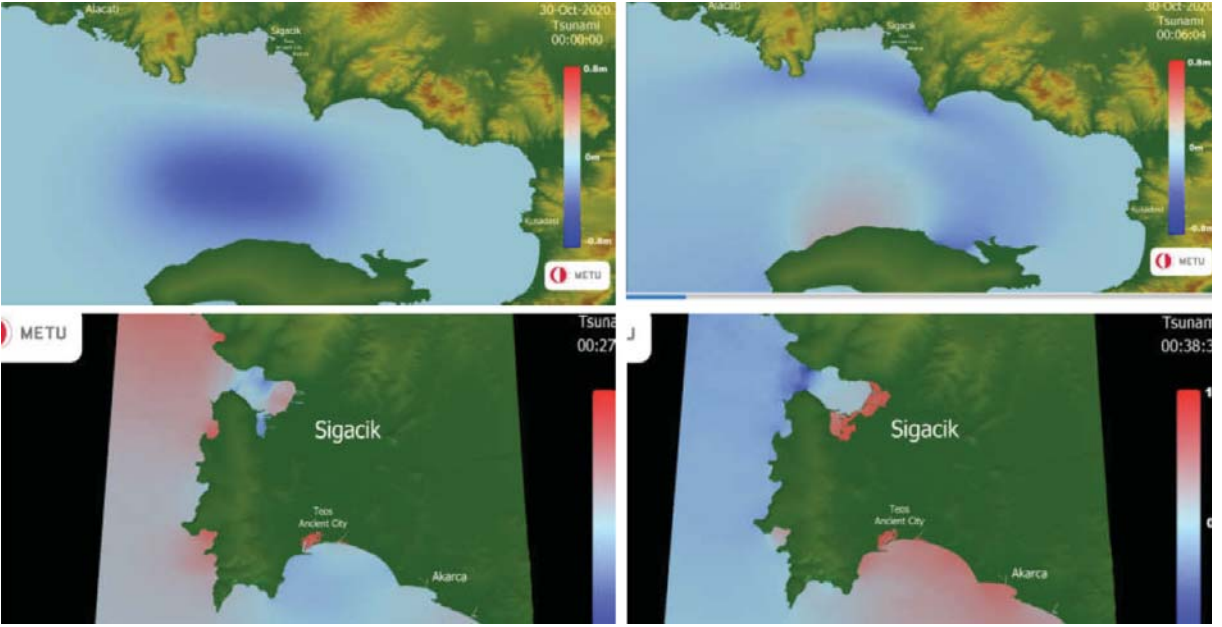
**Şekil 1** - Zeytineli balıkçı barınağı ve teknelerde 30 Ekim tsunamisi sebebiyle oluşan hasar



**Şekil 2** - Sığacık Körfezi'nde tsunami nedeniyle hasar gören tekneler (solda), Sığacık Kaleiçi bölgesinde tsunami dalgası nedeniyle hasar gören kafe ve bahçesi (sağda)



**Şekil 3** - Akarca balıkçı barınağında tsunami sebebiyle hasar gören yaşama yeri/iskele yapıları ve tekneler (solda), balıkçı barınağının kıyıda hasar gören tesisleri (sağda)



**Şekil 4** - 30 Ekim tsunamisinin sayısal modelleme yardımı ile hesaplanan ve görselleştirilen tsunami oluşma bölgesi, denizde ilerlemesi ve kıyılardaki yükselmelerin zamansal ve alansal dağılımı (ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (DMAM) Raporu, 2020)

Saha ölçümlerine göre Sığacık Körfezi'nde ölçülen en büyük tsunami yüksekliği 2.3 m olarak Kaleiçi bölgesi kıyısında elde edilmiştir. Akarca mevkiinde ise en büyük dalga (tırmanma) yüksekliği kıyıdan ~90 metre içeride 3.8 m olarak ölçülmüştür. Akarca kıyısında yüksek derecede hasarlı bir konutun duvarında (0.9 m kotunda) zeminden 1.9 m yükseklikte su sıçrama izleri bulunmuştur. Akarca bölgesinden Güneydoğu yönünde kıyı boyunca ilerledikçe tsunami etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir. Gümüldür bölgesinden sonra ise dikkate alınacak bir tsunami baskın etkisi gözlemlenmemiştir. Tsunami etkisi Tepecik ve Gümüldür arasındaki "V" şeklindeki burundan itibaren Güney yönüne doğru azalmıştır. Kuzeyde Zeytineli bölgesinde ise kıyıdan 50 m uzaklıktaki palmiye ağaçlarının gövdelerindeki izlerden karadaki akım derinliği 1.9 m olarak saptanmıştır. Kuşadası Davutlar Sevgi Plajı'nda ise balıkçı barınağı ve yakında bulunan kanal girişinde tsunami izlerine rastlanmıştır. Su seviyesinin bu bölgede ~1 m yükseldiği görülmüştür.

### Tsunami, Kıyılar ve Kıyı Yapıları

Tsunami olaylarında kıyılardaki etkiler ve kıyı yapıları üzerindeki hasar boyutları incelendiğinde aşağıdaki teknik bilgiler ortaya çıkmıştır.



**Şekil 5** - Japonya Kamaishi şehrinde betonarme ve ahşap yapılara ve ağaçlara tsunami etkisi. Betonarme yapı yıkılmazken, ahşap yapı ve ağaçlar sürüklenmiştir.



**Şekil 6** - Yamada (solda) ve Otsuchi (sağda) kıyı duvarlarına tsunami etkisi

Tsunami enerjisi açık denizden daralan körfezlere girdiğinde körfezin en dar yerinde enerji odaklanması nedeniyle beklenenden daha yüksek su düzeyine ve akıntı hızına ulaşır. Bu tür körfezlere ulaşan ırmak, dere, azmak ağızlarından girer ve su yolunu takip ederek iç bölgelere ulaşır. 2011 Büyük Doğu Japonya tsunami olayında özellikle Miyako, Kamaishi, Kesennuma, Ofunato körfezlerinde ve 30 Ekim 2020 Sisam-Seferihisar tsunami olayında da Zeytineli, Sarpdere, Sığacık, koylarında da benzer durum gözlenmiştir.

Taş dolgu dalgakıranların, blok ya da keson tip dalgakıranlara göre tsunami etkileri altında daha dayanıklı oldukları 2011 Japonya tsunami olayında belirlenmiştir. Blok tipi ya da keson tipi olan Kamaishi ve Ofunato tsunami dalgakıranları tsunami itme gücüne karşı yıkılmış iken, Fukushima Nükleer Güç Santrali'nin taş dolgu dalgakıranı aynı yükseklikte (yaklaşık 13 m) tsunami karşısında az hasar görmüştür.

Tsunami ahşap yapıları taşıyıcı elemanları da dahil kaldırıp sürüklemekte ve genellikle yapının çok fazla zarar görmesine neden olmakta iken, betonarme yapıların kolon ve kiriş gibi taşıyıcı elemanlarına etki edemeyip pencere ve kapılarından geçerek daha az zarar vermektedir.

Limanlar, marinalar, balıkçı ve küçük tekne barınaklarında tsunami kaynaklı liman içi su hareketleri daha şiddetli olmakta, barınak ve liman içinde tekne ve gemilerin sürüklenmesine ve zarar görmesine neden olmaktadır. Bu konuda Oarai limanı (2011 Büyük Doğu Japonya tsunamisi) ve Sığacık Teos Marina (2020 Sisam-Seferihisar tsunamisi) iki önemli örnektir.

Denize bağlantılı akarsular ve her türlü su yolları, kanallar ve menfezler tsunami etkisinin daha fazla olduğu yerlerdir. Nehir, ırmak, azmak ağızları tsunaminin su yoluna girmesine ve su yolu boyunca taşarak çok uzun mesafeler ilerlemesine yardımcı olmaktadır. Geçmişte yaşanmış tsunami olaylarının tümünde bu konuda çok sayıda örnek vardır.

Tsunami etkilerini önlemek adına kıyı duvarları inşa edilmesi yapısal önlem olarak uygulanabilmektedir. Ancak kıyı duvarının yeterli yükseklik ve dayanıklılıkta tasarlanması ve inşa edilmesi



gereklidir. Japonya'da Fudai kentinde 15 m yüksekliğinde kıyı duvarları inşa edilmiş olduğundan 2011 yılındaki tsunamiden etkilenmemiştir. Aynı tsunami Taro, Yamada, Otsuchi şehirlerinin 10 m yüksekliğindeki kıyı duvarlarını yıkmıştır.

Tsunami dalgaları düşük kotlu kıyı yerleşimlerinde de daha fazla etkili olmaktadır. Bu duruma örnekler olarak Endonezya'da Meulaboh ve Banda Aceh kıyıları (2004), Japonya'da Rikuzentakata ve Sendai kıyıları (2011), Türkiye'de Sığacık, Akarca kıyıları (2020) gösterilebilir.

Tsunami etkilerini azaltmak için kıyı alanlarının ağaçlandırılması da bir başka seçenek olarak uygulanmaktadır. Ülkemizde çevresinde oluşabilecek tsunami olaylarında bu tür bir önlemin başarılı olması muhtemeldir. Japonya'da Rikuzentakata şehrinde ağaçlandırma ile alınan önlem başarısız olmuştur. Malezya'da Penanga adasında 1.4 m tsunami akım derinliği etkisinde olan bölgelerde sakız (mangrove) ağaçları engel oluşturmuştur.

### **Tsunamiden Korunma Konusunda Temel Kurallar**

1. Tsunami (Depreşim) dalgaları çoğunlukla depreme bağlı oluşurlar ve yatık eğimli düşük kotlu kıyılarda, körfezlerde, nehir ağızlarında ve liman içlerinde yaratabileceği çok şiddetli akıntılar ve karada ilerleme nedeniyle daha çok etkilidirler.
2. Türkiye kıyılarında tarihte defalarca tsunami dalgaları oluşmuştur. Bundan sonra da oluşması beklenmelidir. Günümüzde kıyıların çeşitli amaçlarla çok sayıda tesislerle donatılmış ve yoğun kullanılıyor olması sebebiyle, tsunami dalgasının, tarihteki etkilerine göre günümüzde çok daha unutulmaz izler bırakması olasıdır.
3. Tsunami tek bir dalga değildir. Genellikle dört veya beş dalgadan oluşan bir dalga dizini biçimindedir. İlk dalga centilmen dalgadır. İkinci ve üçüncü dalgalar etkilidirler. Devam eden dalgaların etkisi daha azdır. Önde gelen centilmen dalga, kıyılarda birkaç dakika içinde olağan dışı su yükselmesi veya alçalması (çekilmesi) yaratır. Bu ilk dalga, arkadan gelebilecek olan bir veya iki etkili dalga için haberci niteliktedir. Deniz çekildiğinde merak edip kıyının durumunu izlemeye kesinlikle gitmeyiniz. Çünkü can kayıplarının büyük bir bölümü bu sırada olmaktadır. Yani kısaca meraklılar büyük olasılıkla zarar görmektedir.
4. Etkili dalgaların kıyıya vurmasından sonraki birkaç saat daha tehlike devam edebilir. Resmi açıklamalar yapılan dek bekleyiniz ve kıyıdan daima uzakta kalınız.
5. Tsunami dalgası fark edildiğinde ya da uyarı alındığında en kısa zamanda kıyı çizgisinden uzaklaşmak zorunludur. Karada bulunan kişilerin kıyıdan en az 150 m uzaklığa, denizde tek nede bulunan kişilerin ise su derinliği en az 50 m. veya daha derin yerlere doğru uzaklaşarak olası dalga ve akıntı etkilerinden kurtulmaları olanaklıdır.
6. Unutulmamalıdır ki, dalganın karada ilerleme hızı, insanın koşma hızından daha fazladır. Merak edip dalganın kıyılardaki davranışlarını izlemek çok tehlikelidir. Kaçmak için zaman geç olabilir. Tsunami dalgası nedeniyle yaşamını yitirenlerin bir bölümü meraklı kişilerdir.
7. Tsunami dalgaları dereler, ırmaklar, azmaklar ya da denize bağlantılı kanallardan içerilere doğru kilometrelerce ilerleyebilirler. Akarsu kıyıları ve bentlerinde zarar verici taşmalar oluşması doğaldır.
8. Tsunami dalgası konusundaki uyarıları ciddiye almak zorunludur. Unutulmamalıdır ki, Hawaii Hilo 1960 yılındaki tsunami dalgası için 10 saat önceden uyarı verilmiş ve korunma yöntemleri tekrarlanmış iken 61 can kaybı olmuştur.
9. Deniz tabanında oluşan herhangi bir depreme bağlı fay kırılması nedeniyle tsunami dalgası oluşabilir. Kıyılarda iken bir deprem hissedildiğinde kıyıdan uzaklaşmak yararlı bir önlemdir. Mayıs 1983 depreminin hemen sonrasında, Japonya Honshu Adası'nın Kuzeybatı kıyılarına gelen tsunami, halkın korunma konusunda yeterli bilgisi olmasına karşın 230 kişinin ölümüne neden olmuştur.
10. Tsunami dalgasının tırmanma yüksekliğinin 2 m'yi geçmesi durumunda küçük tekne barınaklarında çok şiddetli akıntılar nedeniyle hasarlar ve önemli düzeyde ekonomik kayıp beklenmelidir. Japonya'da elde edilen deneyimler ve gözlenen örnekler değerlendirildiğinde, dalganın kıyılarda tırmanma yüksekliğinin 2.5 m. yi geçtiği yerlerde hasar ve ekonomik kayıplarının artması ve ek olarak can kayıpları da olmuştur (Shuto, Imamura, 2000).



## Tsunami Etkilerine Karşı Yapısal ve Sosyal Hazırlık

Kıyı yerleşimlerimizi tsunamiye karşı dirençli duruma getirmek için yol haritası hazırlamamız gereklidir. Bir kıyı kentinin hangi bölgelerinin hangi koşullarda ve ne düzeyde tsunami baskınına maruz kalacağını gösteren baskın ve risk haritaları uzmanlar tarafından sivil savunma ve yerel yönetimler iş birliğinde hazırlanmalı ve gerekli önlemler, tahliye yolları haritalanmalı, tahliye yolu olmayan bölgeler için yetkili kurumların iş birliğinde plan değişiklikleri yapılmalıdır. Her bir ilçe ya da yerleşim birimleri için tsunami eylem planları hazırlanmalı, kıyı tesislerinde, denizyolu terminallerinde, kıyıya yakın toplu taşıma istasyon ve duraklarında ve kıyı kullanımının yoğun olduğu yerlerde tsunami konusunda farkındalık yaratma ve korunma amacına yönelik kısa ve anlaşılır uyarıcı tabelalar bulundurulmalıdır. Tsunami olaylarında zararın en aza indirilmesi için aşağıdaki bilgilerin dikkate alınması önemlidir.

1. Boğaziçi Üniversitesi-Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) bünyesinde faaliyet gösteren Bölgesel Deprem ve Tsunami İzleme-Değerlendirme Merkezi, UNESCO Kuzey-Doğu Atlantik, Akdeniz ve bağlantılı denizler tsunami uyarı sistemi içinde akredite olmuş tsunami servisi sağlayıcısı görevini sürdürmektedir. Bu nedenle KRDAE ile iş birliği yapılması önemlidir.
2. Tsunami Eylem Planının uygulanmasında öncelikle AFAD ile iş birliği ve ilgisi bulunan tüm paydaşların bilgilendirilerek uygulama sürecine dâhil edilmesi önemlidir.
3. Tsunami riskini azaltmak için kıyı duvarları inşa etmek faydalı etkiler yapabilmekle birlikte toplumun denizle ve kıyı ile yakın ilişkisini engelleyen özelliği nedeni ile öncelikli tercih değildir. Ancak bazı kritik kıyı bölgelerinde tüm paydaşların görüşleri alınarak ve gerekli jeoteknik araştırmalar ve mühendislik çalışmaları yapılarak mevcut kıyı koruma yapıları ve dalgakıranların kret yüksekliğinin artırılması risk azaltma açısından yararlı bir yapısal önlem olacaktır.
4. Yapılan çalışmalar, kıyılardaki ağaçlandırmaların tsunami enerjisinin yanında mal ve can kaybını azaltmada da rol oynadığını göstermiştir. Tsunami baskın alanındaki ağaçların tsunami engeli oluşturması ve dalga enerjisini kısmen engellemesi, enkaz sürüklenmesini kısmen önlemesi ve can kaybını azaltması beklenir.
5. Tsunami etkisinde can kaybının azaltılması için en önemli uygulama tsunami baskın alanından tahliyenin hızlıca sağlanmasıdır. Bunun için öncelikle her kıyı bölgesi için en uygun tahliye rotalarının belirlenmesi ve bölgeyi kullanan kişilerin farkındalık düzeylerini arttırıcı bilgilendirmelerin yapılması, sonrasında ise mümkün olduğunca düzenli aralıklarla tahliye tatbikatlarının düzenlenmesi gerekmektedir.
6. Farkındalık düzeyinin arttırılması için en etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici tabela ve panoların tsunami baskın alanlarında uygun yerlere yerleştirilmesidir.
7. Sosyal etkinlikler için planlanmış olan kıyıya bitişik alanları ve parkların zemin kotlarının ve kıyı koruma tsunami yapı kotlarının tsunami etkisine maruz kalmayacak düzeye yükseltmesi ve bu alanların afet sonrası kullanılabilir kalması için önemlidir.
8. Tsunami baskın alanında kalacak kıyı alanlarında uygun aralıklarla bilgilendirici ve tahliye yollarını gösteren tabela ve panolar yerleştirilmesi, panolarda, alanın olası tsunami riski hakkında bilgiler verilmesi, hangi durumlarda nasıl harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilebileceği gösterilmelidir.
9. Kıyıya yakın ve tsunami baskın alanı içinde kalan ulaşım hatları ve durakların her birinin yerinde inceleme yapılarak risk düzeyinin incelenmesi ve gerekli önlemlerin alınması planlanmalıdır.
10. Deniz sektöründe doğrudan ya da dolaylı yer alan tüm paydaşların, kaptanların ve gemi adamlarının tsunami uyarısı olduğunda hava şartları ve afet koşulları elverdiği düzeyde deniz araçlarını tehlike bölgesinden derin sulara (en az 50-100m su derinliğine) taşımaları konusunda bilgilendirilmesi gereklidir.
11. Olası bir tsunamiden etkilenecek nüfusun; tsunami dalgasının taşıdığı malzemenin oluşturabileceği çapmalardan sakınması için, daha güvenli yerlere (örneğin daha yüksek zeminlere ya da yakındaki betonarme tipi sağlam yapılarda yüksek katlara) çıkarak dikey yönde tahliye edilmesi, tsunami riskini azaltmak için dikkate alınmalıdır.

12. Özellikle baskın alanlarında kalma olasılığı bulunan kıyıya yakın (liman, marina, yolcu iskelesi, çarşı, etkinlik alanları, parklar vb.) tüm tesisler, kritik yapılar ve işletmelerin yönetici ve personelinin bilgilendirilmesi ve gerektiğinde eğitimi yapılmalıdır.
13. Baskın alanlarında kalan ve kıyıya paralel yolların üzerinden yaya tahliyesi için mevcut üst geçitlerin gerekli ise güçlendirilmesi ve tahliyeyi hızlandırması için üstgeçit sayılarının artırılması planlanıp uygulanmalıdır.
14. Kıyıya yakın yollardaki araçların hızlı tahliyesi ve yolların açık kalması için tsunami uyarısı ya da tsunami tehlikesi durumunda otomatik çalışacak sayısal trafik işaretlerinin planlanması ve uygulanmaya koyulması gereklidir.
15. Denize açılan dere ve kanallardan tsunami dalgalarının iç kesimlere dalga ilerlemesinin ve etkilerinin azaltılması için önlemler planlanmalıdır.
16. Denize açılan menfezlerden iç kesimlere basınçlı su geçişi ve rögar kapaklarından basınçlı su çıkışı durumlarına karşı önlemler planlanmalıdır.
17. Tsunami baskın alanlarının, risk haritalarının, tahliye haritalarının ve yukarıda belirtilen önlemlerin ve bu önlemleri tamamlayıcı düzenlemelerin ulaşım koordinasyon ve imar planlarında yapılacak değişikliklerde, kentsel planlama ve dönüşüm çalışmalarında ve bütünlük afet yönetimi sürecinde dikkate alınması ve uygulanması tsunami etkisine karşı dirençli kıyı yerleşimleri için zorunludur.

Deprem, fırtına, taşkın veya sel kadar sık olmasa bile, doğal afetler arasında yer alan tsunami olayları, Türkiye kıyıları için, tarihteki olaylara göre daha önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu konuda korkuya kapılmadan duyarlı olunması, yukarıda verilen temel korunma kurallarının göz önünde bulundurulması, olası can ve mal kayıplarını en aza indirecek ve doğal afetlere dirençli şehirlerimiz için önemli adımlar atılmış olacaktır.

## Kaynaklar

- Altınok, Y., Ersoy, Ş., (1998), Tsunamis observed at Turkish coasts and near surroundings, 7th International Symposium on Natural and Man-Made Hazards, Hazards 98, May 12-22, 1998, Crete, Greece.
- Altınok, Y., (1999), Körfezde tsunami oldu ve can aldı, Cumhuriyet Bilim Teknik, Sayı: 660: 14-15.
- Altınok, Y., Alpar, B., Ersoy, S. and Yalçiner, A.C., (2000), Tsunami generation of the Kocaeli Earthquake (August 17, 1999) in the İzmit Bay: coastal observations, bathymetry and seismic data, Turkish Journal of Marine Sciences, Institute of Marine Sciences and Management, University of İstanbul. December, 1999.
- Altınok, Y., Yalçiner, A. C., Alpar, B., Ersoy, Ş., (2000), Tsunamis in the sea of Marmara with the Lights of Historical Data", Proceeding of 3. National Coastal Engineering Symposium organized by Turkish Chamber of Civil Engineers (ed: A. C. Yalçiner), October, 5-7, 2000, Dardanelles, pp: 33-43 (in Turkish)
- Altınok, Y., Ersoy, Ş., (2000), "Tsunamis Observed on and near the Turkish Coasts", Natural Hazards, State of the Art at the End of the Second Millenium, Kluwer Academic Publisher, (eds: Papadopoulos, Murty, Venkatesh, Blong), pp: 185-205.
- Ambraseys, N.N., (1960), The seismic sea wave on July 9, 1956, in the Greek Archipelago, J.Geoph. Res, 65, 1257-1265.
- Ambraseys, N.N., (1962), Data for the investigation of the seismic sea-waves in the Eastern Mediterranean, Bull. Seism.Soc. Am., 52, 895-913.
- Dogan G. G., Yalciner A. C., Yuksel Y., Ulutas E., Polat O., Guler I., Şahin C., Tarih A., Kanoglu U., (2021), The 30 October 2020 Aegean Sea Tsunami: Post-Event Field Survey Along Turkish Coast, Pure Appl. Geophys. Published online, <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02693-3>
- Dogan G.G., Annunziato A, Papadopoulos G. A., Guler H. G., Yalciner A. C., Cakir T. E., Ozer Sozdinler C., Ulutas E., Arikawa T., Suzen M. L., Guler I., Probst P., Kanoglu U., Synolakis C. (2019), "The 20th July 2017 Bodrum-Kos Tsunami Field Survey", Pure Appl. Geophysics, 176: 2925 <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02151-1>

- Ersoy, Ş., Altınok, Y., Yalçiner, A. C., (2000), "Tsunamis in the sea of Marmara with the Lights of Historical Data", Proceeding of 3. National Coastal Engineering Symposium organized by Turkish Chamber of Civil Engineers (ed: A. C. Yalçiner), October, 5-7, 2000, Dardanelles, pp: 115-128 (in Turkish)
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi Raporu (2018), <https://depremezemin.ibb.istanbul/calismalarimiz/tamamlanmis-calismalar/istanbul-ili-marmara-kiyilarinda-tsunami-kaynakli-risk-arastirmasi/>
- Kuran, U. and Yalçiner, A. C., (1993), "Crack Propagations Earthquakes e Tsunamis in the Vicinity of Anatolia", Paper in the Book, "Tsunamis in the World", in the book series of Advances in Natural and Technological Hazards Research by Kluwer Academic Publisher, (1993), Ed. Stefano Tinti, pp:159-175.
- Minoura, K., Imamura, Kuran, U., Papadopoulos, G., Takahashi, T., Yalçiner, A. C., (2000), "Discovery of Minoan Tsunami Deposits" *Geology*, v. 28, no. 1, p.p: 59-62, January 2000.
- Omira R., Dogan G. G., Hidayat R., Husrin S., Prasetya G., Annunziato A., Proietti C., Probst P., Paparo M.A., Wronna M., Zaytsev A., Pronin P., Giniyatullin A., Putra P.S., Hartanto D., Ginanjar G., Kongko W., Pelinovsky E., Yalciner A.C. (2019), "The September 28th, 2018, Tsunami in Palu-Sulawesi, Indonesia: A Post-Event Field Survey", *Pure and Applied Geophysics*, 176(4), 1379-1395.
- Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (DMAM) (2020), "30 Ekim 2020 İzmir-Seferihisar Açıkları (Sisam) Depremi (Mw 6.6) Keşif Gözlemleri ve Bulgular", Rapor No: ODTÜ/DMAM 2020-03. <https://eerc.metu.edu.tr/system/files/documents/Izmir-Seferihisar%20Deprem%20Raporu.pdf>
- Ozbay, İ., (2000), "Two Layer Model for Tsunami Generation", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi, (60 sayfa)
- Ozsoy, E., Unluata, U. and Aral, M.: (1982), Coastal Amplification of Tsunamis in the Eastern Mediterranean, *Journal of Physical Oceanography*, vol. 12, 117-126
- Papadopoulos, G.A., (1999). "Tsunami Catalogue for the Mediterranean Basin" Project Report of GITEC (Genesis Impact of Tsunamis for European Coasts"
- Shuto, N., Goto, C. ve Imamura, F., (1990), Numerical Simulation as a Means of Warning for Near Field Tsunamis, *Coastal Engineering in Japan*, V. 33, No:2, pp:173-193, (1990).
- Shuto, N., Imamura, F., (2000), "An Idea of the Sanriku Network for Tsunami Prediction and Forecasting in the Area Most Frequently Damaged in the World", Presentation at HAZARD 2000, 8th Conference on Mitigation of Natural and Man Made Hazards", 22-26 May, 2000, Tokushima, Japan
- Soysal, H., (1985), Tsunami (deniz taşması) ve Türkiye kıyılarını etkileyen tsunamiler, İ.Ü., Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni, 2: 59-67, İstanbul.
- Yalçiner, A.C., Kuran, U., Akyarlı, A. and Imamura F., (1995), "An Investigation on the Generation and Propagation of Tsunamis in the Aegean Sea by Mathematical Modeling", Paper in the Book, "Tsunami: Progress in Prediction, Disaster Prevention and Warning", in the book series of Advances in Natural and Technological Hazards Research by Kluwer Academic Publishers, (1995), Ed. Yashuito Tsuchiya and Nobuo Shuto
- Yalçiner, A.C., Altınok, Y., Synolakis, C., (2000), Tsunami waves in İzmit Bay after the Kocaeli Earthquake, *Earthquake Engineering Research Institute, Special Issue of Earthquake Spectra*, Vol.2, Chap. 13 (in press)
- Yalçiner A.C., Kuran, U., Minoura, K., Imamura, F., Takahashi T., Papadopoulos G., (2000), "Traces of Tsunami Waves near Aegean Coasts", *Symposium on Earthquake Potential of Western Anatolia*, V: 1, pp: 256-266., Organized by MTA, 23-27 May, 2000 (in Turkish)
- Yalçiner, A.C., (1999), 1999 İzmit Tsunamisi, *Bilim ve Teknik*, TÜBİTAK, 383: 34-39.

# Gömülü Boru Hatlarının Deprem Tasarım Esasları, İyileştirme Yöntemleri ve Alınması Gerekli Tedbirler

## Özet

Kentsel alanların can damarları olan içme suyu, kanalizasyon ve hidrokarbon iletim boru hatları, modern toplumların sosyal ve ekonomik hayatlarının vazgeçilmez unsurlarındandır. Bu tür kritik altyapı sistemlerinin kuvvetli depremler sonrasında da hizmetlerini kesintisiz olarak sürdürebilmesi gerekmektedir. Ülkemizde bina türü yapılar için gelişmiş şartname ve bilimsel çalışmalar bulunmasına rağmen boru hatlarının deprem tasarım esasları ve iyileştirme yöntemlerine ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Yeni hazırlanan boru sistemleri şartnamesi bu konuda atılmış önemli bir adım olsa da deprem tasarım esaslarına ilişkin bazı temel kavramların net olarak açıklanmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada gömülü boruların türleri, zafiyetleri, gözlenen hasarlar, deprem tehlikesi ve performansa dayalı tasarımları sırasında dikkat edilmesi gerekli hususlara ilişkin genel bilgiler karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Sistemin dirençliliğinin artırılması için alınması gerekli tedbirler ve iyileştirme yöntemleri önerilmiştir.

## Giriş

Gömülü boru hatları deprem sonrasında insanların yaşamsal desteklerini sağlamada hayati öneme sahip olan su ve enerjiyi sağladıkları için kritik altyapılar olarak adlandırılmaktadırlar. Gömülü boruların ağırlıkları çıkarılan toprağın ağırlığından fazla olmadığı için kütlesiz olarak kabul edilirler. Bu sebeple deprem davranışları binaların aksine atalet kuvvetleri yerine deformasyona dayalıdır. Boru hatlarının yer hareketine tepkileri, bağlantı şekillerine (kaynaklı ya da geçmeli), malzemelelerine (çelik, dökme demir, PVC, HDPE beton), geometrik özelliklerine (çap, et kalınlığı), gömülme derinliklerine, zemin özelliklerine ve deprem tehlikesine bağlı olarak değişmektedir.

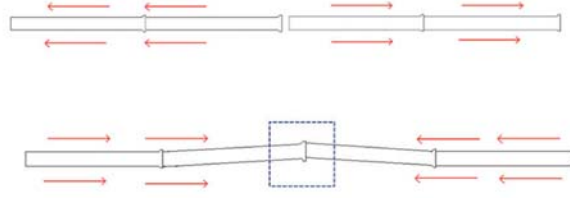
Gömülü borular bağlantı şekillerine göre **parçalı** veya **sürekli** olmak üzere iki gruba ayrılırlar. **Parçalı borular** genelde beton, silindirik, çan başlıklı, contalı (muflu) segmentlerden oluşur ve içme suyu ve kanalizasyon hatlarında kullanılırlar. Bu tür borularda bağlantı noktalarındaki rijitlik gövdekinden çok daha düşük olduğu için boru hattındaki deformasyon talebi de mafsallarda yoğunlaşır. Bu sebeple hasar noktaları genelde bağlantı noktalarında oluşur. Muhtemel hasar türü, çıkma ya da basınç kırılması şeklindedir (Şekil.1)

Parçalı boruların mafsal noktalarında basınç yönündeki deplasman kapasitesi çekmeye (Şekil.1.c) ( $d_p$ ) göre daha düşüktür. Bu sebeple hasar görebilirlikleri de çekmeye göre yüksektir. Büyük çaplı borularda ( $d \geq 30$  cm) bu mesafeler büyüdüğü için hasar görebilirlikler düşer. Parçalı boruların hasar görebilirliğine etkiyen bir başka faktör ise birim boy başına düşen mafsal (bağlantı) sayısıdır.

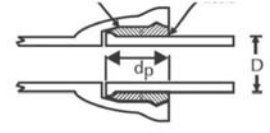




(a)



(b)

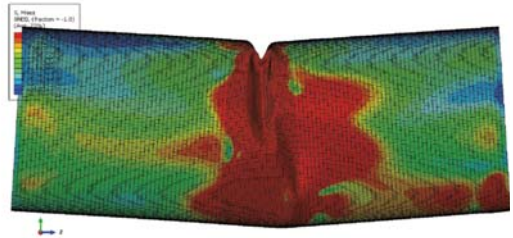


(c)

Şekil 1 - a) Parçalı boru, b) Bağlantı hasar modu, c) bağlantı detayı



(a)



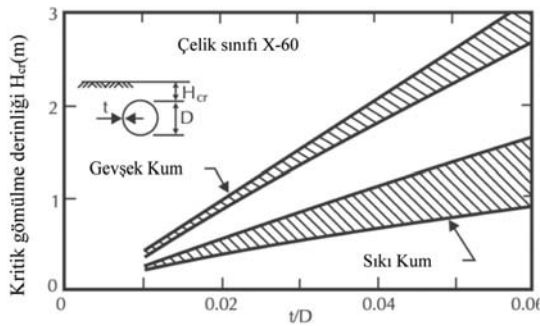
(b)

Şekil 2 - a) Sürekli (çelik kaynaklı) boru b) lokal burkulma [5]

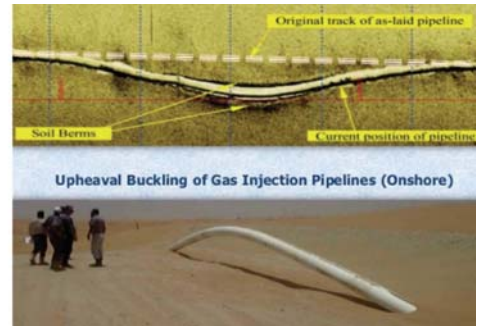
Mafsal sayısı arttıkça sistemin deplasman kapasitesi de artacaktır. Bu sebeple kısa boylu geniş boruların hasar görülebilirliği incele ve uzun göre daha düşük olmaktadır. [1-4]

**Sürekli (çelik kaynaklı) boruların** kaynak noktalarındaki rijitlikleri diğer bölümlerden farklı değildir. Bu sebeple sürekli sistemler kabul edilirler. Deformasyon boru boyunca uzunca bir bölgeye yayıldığı için parçalı borulardan daha iyi performans gösterirler. Yaygın hasar, kabuk türü lokal burkulmadır. (Şekil.2). Ayrıca çekme hasarları ve kesit ovalizasyonu da diğer hasar türlerindedir.

**Gömülme derinliği:** Gömülme derinliğinin artmasıyla boru ve zemin yüzeyindeki sürtünme de artacaktır. Bu durum parçalı ve sürekli boruların performanslarına farklı olarak yansımaktadır. **Parçalı borularda** sürtünme arttıkça boru zemin ara yüzeyinde kayma engelleneyeceği için mafsallardaki rölatif deformasyonlar da düşecektir. Bu sebeple sürtünme (gömülme derinliği) deprem performansına olumlu katkı sağlar. **Çelik kaynaklı (sürekli)** borularda ise bunun tersi geçerlidir. Boru zemin ara yüzeyinde kayma engellenince aksel gerilmeler artar. Bu sebeple sürtünmeyi azalt-



(a)



(b)

Şekil 3 - farklı t/D oranları için kritik gömülme derinlikleri, karasal kiriş türü burkulma hasarı

mak için sürekli borularda düşük gömülme derinlikleri tercih edilir. Ancak bunun da bir eşik değeri vardır. Çok düşük derinliklerde boruyu çevreleyen yanal kuvvetler de azalacağı için deformasyon şekli kabuk türü burkulmadan kiriş türü global (Euler) kiriş türü burkulmaya dönüşebilir. Özellikle kıyı ötesi, sıg gömülü, küçük çaplı ve kalın cidarlı borular bu tür hasarlara daha yatkındırlar. (Şekil.3)

Bu tür hasar formu lokal burkulmaya göre daha az kritiktir. Farklı çelik sınıfları için kabuk türü burkulmadan kiriş türü (global burkulmaya) yol açan eşik gömülme derinlikleri Şekil 3 de verilmiştir.

## Deprem Tehlikesi

Gömülü boruların deprem tasarımlarında elastik dalga yayılımı (yer sarsıntısı) ve kalıcı yer deformasyonu etkileri dikkate alınmaktadır.

**Elastik dalga yayılımı etkisi:** Genelde kırılgenliği yüksek olan segmentli borularda etkilidir ve zeminde geçici etkiye sahiptir. Deprem sonrasında zeminde etkisi (göçme) görülmez. Deformasyon genlikleri düşük olduğu için borulardaki hasar oranları da düşüktür. Ancak geniş alanlarda etkili olduğu için kentsel bölgelerdeki on binlerce km'lik dağıtım şebekeleri düşünülüğünde toplamda hasar sayısı yüksek olabilir. Örneğin 2011 Van depreminde, deprem sonrasında birçok noktada benzer şekilde hasar görülmüştür.

Elastik dalga yayılımı problemlerinde kritik hasar parametresi pik yer hızı (**PGV**)'dir. Çünkü bu değer aynı zamanda zemin birim deformasyonu ile de ilgilidir. ALA2005 e göre PGV ile birim deformasyon arasındaki ilişki şu şekilde verilmektedir (ALA2005).

$$\varepsilon_g = \frac{PGV_D}{2C_S} \quad (1)$$

$$\varepsilon_g = \frac{PGV_D}{C_R} \quad (2)$$

PGV : Pik Yer Hızı

$C_S$  : S dalgası yayılma hızı

$C_R$  : Rayleigh dalgası yayılma hızı

=1000m/s "yakın saha" (epicenter/hipocenter <5) Cisim dalgası

=500m/s "uzak saha" (epicenter/hipocenter ≥ 5) Yüzey dalgası (Rayleigh)

Gömülü boruların zeminle aynı deformasyonu göstereceği varsayılırsa söz konusu birim deformasyonların borudaki deformasyonları da temsil edeceğini söylemek mümkündür. Denklemden de görüleceği gibi en olumsuz durum, yüksek PGV ve düşük görünür dalga yayılma hızlarının aynı anda olmasıyla gerçekleşir. Bu durum nadiren oluşsa da elde edilen genlikler çelik kaynaklı boruların lokal burkulma sınırının oldukça altında kalmaktadır. Bu sebeple normal şartlarda (homojen zemin ortamında) çelik boruların kuvvetli bir depremde dahi hasar görme ihtimali düşük olmaktadır. Ancak bu durum bazı özel durumlarda değişebilir [6]. Örneğin Mexico City depreminde geçici dalga geçişi, etkisinden çelik borularda hasar istisnai bir durum olarak görülmüştür. (Şekil.4)

Söz konusu borunun bulunduğu zemin ortamı homojen olmasına rağmen boru cidarında yırtılma görülmüştür. Ancak bu durum birçok sıra dışı olumsuz faktörün bir araya gelmesiyle gerçekleşmiştir. Aşağıdaki ilişkiden de görüleceği gibi kritik durum yüksek PGV, düşük dalga yayılma hızı "c", boruda düşük lokal burkulma direncinin bir araya gelmesi durumunda oluşabilir. Sahada ölçülen PGV, dalga yayılma hızı ve hesaplanan lokal burkulma deformasyonları aşağıda verilmiştir.

$$PGV_{max}=35\text{cm/sec}, \varepsilon_g=0.00134$$

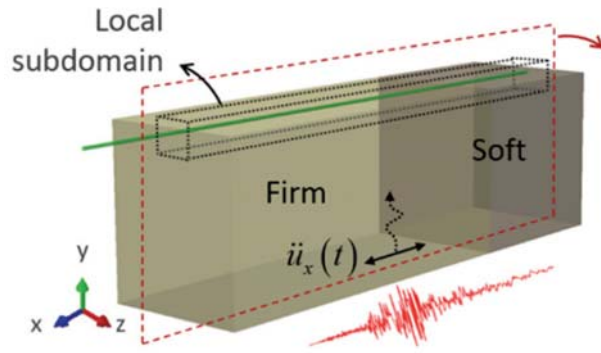
$$\text{Borunun lokal burkulma limit değeri } \varepsilon_{bur} = 0.0011$$

$$\varepsilon_g=0.00134 \geq \varepsilon_{bur} = 0.0011$$

Bunun dışında elastik dalga yayılımı sırasında hasar oluşum duruma yol açabilecek bir başka durum ise deprem dalgasının ilerlediği yatay yöndeki zemin özelliklerindeki ani değişikliklerdir. (Şekil.5)



Şekil 4 - Mexico City depreminde dalga yayılımı sebebiyle meydana gelen çelik boru hasarı



Şekil 5 - Yatay yönde farklı zemin özelliklerinin dalga yayılımına olan etkileri [7]

Doğrusal olmayan zemin büyütmesi etkilerine, empedans farkından dolayı oluşacak ters fazlı hareketler de eklendikçe sınır bölgelerde yüksek gerilmeler ortaya çıkabilir. Bu sebeple boruda asenkron davranışı kapsayan detaylı analizler yapılmalıdır [7]. Bu tür durumlar özellikle İzmir gibi basen etkisinin yüksek olduğu bölgeler için geçerli olabilir.

#### Kalıcı yer deformasyonu – Zemin göçmesi (PGD) (Faylanma, sıvılaşma ve heyelan)

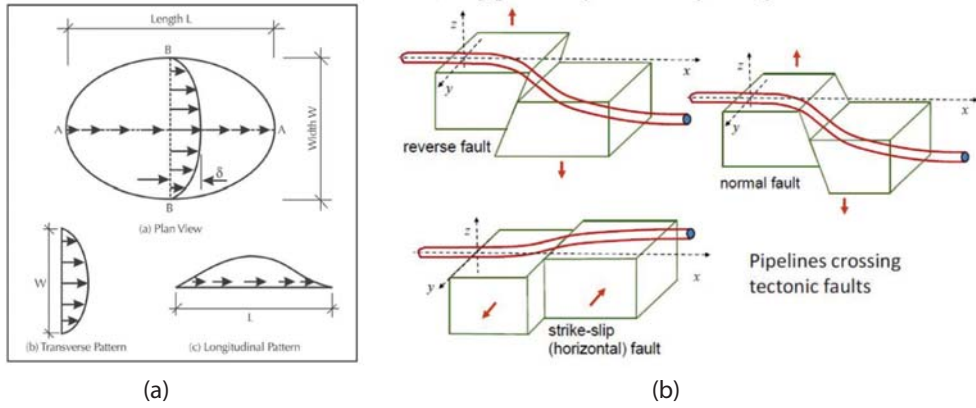
**Kalıcı yer deformasyonları** Fay deplasmanı, (yüzey faylanması) sıvılaşma ve yanal saçılma, toprak kayması, heyelan zemin oturmaları durumlarını temsil eder (Şekil.6). Boru hasarlarının birinci sebebidir.



(a)

(b)

Şekil 6 - a) Toprak kayması (Erciş) ve b) Sıvılaşma (Van depremi 2011)



**Şekil 7 - a) sıvılaşma ve heyelan, b) Fay kesişim noktalarında meydana gelen boru deformasyonları**

Lokaldir ancak etkisi yüksektir. Çelik-kaynaklı borularda da hasara yol açabilir. Zemin sıvılaşması, heyelan ve faylanmasına ilişkin tehlike türleri Şekil 7'de şematik olarak gösterilmektedir.

### Kırılgenlık

Su ve atık su sistemlerinde genellikle parçalı borular kullanılmaktadır. Hasar daha çok birleşme noktalarındaki çekme kaynaklı ayrılmalardan, basınç sebebiyle kırılma veya çatlaklardan meydana gelmektedir. Parçalı boruların deprem performansları sürekli borular kadar iyi değildir. Dolayısıyla her iki tehlike türünde de daha yüksek hasar görebilirliğe sahiptirler. Boruların kırılgenlıkları deprem tehlikesi türü (PGD veya WP), boru türü (parçalı veya segmentli), malzeme ve geometrik özelliklerine göre verilmektedir. WP etkisindeki boruların kırılgenlıkları km başına düşen hasar sayısına göre tanımlanmaktadır. Ampirik kırılgenlık ilişkileri yaygın kullanılmaları ve kırılgen olmaları sebebiyle çoğunlukla parçalı borular içindir.

Gaz ve petrol endüstrisi genellikle dalga yayılımından etkilenmeyecek olan yüksek kalite ve dayanımlı kaynaklı çelik boruları tercih etmektedir. Bu çeşitli borularda gözlemlenen hasarlar çoğunlukla fay kesişim noktalarında yerel burkulma şeklinde olmaktadır.

Su borularında ise  $D/t$  oranları hidrokarbon borulara göre daha yüksektir (cidar kalınlıkları düşüktür). Ayrıca çelik sınıfları (X42 veya X46) ve iç basınç düşüktür. Bunun en bilinen örneği 1999 Kocaeli depreminde hasar alan Kocaeli'nin Kullar ilçesinde 2.0 m çapındaki isale hattıdır. Üç farklı noktada görülen hasarlar depremi takip eden süreçte raporlanmış ve sonrasında çeşitli çalışmalara konu olmuştur [8]. Kullar su borusuna ait iç ve dış görüntüler Şekil 8'de görülmektedir. Boru fay hattını 55 derecelik bir kesişim açısı ile geçmekte ya 3.0 metrelik yan alım neticesinde net basınç yüklemelerine maruz kalarak 2 noktada ağır hasar almış 3. noktada ise parmak genişliğinde bir çatlak meydana gelmiştir. (Şekil.8)



**Şekil 8 - a) Borunun üst üste binmesi, b) boru çapında meydana gelen azalma**



## Fayları Kesen Borular İçin Analiz Yöntemleri ve Modelleme

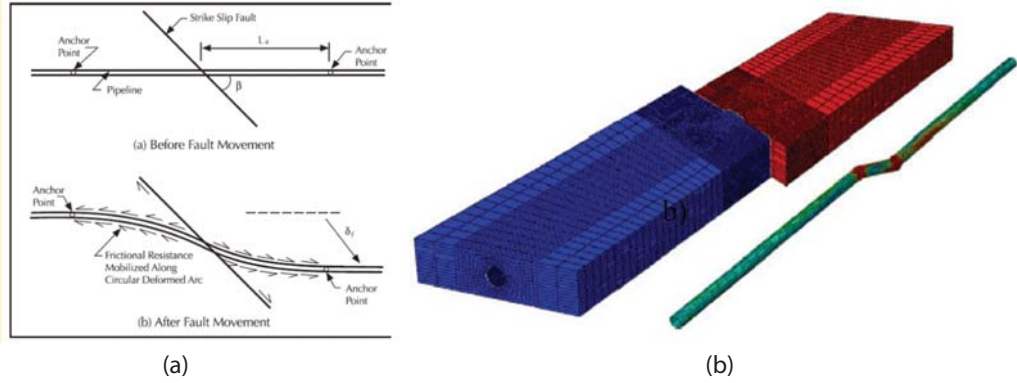
Fay deplasmanının türü ve yönüne göre borularda yanal ve eksenel (basınç ya da çekme) deplasmanları oluşur. Bu sebeple bileşik gerilmeye maruz kalırlar. Özellikle zemin yüzeyinde ani yırtılmaya yol açan fay deplasmanları çelik borular üzerinde çok etkilidir. Özellikle fay atım yönü ve kesişim açısına bağlı olarak borularda eksenel basınç veya çekme kuvvetlerine maruz kalabilirler. Bu sebeple deprem tasarımları sırasında eğilme + basınç veya eğilme + çekme durumları için tasarımları gerekebilir.

Genelde boruların fay türlerin göre maruz kaldıkları gerilmeler;

- Ters fay için (basınç + eğilme)
- Normal fay için (çekme + eğilme)
- Yanal atımlı fay için (kesişim açısına bağlı olarak (basınç + eğilme) veya (çekme + eğilme)

Tipik bir fay geçiş probleminin şematik gösterimi Şekil 9'da verilmiştir. Basitleştirilmiş modellerde boruya etki eden zemin direnci eksenel ve yanal yönde doğrusal olmayan yaylarla temsil edilir. Yay özellikleri ALA 2005 ve ASCE 1984 standartlarında tarif edildiği gibidir.

Üç boyutlu sonlu elemanlar modellerinde ise akma sonrasında gelişebilecek bölgesel burkulma, ovalizasyon ve diğer hasar mekanizmalarının izlenebilmesi açısından tercih edilmektedir (Şekil 9.b).



Şekil 9 - a) Fay kesişimi şematik gösterimi b) Geliştirilen üç boyutlu sonlu elemanlar modeli

### Kritik Talep Parametresi

Birim şekil değiştirme değerleri akma değerinin üzerinde olduğunda deplasmandaki küçük değişiklikler büyük deformasyonlara sebep olur. Bu sebeple, boru hatlarının tasarımındaki kritik talep parametresi birim eksenel şekil değiştirmedir. Bu değerler çeşitli sayısal yöntemler ya da ampirik formüllere göre hesaplanabilmektedir. Hesaplanan değerler yönetmelikte tanımlanan limit değerlerle karşılaştırılarak belirlenen sınır koşullara karşılık gelen yüzde oranlarında muhtemel göçme durumları belirlenmektedir.

### Performans Kriterleri

ALA2005 göre limit durumlar aşağıda verilmiştir.

Tablo 1 - Borulara ait Limit durumlar

ALA & PRCI (2005)	Çekme Göçmesi	Basınç (Lokal Burkulma)
Normal operation	(%1-2)	
Pressure integrity	(%2-4)	(1.76 t/D)
Wijewickreme (2006)		
10% of failure	%3	(0.4 t)
90% of failure	%10	(2.4 t)

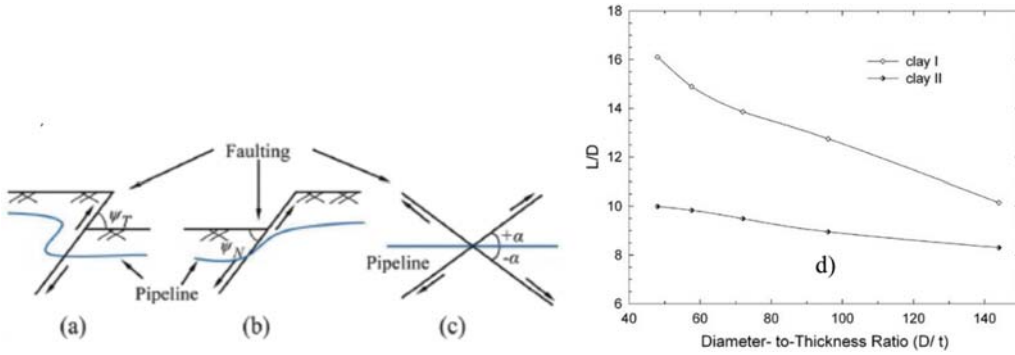
Benzer şekilde kesintisiz kullanım ve kontrollü hasar durumlarına karşılık gelen limit değerler mevcut şartnamemizde karasal ve kıyı ötesi hatlar için basınç ve çekme durumları için son derece detaylı olarak verilmektedir [9].

### Fayları Kesen Borular için Tasarım Felsefesi (Fay geçişleri)

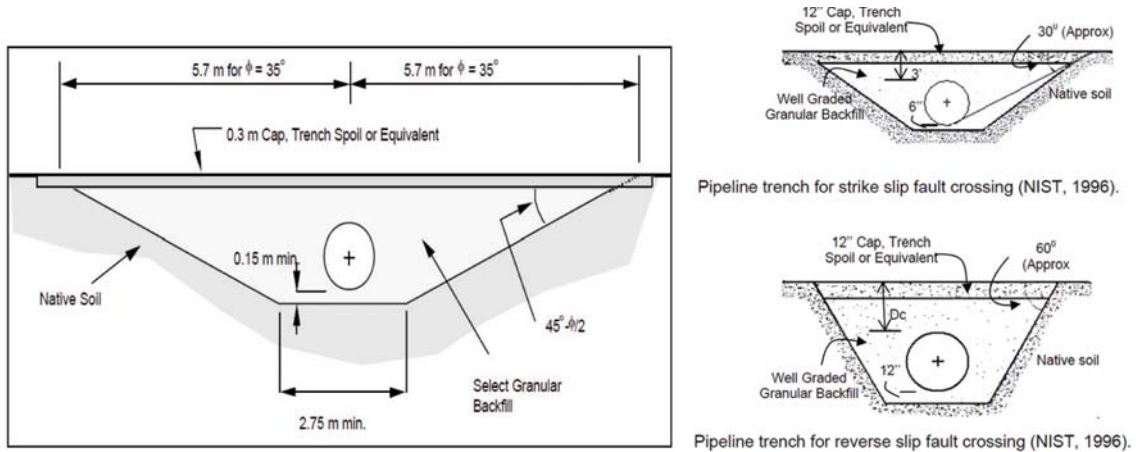
Önceki bölümde de belirtildiği gibi gömülü boru hatları için kritik talep parametresi aksel birim deformasyondur. Birim deformasyon üç bileşenlidir. Eğilmeden kaynaklanan birim deformasyon, fay deplasmanının boru eksenine doğrultusundaki bileşeninden kaynaklanan aksel (basınç ya da çekme) deformasyon (dik açılar için sıfırdır) ve fay deplasmanının yanal hareketinden kaynaklanan ikinci derece aksel deformasyonlardır.

Gömülü boru hatlarının tasarımındaki asıl amaç, borudaki gerilmeleri en aza indirerek, fay deplasmanından kaynaklanan hasar riskini azaltmaktır. Bu amaçla borunun fay atım yönünü dikkate alarak konumlandırmak ve «S» şekilli bir deformasyon paterni (Şekil 10.a) elde edilmesi hedeflenir. Bu durum boruda net aksel basınç kuvveti sağlanmasıyla oluşur. Normal faylanmalarda boruda net çekme kuvvetleri oluşur (Şekil.10.b). Benzer durum yanal atımlı faylarda da geçerlidir. Ancak kesişim açısı fay atım yönüne göre seçilmelidir. Örneğin Şekil.10.c deki saat yönündeki (-) yönlü açı seçilmesi durumunda boruda net çekme kuvveti oluşacaktır. Bu sebeple "Şekil.10.b" ve "Şekil.10.c" de «S» şekilli deformasyonlar elde edebilmek mümkündür.

Şekil 9.a'da da görüldüğü gibi sağ yanal atımlı fayı kesen boruda aksel net çekme kuvveti oluşturabilmek için  $\beta$  açısının 0-90 derece arasında olması gerekir. Boruların deprem tasarımında kesişim açısının belirlenmesinin yanı sıra kritik boru boyunun uzunluğunun ( $L_c$ ) artırılması esastır. Bunun için dolgu malzemesi, gömülme derinliği, zemin türü, Çelik sınıfı, D/t oranı ve kaplama (coating) malzemesi gibi faktörler dikkate alınabilir. Şekil.10.d'de görüldüğü gibi, D/t oranı arttıkça (rijitlik düştük-



Şekil 10 - Ters, normal ve yanal atımlı fayların boru hattında oluşturacağı deformasyon paternleri (a) ve kritik boru boyunun D/t oranı ve zemin türüne göre değişimi

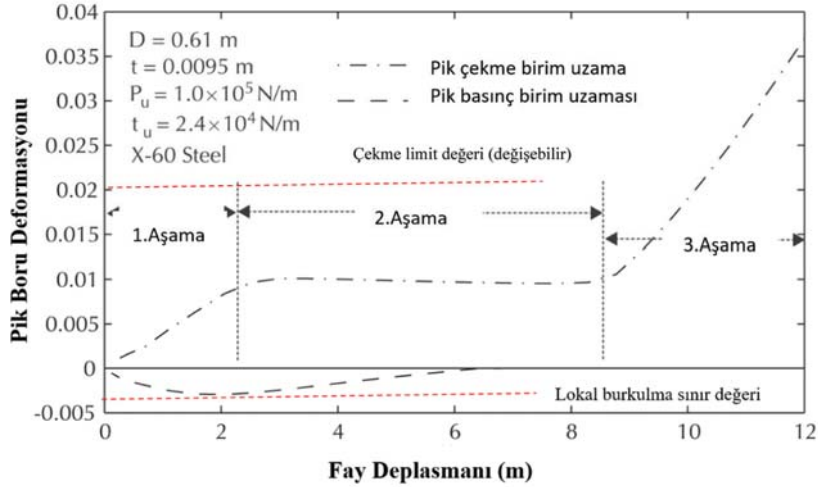


Şekil 11 - Yanal atımlı ve ters fayları kesen borular için hendek türleri

çe) ve zemin sertleştikçe kritik boy düşmektedir. Bu, aynı miktardaki fay deplasmanının daha kısa bir bölgede karşılanacağı anlamına gelmektedir. Bu sebeple gerilmeleri arttıracığı için deprem performansının da düşmesine sebep olacaktır. Şekil.11 de tipik bir fay keşimi kesti görülmektedir. ASCE-ALA (2005) göre gerilmeler eğilme ve eksenel çekme-basınç kaynaklı olacaktır. Çekme direnci basınçtan yüksek olduğu için çekmeye göre tasarlanmalıdır.

### Yanal Atımlı Faylar

Fay hattını 90 derece ile kesen bir boruda oluşacak eksenel gerilmelerin fay deplasmanına göre değişimi Şekil 12'te verilmiştir. Bu örnek fay deplasmanının düşük, orta ve büyük-çok büyük olduğu durumlarda eksenel deformasyonların nasıl değiştiği, gömülü borularda basınç gerilmelerinden kaynaklanan erken göçmenin engellenerek çekme göçmesine geçişin nasıl sağlanabileceğini göstermesi açısından önemlidir.



Şekil 12 - Fay deplasmanı altında oluşan birim deformasyonlara ait aşamalar (3)

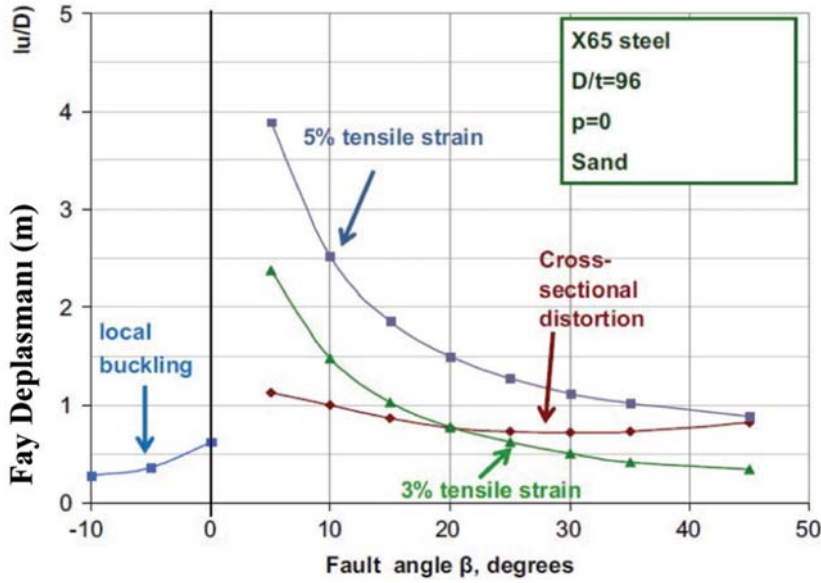
90 derece kesişim açısı için boruda fay deplasmanı altında oluşan birim eksenel deformasyonlar üç aşamada değerlendirilebilir.

1. Bölge (küçük fay deplasmanları): Eksenel ve eğilme kaynaklı deformasyonların önemlidir her ikisi de fay deplasmanına göre artmaktadır. Kesitte oluşacak net basınç gerilmesi daha çok eğilme kaynaklıdır.
2. Bölge (orta büyüklüklü fay deplasmanları): Eksenel gerilme akma etkisindedir. Eğilme rijitliği ve eğilme kaynaklı gerilmeler düştükçe net basınç gerilmeleri de düşmektedir.
3. Bölge (Büyük-Çok Büyük fay deplasmanları): Eğilme kaynaklı gerilmeler sabit kalırken fay deplasmanı arttıkça eksenel gerilmeler artmaktadır.

Şekilde de görüldüğü gibi artımsal fay deplasmanı 2 m ye ulaştıktan sonra borudaki eksenel birim basınç deformasyonu düşmeye başlamaktadır. Bu durum tasarım sırasında dikkat edilmesi gereken bir husustur. Tasarım mühendisi boruda erken basınç göçmesi yaşanmaması için uygun bir D/t oranını seçmeli ve maksimum deformasyon talebinin lokal burkulma deformasyonundan düşük kalmasını sağlamalıdır. Böylelikle boruda basınç göçmesi yaşanmadan çekme göçmesi teşvik edilmiş olacaktır.

Farklı fay kesişim açıları için farklı limit durumlara karşılık gelen normalize edilmiş fay deplasmanları Şekil.13 de verilmiştir (10).

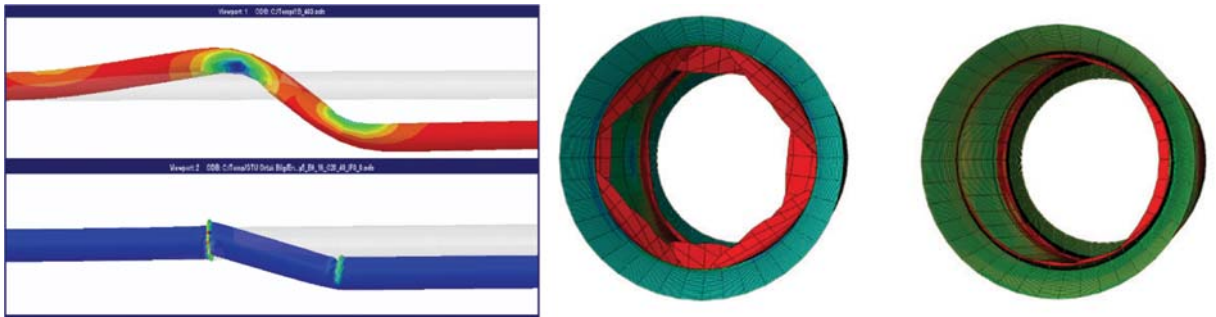
Fay kesişimini dik açiya yaklaşması durumunda (0 dereceye doğru) aynı limit durum için tolere edilen fay deplasmanları artmaktadır. Bu sebeple yanal atımlı faylarda genelde 90°'lik kesişim açısı minimal birim yer değiştirmeyi sağlar. Ancak fay hattındaki belirsizlikten dolayı basınç bölgesine



Şekil 13 - Farklı kesişim açıları için limit değerlere karşılık gelen tolere edilen fay deplasmanları (10)

düşme ihtimali olduğu için genelde tasarımda güvenli tarafta kalmak için 60°'lik bir açılar tavsiye edilir.

**Tasarım açısından zorlu durumlar:** Bu tür durumlar boru içerisinde net aksel basınç kuvvetinin oluşması kaçınılmaz olacağı için daha çok ters fayları kesen borularda görülür (Şekil 14.a). Deformasyon "Z" şeklindedir. Deformasyon talebi daha küçük bir bölgede yoğunlaşacağı için plastik deformasyonlar çok erken aşamalarda gözükabilir. Bu durumlarda esnek bağlantı elemanlarının kullanımı gibi özel tedbirler alınması gerekebilir. Benzer olumsuz durumlar fay atım yönü dikkate alınmadan yapılan yanıl atımlı fay geçişlerinde ortaya çıkabilir. Bu duruma örnek olarak Şekil.14'deki Kullar fay geçişi görülmektedir (5).



Şekil 14 - Yanıl atımlı Kullar fay geçişindeki hasar gören borunun sayısal simülasyonu

## İyileştirme

Fay geçişlerinde zemin boru ara yüzündeki kuvvetlerin azaltılması hedeflenir. Sürtünmenin azaltılmasına yönelik olarak hendek tabanına ve şevlere geotekstil malzeme serilmesi, boru hattının performansının artırılması için fiber takviyeli polimer malzemelerle sargılanması gerekir. Güzergâh değiştirme, FRP sargılama, esnek bağlantı elemanları ve özel koruyucu cihazlar performans artırılmasına katkı sağlayan faktörlerdir.



## Yapılması Gerekenler

Ülkemizde kritik gömülü boruların yanı sıra kıyı ötesi boru hatları da bulunmaktadır. Mavi Akım, Türk Akımı, Çanakkale geçişleri, Marmara denizinin içinde adaların güneyinde geçen B. Çekmece adalar Pendik üzerinden doğalgaz boru hatları kritik öneme haiz iletim hatlarıdır. Bu tür hatlar için özel çalışmalar yapılmalıdır.

Dikkate alınması gerekli bir diğer hususta iklim değişikliğidir. Türkiye, Akdeniz'de bölgesinde iklim değişikliği ile ilişkili kuraklığı en şiddetli hissedecek ülkelerin başında gelmektedir. Kuraklık beraberinde sel, toprak kayması, çamur-kaya akışı gibi farklı doğal afet tehlikeleri de getirecektir. Bu sebeple gerek mevcut gerekse yeni hatların bu tür yeni doğal tehlikelere uyum sağlayacak şekilde tasarlanmaları, mevcutların ise değerlendirilerek basit ve gerçekçi yöntemlerle iyileştirilmeleri gerekmektedir.

## Kaynaklar

1. M. J. O'Rourke 2003, Earthquake Engineering Handbook (Edited by Wai-Fah Chen and Charles Scawtorn)
2. Eren Uckan, Bulent Akbas, Ercan Şerif Kaya, Ferit Çakır, Cengiz Ipek, Murat Makaracı, Şenol Ataoglu Disaster Science and Engineering p. 53-58, 2(2), 2016
3. Michael J. O'Rourke (Jack) X. Liu MCEER-12-MN04 Seismic Design of Buried and Offshore Pipelines MCEER Monograph
4. Michael O'Rourke, M. EERI, Evgueni Filipov and Eren Uçkan Towards Robust Fragility Relations for Buried Segmented Pipe in Ground Strain Areas Earthquake Spectra, Volume 31, No. 3, pages 1839–1858, August 2015.
5. Kaya, E.S., Aksel, M., Akbas, B., Uckan, E., Seismic Capacity Assessment of Critical Infrastructure Members Under Combined Loading Conditions, 6th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology 13-15 October 2021 - GTU - Gebze, Kocaeli / Turkey.
6. Kaya, E. S., Uckan, E., Cakir, F., & Akbas, B. (2016). A 3D nonlinear numerical analysis of buried steel pipes at strike-slip fault crossings. *Gradevinar*, 68, 815-823.
7. N. Psyrras, O. Kwon, S. Gerasimidis, A. Sextos Can a buried gas pipeline experience local buckling during earthquake ground shaking? *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 116 (2019) 511–529
8. Kaya, E. S., Uckan, E., O'Rourke, M. J., Karamanos, S. A., Akbas, B., Cakir, F., & Cheng, Y. (2017). Failure analysis of a welded steel pipe at Kullar fault crossing. *Engineering Failure Analysis*, 71, 43-62.
9. Türkiye Boru hatları şartnamesi (2020)
10. Vazouras, P., Karamanos, S.A. Structural behavior of buried pipe bends and their effect on pipeline response in fault crossing areas. *Bull Earthquake Eng* 15, 4999–5024 (2017).
11. ASCE-ALA (2005)

# Yönetim Kurulu Üyemiz Levent Darı'yı Sonsuzluğa Uğurladık



Odamıza, mesleğimize ve TMMOB'ye büyük emekler veren meslektaşımız, Oda Yönetim Kurulu Üyemiz Levent Darı'yı 4 Kasım 2021 tarihinde geçirdiği kalp krizi sonucu kaybetmenin büyük üzüntüsünü yaşıyoruz.

Yönetim Kurulu Üyemiz Levent Darı'yı son yolculuğuna uğurlamak üzere ilk tören, uzun yıllar mücadelesinde yer aldığı Oda Merkezimizin önünde yapıldı. Güçlendirme çalışmalarında da emeğinin geçtiği İMO Merkez binasının önünde, meslektaşları ve Oda çalışanları saygı duruşunda bulunarak onu son kez uğurladı.

Oda Merkezindeki anmanın ardından ODTÜ Mezunlar Derneğinde düzenlenen törende ailesi, meslektaşları, sevenleri ve mücadele arkadaşları Levent Darı için son görevlerini yerine getirmek üzere bulundu. Saygı duruşuyla başlayan törende söz alan; İMO Yönetim Kurulu Sekreter Üyesi Özer Akkuş, İMO Yönetim Kurulu Başkanı Taner Yüzgeç, TMMOB Yönetim Kurulu Başkanı Emin Kormaz, İMO Ankara Şube Başkanı Bülent Tatlı, ODTÜ Mezunlar Derneği Başkanı Baki Arslan, SOL Parti MYK Üyesi Mehmet Soğancı,

Önceki Dönem Yönetim Kurulu Üyelerimizden ve Önceki Dönem Genel Sekreterlerimizden Ayşe-gül Bildirici Suna, Önceki Dönem Oda Başkanlarımızdan Serdar Harp ve Mustafa Tokyay, inşaat mühendisi Mehmet Peker ve sevenleri duygu ve düşüncelerini paylaşarak Levent Darı'yla son kez vedalaştı. Törenin ardından değerli dostumuz, meslektaşımız Levent Darı, Karşıyaka Mezarlığında son yolculuğuna uğurlandı.

Ailesinin, sevenlerinin, meslektaşlarımızın ve Odamızın başı sağ olsun.

Levent Darı, 1962 yılında Ankara'da doğdu. 1986 yılında ODTÜ'den mezun oldu. Mesleki hayatına Marmaris'te kıyı liman mühendisi olarak başladı. 1988 yılından bu yana inşaat taahhüt ve yapı tasarımı alanlarında şirket yöneticisi olarak çalıştı. Evli ve bir çocuk babası olan Levent Darı, 41., 42. ve 43. Dönem Oda Yönetim Kurullarında sekreter üye görevinde bulundu, Referans Belgesi Kurulu ve Mesleki Değerlendirme Kurulu çalışmalarında yer aldı. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisinin 48. sayısından 480. sayısına kadar Genel Yayın Yönetmeni ve Yazı İşleri Müdürü olarak görev yaptı. Darı, son olarak 47. Dönem İMO Yönetim Kurulu Üyeliği yapmaktaydı.

Dostum,  
Arkadaşım,  
Can Yoldaşım,  
Belma'nın sevgili eşi,  
Batu'nun ve Selen'in sevgili babası,  
Kardeşim,  
Levent, meğer en zor konuşmayı senin arkandan yapacaktım.  
Seni anlatmam gerekiyor. Koyuversen günlerce konuşabilirim hakkında, ama şimdi nerden, nasıl başlasam, ne desem bilemiyorum!  
Sen mücadeleciydin. Nice ölümcül hastalıkları, nice badireleri atlattın da... Ama niye şimdi telim oldun ki Azrail'e?  
Sen mücadeleciydin. Öğrenciliğinden itibaren çalıştın çabaladın. Uğraştın didindin. Parmakla gösterilen mühendislerden biri oldun. Daha yapacak çok işin vardı, niye yarım bıraktın ki onları?  
Sen mücadeleciydin. Odaya gönül verdin, ülkeneye gönül verdin, halkına gönül verdin. Başta İnşaat Mühendisleri Odası olmak üzere çok şeyler yaptın mesleğin, meslektaşların, ülkeneye ve halkın için... Ve daha pek çok şey yapacaktık, kavilleşmiştik hani, niye eksik bıraktın ki bizi?  
Sen insancıldın, kimseyi incitmek istemezdin.  
Sen müşfiktin, sevgini, ilgini, dostluğunu, maddi manevi hiçbir şeyini esirgemedin kimseden.  
Sen mütevazı ve alçak gönüllüydün, senden bu kadar bahsedilmesinden bile mahcup olurdun.  
Sevgili arkadaşım, kusura bakma ama sana sitem doluyum.  
Neden bıraktın ki bizi sensiz?  
Allah bilir sen bile farkında değildin, nasıl büyük bir varlığın vardı ki, yokluğun derin ve doldurulamaz bir boşluk yarattı ardında...  
Rahat uyu sevgili kardeşim,  
Emanetin emanetimizdedir.  
Belki zaman içinde yokluğuna alışacağız. Ama unutursam kalbim kurusun. Yıldızlar yoldaşın olsun, ışıklar içinde uyu....

**Taner Yüzgeç**



Sevgili Levent Abi;

Bizim kuşak biraz içine kapanıktır, biraz kızgın, biraz mahcup. Ne kendinden öncekiler gibi afili hikayeleri vardır ne de sonraki kuşaklar gibi kendine mahsus kuşak isimleri. Biz 80 sonrası dünyaya geldik. Ülkeyi ezip geçen darbenin ardından. Toplumsal değerlerin terk edildiği, ülkenin liberalleştiği, yavaş yavaş televizyonun hayatımızı belirlemeye başladığı günlerde. Çok uzatmadan özetimiz; ne eskide kalabildik ne de yeni olabildik, hep arafta büyüdük.

Dolayısıyla hem anlaması hem de anlaşabilmesi zor bir kuşaktık. Elbette belirli bir yaş farkı olduğu zaman çatışmalar, uyuşmazlıklar kaçınılmazdır. Ama bu durum bizim için biraz daha yoğun yaşandı. Hele ki hem toplumun hem mesleğin çıkarlarını korumaya çalışan, kişisel ikbali değil meslektaşları ile birlikte bütün toplumun ikbali için mücadele eden hareketli, heyecanlı, sürekli canlı olan meslek odamızda.

Kimimiz için 15 yılı geçen, kimimiz için de neredeyse 10 yılı bulan tanışıklığımızda bu canlılık içinde elbette ki çatışmalar, uyumsuzluklar yaşadık. Ancak her daim bu hallerin yükünü ve sorumluluğunu hep sen taşıdın. İnsan yaş aldıkça kavıyor ki bu sorumlulukları taşımak ve gösterdiğin özveri her insanın yapabileceği bir iş değil. Örgütlü mücadeleye inancı ve kendinden sonraki nesiller için amasız fakatsız harcanması gereken emeği ortaya koyabilmenin cesaretini gerektiriyor. O yüzden seninle son kez vedalaşmak bizim için çok zor oldu.

Bize harcadığın emek için teşekkürler, gösterdiğin anlayış için teşekkürler, yaşamımıza kattığın değerler için teşekkürler, birlikte yol yürüdüğümüz için teşekkürler, bizi ikna ettiğin için teşekkürler, bize ikna olduğun için teşekkürler, ön açıcılığın için teşekkürler, öğreticiliğın için teşekkürler, omzuna yüklediğimiz sorumlulukları tereddütsüz taşıdığın için teşekkürler, gösterdiğin dayanışma için teşekkürler,

Her şeyden önemlisi bizim kuşağın abisi olduğun için teşekkürler.

Ölüm ötede, beride değildir, daima buradadır... Buradadır ama ilginçtir yaşamla bir arada bulunmaz. Şairin dediği gibi, Biz varsak ölüm yoktur, ölüm varsa biz yokuz...

Yıldızlara bakarak, oradan süzülen ışığın insanlar arasında dengeli ve adil dağılmasını istemek ve bir ömrü bu uğurda yürümek... İşte senin de yaptığın buydu...

Yaşamı değerli kılarak, yaşamın kokularını, rengini, çehresini, insanın adalet ve özgürlük arayışıyla birleştirerek bir hayat var ettin. Şimdi hatıranın bizde yarattığı tebessüm ve özlem; gülüşlerinde yankılanan iyimserlik, sonsuz dayanışman, özverili emeğindir...

İyi ki yaşadın. İyi ki arkadaşımız oldun. İyi ki abimiz oldun... İyi ki...

Bize kalan mirasın, aynı kararlılık ve inançla birlikte mesleğin çıkarlarını toplumun çıkarlarının önüne koymadan bilgi ve birikimimizi mesleğimizi, meslektaşlarımızı ve odamızı büyütme için değerlendirmek, adil eşit bir ülke ve dünya mücadelesinde yerimizi almak.

Hoşça kal hepimizin arkadaşı, abisi...

**Ahmet Onur Özergene, Ezgi Çimen, Eylem Gümüş, Mahir Kaygusuz, Okan Çağrı Bozkurt, Özer Akkuş, Özgür Topçu, Taylan Ulaş Evcimen**

Levent Darı

Çalışkan, saygılı, dürüst ve... arkadaşları ile bilgiyi paylaşarak yardımcı olan ve çok sevilen, gülerek yaşama bakan Levent...

Sevgili Öğrencim Levent...

Sorumlu, heyecanlı, görevini titizlikle yerine getiren İMO kurullarında beraber çalıştığımız...

Sevgili Çalışma Arkadaşım Levent...

Ve... hızla akan yaşamlarımızda harmanlanırken bizleri çok büyük bir acıyla yalnız bırakan Sevgili Levent...

Hoşça kal güzel insan....

**Ayşen Ergin**



## Sevgili Levent'in Ardından

Levent'i, bu güzel genç adamı, bu uygar ve uyumlu kişiyi, bu başarılı mühendisi, bu çalışkan, tutarlı ve yılmaz ilke adamını çok genç bir yaşta, en verimli ve başarılı çağında kaybettik geçen hafta. İçim yanıyor.

Levent'i öğrenciliğinden anımsamıyorum. Yurt dışında bulunduğum bir döneme ya da kendimi TÜBİTAK görevlerime yoğunlaştırdığım bir zamana rastlamış olabilir onun öğrencilik dönemi. Onu, Oda Yönetim Kurulu üyeliğine ilk kez seçildiğinde tanıdım; çeşitli İMO çalışmalarında ve kurullarında birlikte görev yaptık. Çeşitli alanlarda iş birliği yaptık amma, dostluğumuzu pekiştiren, Yetkin Mühendislik düzeninin yerleştirilmesine yönelik çalışmalarımız oldu.

Yetkin Mühendislik çalışmalarının oldukça iyi gidiyor gibi görüldüğü dönemde, Levent çok etkin biçimde katılmadı çalışmalara, hocaların çabalarını izlemek ve desteklemekle yetindi. Ne zaman ki, Danıştay yürütmeyi durdurdu, o zaman kolları sıvadı Levent, Sevgili Taner'le birlikte arayışlara başladılar. Önce "Yetkin Mühendislik" yerine "Yetkinlik Belgesi" kavramını, o da engellenince "Belgeleendirme Yönetmeliği" kavramını önerdiler. Bu kavramlara dayalı taslakları, toplantıları, tartışmaları birlikte gerçekleştirdik. Karşılaştığımız güçlükler karşısında havlu atmanın sınırına dayandım birçok kez; her seferinde bu iki genç dostumun çabaları, destekleri ve yüreklendirmeleriyle buldum çabaları sürdürme gücünü kendimde. Sonucu hüsrana uğradıysa ne gam! İki değerli dost kazandım, kendimden çok genç...

Keyifli bir anımla bitirmek istiyorum bu notları. Avrupa İnşaat Mühendisleri Konseyi'nin (ECCE) Letonya'nın başkenti Riga'da yapılan 2008 Bahar dönemi toplantısına, Yönetim Kurulu adına Levent de katılmıştı. Riga'da bizimle birlikte olan Sevgili Gülay'ın Yönetim Kurulu yemeğine katılmış olması nedeniyle, o akşam yemeğe Levent'le baş başa gitmiştik. Her ne hikmetse pek hoşlandığım bu kentin parkları, caddeleri, sokakları boyunca uzun bir yürüyüş yaptık Levent'le; çok keyifli bir sohbet daldık, belki de ilk kez tanımaya başlıyoruz, tanıdıkça seviyordum bu genç adamı.

Çeşitli seçenekleri değerlendirdikten sonra, otelimize yakın bir restoranın bodrumunda pizza yemeğe karar verdik. Savaş öncesinden kalmış ve savaştan sonra önemli bir restorasyon görmüş olan binanın bodrumu, tuğla kemerleri ortada bırakılmış bir pizza salonu olarak düzenlenmişti. Burada oturup kocaman bir pizza ile bir şişe kırmızı Letonya şarabı ısmarladık. Geç vakte kadar oturduk, güncel konuları, memleketin ahvalini, geleceğini, Oda'nın sorunlarını tartıştık uzun uzun, yurt dışında yan yana gelen Türk çocuklarının standart uygulamasını gerçekleştirerek. Benim gibi Levent de çok keyif almıştı bu sohbetten; yıllarca sözünü etti, "Riga'daki pizza-şarap ne güzeldi, dii mi hocam!"

Sevgili Levent'i özlemle anıyor, aramızdan çok erken ayrıldığı için ona kızıyorum...

Ankara, Kasım 2021

### Tuğrul Tankut





Levent Darı ODTÜ'den bölüm arkadaşım. Bir sınıf küçüktü benden. Aynı yollara düştük mezun olunca. Yapı Mühendisliği alanında kısa ücretli çalışma deneyimleri ve sonra kendi işini yapma sevdası. 1987 Mart'ında Ankara Olgunlar Sokakta Aydın Pelin-Can Bizzet meslektaşlarımız tarafından yapılmış olan iş hanında kurmuştuk proje müşavirlik şirketimizi. Toplam 35-40 m2 iki gözden ibaret küçük bir büroda. Bir yıl kadar sonra sığamadık oraya ve başka bir ofise geçmeye karar verdik. Ne Ankara ne meslek alanı bugünkü kadar büyüktü. Herkesin birbirinden haberi olurdu. Levent yanında birkaç arkadaşıyla çıktı geldi büromuza. Şirket kurup projecilik yapmak istiyorlarmış. Büro-yu boşaltacağımızı da öğrenmişler. Deneyimlerimizi öğrenmek istediler ve çıkacağımız o küçük büroyu kiralamak istiyorlardı. Nitekim öyle oldu.

Odayla ilişkilerim yoğundu. Bir gün bana gelip 'anlatsana bana İMO'yu. Neler oluyor orada' demişti. Biraz anlatmış sonra 'Küçük kurullarımız oluyor. Beraber gidelim kendin gör' demiştim. İlk gidişinde tartışmalardan ve gergin ortamdan tedirgin olmuştu. Ancak zaman içinde alıştı. Her zaman uzlaşmadan yanaydı. Ayrışmayı, çatışmayı hiç sevmedi. Naifti. Zarifti. Sözün esirgemezdi ancak öyle bir üslubu vardı ki kolay kolay kıyamazdınız Levent'e.

Çok zor yıllar geçirdik meslekte. Başım her sıkıştığında, canım sıkıldığında, yardıma ihtiyacım olduğunda aklıma ilk gelenlerden biriydi. Milli Eğitim Bakanlığının Temel Eğitim Okullarını güçlendirme proje paketlerinden birini üstlendiğimizde Levent kısa zamanda kurduğu bir ekip, sondaj, topoğrafik çalışmalar, numune alma ve röleve işlerini büyük bir hızla tamamlamıştı. O işten sonra uzun süre güçlendirme projeleri yaptı ve bu konuda uzmanlaştı. Daha yeni yurt dışına yaptığımız bir projede iş birliği yapmıştık.

Boşluğu zor doldurulacak bir arkadaştı. Çok zamansız kaybettik. Çok üzüldüm, sanki içimden bir parça koptu. Işıklar içinde uyu LEVENT. Anılarında hep yaşayacaksın kalbimizde.

### **Mustafa Çobanoğlu**

TMMOB İMO Yönetim Kurulu Üyesi İnşaat Mühendisi Levent Darı'nın vefatını derin bir üzüntü ile öğrenmiş bulunmaktayız.

Kıbrıs'a ve Kıbrıslı meslektaşlarına her zaman yakın ve özel ilgisi vardı. Levent Darı iyi bir insan, iyi bir mühendis, bilgili, kültürlü, mücadele ettiği değerleriyle ve duruşuyla örnekti. Meslek örgütüne bağlılığı, örgüte ve mesleğe önemli katkıları olan yeri doldurulamayacak özel bir değerdi. Levent Darı arkadaşımızdı, abimizdi. Kelimelerle tarifi zor büyük bir kayıp.

Başta değerli ailesine, sevenlerine ve TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yönetim Kuruluna ve meslektaşlarıma şahsım ve KTMMOB adına sabır diler, acınızı paylaşıyorum. Başımız sağ olsun.

Her zaman saygı ve özlemle anacağız.

### **Seran Aysal**

Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Genel Başkanı

# Yeni Bilim: Bağlantısallık, Yeni Kültür: Yaşamdaşlık

Kitaplı Yorum'un TMH'nin bu sayısındaki konusu, Türker Kılıç'ın bu yıl Ayrıntı Yayınları'ndan çıkan **Yeni Bilim: Bağlantısallık, Yeni Kültür: Yaşamdaşlık** isimli kitabı.

Dünyanın önemli düşünür, filozof ve bilim insanları Koronavirüs pandemisinin tarihsel bir değişime neden olacağı konusunda önemli görüş ve fikirler üretmeye başladılar.

Türker Kılıç'ın kitabı, bilimdeki paradigma değişikliğini konu seçerken Koronavirüsün de bu değişimle ilişkisini kuruyor. Kılıç, bilimde yeni paradigma değişikliğini ele alırken bilimi; sosyoloji, felsefe ve diğer bağlantıları içinde bütüncül olarak ele almış olması önemsenecek bir yaklaşım biçimi. Mühendisler, hem teorik hem de pratik olarak bilim ve onun bağlantısındaki teknolojiyle içi içte mesleklere sahip. Bu ilişki nedeniyle mühendisler mesleklerini yerine getirirken, topluma karşı hem hukuki hem de etik çerçevede sorumluluk taşımaktadırlar. Kitabı seçmemdeki ana etkenlerden diğer bir neden, bilimdeki paradigma değişiminin mühendisleri de çok yakından ilgilendiriyor olmasıdır.

Benim koyduğum ara başlıklarla kitabın tezlerini özetlemeye ve yorumlamaya çalışayım.

## **Bilimde, yeni paradigma, bağlantısal bütünsellik**

Yeni araştırmalar, lineer düşünce sisteminin beyindeki 100 milyar nöronun görevlerini öğrenmekle aklın ve zekânın çözmenini olanaksızlığını ortaya koydu. Yani beyni anlamak için, mevcut sonsuz veriyi toplamamanın imkansızlığı yanında asıl soruna çözüm de olmadığı anlaşıldı. Verilerin varlığı değil, birbiriyle ilişkisinin önemli olduğu anlaşıldı. Buna göre de analitik mantık yerine bütüncül bakış açısının gerekli olduğu görüldü (s. 25).

Yeni paradigmanın yeni bir matematiğe ihtiyacı olduğu ortaya çıktı. Yeni matematiğe ihtiyacı, fizikçi Robert Penrose ve Klaus Fuchs dillendirdi. Yeni matematiğin Bayesian matematik (olasılık ve öngörü matematiği) olacağı da belirginleşti (s. 26).

Beyin nasıl düşünce ve zihin üretiyor sorusuna ilk defa Bayesian matematikle çözüm arama yolu görüldü, çünkü deterministik sistemlerin er veya geç kaotik sonuçlar ürettiğini insan yaşamı ve doğanın verdiği derslerle ortaya çıkmaya devam ediyor (s. 27).

Genetik biliminin mevcut anlayışı, (diğer bilim dallarında olduğu gibi) bütünü parçalara ayırıp parçalarda yapılan analiz ve tanımlamalardan sonra tasarlanan bütün bu parçaların montajıyla ortaya çıkarılması şeklindedir. Oysaki sorunun da çözümün de parçalar arasındaki ilişkilende olduğu görülmeye başlandı (s. 30). Bağlantısal bütünsellik, tümevarım ve tümdengelimden farklıdır (s. 31).

Tümdengelim, kabullenişin her varoluş için geçerli olduğu varsayımdır (s. 34).

Tümevarım, bir hipotezin yeterli sayıda test edilerek doğru sınıfına kabul edilmesidir. Rönesans, tümdengelim ve tümevarım ortaklaşmasının kabul görmesiyle başladı. Descartes-Bacon-Newton (D-B-N) gibi düşünürlerin görüşleri ağırlıklı olarak Rönesans'ın bilim paradigmasını şekillendirdi. Daha sonra Aydınlanma olarak netleşecek temel anlayış ayrıca hegemonyacı siyasi, sosyal, kültürel sistemlerin (hâlâ devam eden) temelini de attı.

Aydınlanma ve Kapitalizm ile siyasi, ekonomik, sosyal, kültürel vb. alanlarla kurulan ve yeni bir yaşam biçimine dönüşen paradigmanın sonuna gelindi (s. 35).

## **Genetik şifreyi çözmek, zihnin ne olduğu problemini çözemedi**

Genetik şifrenin çözümü, beklendiği gibi her hastalığı çözmeyi sağlamadı. Genlerin etkileşimini anlamamızın önemi netleşti (s. 28).

Kişinin bulunduğu zihin ve çevre bağlantısının genetik kadar önemli olduğu ortaya çıktı.

Gen sayısının fazlalığının (nicelik) genlerin etkileşimi yanında çok da önemli olmadığı anlaşıldı (epigenetik) (s. 29).

## **Pozitivist Determinist Uygarlık artık açılıyor**

1870'de Maxwell ve Boltzmann'ın gaz moleküllerinin durum olasılıklarıyla ilgili olarak geliştirdikleri olasılık

denklemleri D-B-N'nin (kurucusu oldukları) bilimsel paradigmanın yetersizliklerinin anlaşılmasında dönüm oldu (s. 36).

Dr. Scardigli, determinist sistemlerin er geç kaos oluşturacağını söylemişti (İklim Krizi ve Pandemi bu cinsten krizlerdir). Kartezyen düşünce ürünüyle insanlık, pozitivist determinist sistemle yarattığı uygarlığın sonuna geldi. Lineerliğin yarattığı sorunlar non-lineerliğe geçişin şartlarını yaratıyor (s. 37).

Bağlantısal bütünsellik artık "aynı sebeplerin aynı sonuçları doğuracağı" determinist anlayışının geçersizliğini ortaya koymaya başladı. Daha doğrusu bu paradigmanın üzerinde geliyor (s. 38).

### **Korona Pandemisi, pozitivist bilim paradigmasının yetersizliklerini görünür kıldı**

Newton'un, atomu bilardo topları gibi kabulü, Einstein'in atom altı parçacıkların varlığını keşfiyle bozuldu ve maddenin en küçük parçasının atom olmadığı ortaya çıktı. Ancak kültürel olarak hala Newtoncu atom modeline göre mantık yürütme devam ediyor (s. 39).

Deneyci tümevarımın tündengelimini geliştirerek var ettiği Aydınlanma Medeniyeti artık yeni bir sıçrama aşamasına geldi ki, bunun adı, bağlantısal bütünselliktir.

Kendini yeniden üreten sistemler kendinden yaratıcı sistemlerdir (s. 41).

D-B-N sistemi analitik sistemi yarattı ve bu durum kültüre de yansdı. Bu sistem, bilimi pozitive etti, determinizm egemen oldu. Sistemin çöküşünü Koronavirüs benzeri doğa olayları yüzümüze vuruyor. Kendinden yaratıcılık beyin araştırmalarında ortaya çıkıyor.

Yaratıcılık, var olan parçalardan yeni bir bütünlük ortaya çıkarmaktadır (s. 42).

D-B-N, Aydınlanmacılığı, tümevarımcı deneyciliği öne çıkarıp tümünden gelimci düşünce egemenlikçisi Platon-Hegel arası birçok filozofun görüşleriyle determinizmin doğruluğunu yaratmıştı. Hipotez tündengelimde kurulur, tümevarımla deneylenir ve mutlak olmayan doğruyu ortaya çıkarır (s. 42).

### **Bütün, parçalarının toplamından nasıl fazla olabiliyor?**

Herakleitos'un "aynı ırmakta iki kere yıkanılmaz" metaforu beynin çalışma mekanizması için de söylenebilir (s. 44).

Doğayı çıkarı için kullanan kapitalist dünya anlayışı bu sefer kendiliğinden her ortamda üreyen virüsleri de insan içine çekti. Korona bu anlamda D-B-N hegemonyasının yıkımını hızlandıracaktır (s. 45).

Determinist sistemlerin er geç kaos üreteceğinin fizikte anlaşılması üzerine analitik sistemlerin her sorunu çözemediği anlaşıldı. Bu noktada bağlantısal bütünselliğin matematik modellemesinin yapılması ve hipotezini oluşturarak deneysel doğrulamaya gidilmesi gerekiyordu. Bağlantısal bütünselliği beynin ve yaşamın kendisinin ürettiği, bunun bilim kültüründe nörolojide ortaya çıktığı anlaşıldı (s. 47).

Parça ile bütün ilişkisi deterministik değil, diyalektik bir ilişki olarak parçalar ilişkisinden doğar. Bütün, parçaların toplamından farklı bir hale gelmesinin sırrı çözülüyor.

### **Kaosun sırrının çözümü, insanın da diğer canlılardan farklı olmadığını ortaya çıkarıyor**

İnsan, kendini tüm diğer canlılardan farklı sanmasının anlamı kalmadı. Böylece insanın, sahip olma yanılsamasından şartlanmışlığından da denebilir kurtulma umudu doğdu (s. 48). "Yaşam nedir?" sorusunun cevaplanmaya başlanması, fizikten modern biyolojinin ortaya çıkmasını sağladı. İlya Prigogine, Termodinamiğin 2. Yasasının biyolojik sistemler için geçerli olmadığını keşfederek kaosun nereden doğduğunu, parçaların toplamının bütünden fazla olmasını açıklayarak, insanın diğer canlılardan farklı olmadığına da açıklık getirdi. Böylece determinist D-B-N bilim paradigması sınırlı hale geldi (s. 49).

### **Zihin beynin ürünü değil, beyin zihnin ürünüdür**

Zihin beynin ürünü değil, beyin zihnin ürünüdür. Bilgi, insan dışından beyni etkiler, değiştirir (s. 50). Deney solucanının genleriyle ilgili olarak yapılan matematik modellemesinin algoritması bir robota yüklenerek solucanın algılamalarının modeli bilgisayarlı bir sistemle yaratılabileceği ispatlandı (s. 51).

### **Pozitivist Determinist Uygarlığın doğuşu ve gelişimi**

Mikroskop ve mikrobiyoloji biliminin doğuşunun analitik uygarlığın kurulmasındaki etkisi ve 17. yy. Aydınlanmasına varılmasında Hollanda'nın etkisi önemlidir. Aydınlanmanın doğuşuna Hollanda dışından (1670 ve sonrası) Leibniz (Almanya), Newton (İngiltere) etkisi ve katkısı fazladır. Pozitivist Determinist ve Analitik uygarlığın bağlantısal bütünselliğe geçişinin kültür yansıması en fazla insan merkezli düşüncenin bitişi ile olacaktır (s. 74). Determinist bilim paradigmasının doğuşunda, Leibniz ve Huygens ilişkisi ve etkileşimi, Descartes matematiğinin Huygens aracılığıyla Leibniz'e ve paralelinde Newton'la diferansiyel hesabın keşfinin yapılmasına ulaşması bilimde önemli bir mayalanma yarattı (s. 75).

### **Bilimde yeni paradigma değişikliğini hazırlayan etkenler**

En etkin bilgi, işleyen beyin değil, yaşamın kendisi olduğunu yeni öğrendik (s. 80).



Ilya Prigogine, Termodinamiğin 2. Yasasının canlılar için geçerli olmadığını ortaya koyarak kaos kuramına yeni boyutlar getirdi. Determinist kalıbın mevcut bilim paradigmasının yetersizliğini en net şekilde ortaya çıkaran, Covid-19 oldu. D-B-N bilim paradigmasının yetersizlikleri üzerinden yeni bilimsel paradigma bağlantısallık olarak ortaya çıkmaya başladı. İnsanlığı hegemonya siyaseti olan milliyetçilikten yaşamdaşlığa, bilimi; tımdengelim ve tümevarım üstünden bağlantısallığa taşımaya başladı (s. 81).

Beynin en yetkin bilgi işleme merkezi olmadığı ortaya çıktı. Her enformasyon bir ağ, her ağ da er geç bilgi üretiyor. Bu sürekli değişim dönüşüm, parçaların kendileri ve bütün arasındaki etkileşimin bilgiyi üreten asıl şey olduğu anlaşıldı (s. 82). Yaşam bütünselliğini oluşturan parçalar arasında hiyerarşik bir diziliş ve önem sıralaması yoktur. İnsanın başka canlılarla ilişkisinde hiyerarşiyi doğal kılacak bir neden olmadığı ortaya çıktı. Covid-19 yaşamdaşlık için bir fırsat penceresi açtı (s. 83). Tımdengelim tümevarım eklenince insanlık tımdengelim kutsallıklarını aşmayı deney yapmakla öğrendi. Böylece Rönesans, Reform ve Aydınlanma doğdu (s. 84).

Kapitalist uygarlık; "daha çok, daha çok..." ve "sahiplenme tutkusu"yla, "insan insanın kurdudur" (Hobbes) ilkeleriyle tıkandı. Sahip olmak her şey, etik değerlere sahip olmak ise hiçbir şey haline geldi. Bunu ancak yaşamdaşlık çözebilir (s. 85). Yaşamdaşlık ilkeleri şunlar olabilir:

- Yaşam sevinci, bilmek ve yapmakla olur.
- Bilimci değil, bilim insanı olmak önemlidir.
- Mutlak doğru yoktur, her şey değişir (s. 86).

### **Bilimde yeni paradigma, beyin araştırmalarıyla ortaya çıkıyor**

Paradigmayı değiştirecek üç önemli bilimsel gelişme:

- Laniakea,
- Epigenetik ve
- Connectome.

Sonsuz küçük ve sonsuz büyük, insan aklı ve algı sınırlarının dışındadır. Sonsuz madde enerji biçiminde bulunur (s. 91). DNA ve insan genomu projesi, insanın bir çeşit kadere mahkûm olduğu teziyle, ideolojik bir yaklaşım olarak kullanılmaya başlandı. Bu determinist bakış, insanı genler toplamı olarak kabul ediyordu. Bunun doğru olmadığı ortaya çıktı. İnsan yaşamının tersinden DNA ve RNA'yı değiştirebileceği ortaya çıktı (s. 92). Aynı genoma sahip tek yumurta ikizleri üzerinde yapılan çalışmalar farklı sosyal ortamların farklı zihin yapısı meydana getirebileceğini ortaya koydu.

Düşünür ve filozoflar, verdikleri bilgilerle insanın düşüncesini değiştirerek DNA'sının da değişmesine katkıda bulunurlar. Böylece insanın sosyal yapı içinde birbirine dayanışarak DNA'sını da zenginleştirdiği anlaşıldı (s. 93). Düşünce, sosyal etkileşimdeki insanın DNA'sında yaratacağı değişikliklerle genlerin, inançların tek tiplleştirilmesine determinist kabullerine fark atacak önemde etkilidir (s. 94).

### **Bilim ve Yaşam Anlayışımızda Paradigma Değişimi**

Beyni farklı bölgelere ayırıp inceleyerek beyin bütünü bu parçaların toplamı olarak gören anlayış doğru değil (s. 96). Bilgi beyinde elektrokimyasal ırmaklar şeklinde oluşur ve akar. Enformasyon şeklinde sürekli kendini yenileyen ağlar iki üzeri yüz milyar olasılık kapasitesine sahiptir (bilgi ağı). Bilinç, işlenen bilgiden uygulamaya yaracak bilgiyi çıkarmaktır denebilir (s. 97). Nöronlar arası ilişki, toplumun bireylerinin ortaklığından doğan kültürle benzer (s. 99).

(s. 99). İyi bir eğitim kurumu veya iyi bir öğretmen beyin cerrahının yaptığına benzer bir şey yapmaktadır (s. 100).

Prigogine, parçalar toplamını bütünden fazla yapan şeyin öz yaratım olduğunu keşfetti. Bilimsel doğrular, daha doğrular tarafından aşılacak bir alt katman haline gelirler. Thomas Kuhn, "teori paradigmanın kalesidir" derken bunu söylemek ister (s. 102). Yeni bilim, bütünü parçaların toplamından fazla olduğunu açıklamayı yapmaya başladı. Yeni hukuk, "adâlet yaşamın temelidir" ilkesi üzerine kurulmalıdır (s. 103).

İyilik ve yaratıcılık "post truth"u aşacaktır. İnsan- zihin-evren ayırımını kaldıran Mevlana ve yaşam içinde sevinçli akışın iyilik yaratabileceğini söyleyen Spinoza yeni bilim paradigmasının ilham kaynaklarıdır (s. 105).

İnternet ağ sistemiyle nörobilim benzerliği birçok karmaşık konunun anlaşılmasını kolaylaştırıyor. Bir ağın algoritması, ilişkiler bütünü ve alt bileşenler arasındaki ilişkileri kapsar (s. 106). Beyin, zihin yaratan, yaşam yaratan bir organ değil, bilgi işleyen bir organdır. Nöronlar kümeleşerek nörozihni oluşturur, nörozihinler de birleşerek bilinci oluşturuyor olabilir (s. 117). Yaşam, iç içe geçmiş ağlar bütünü, kodlar arası geçiş sistemidir (s. 126).

Bilimsel devrimler siyaseti de değiştirir. Newton'un tezi, enerjiyi maddenin ürettiği şekildeydi. Yeni bilim

paradigması, maddeyi enerjinin ürettiği şeklindedir. İnsan aklının erişmekte zorlandığı sonsuz küçük ve sonsuz büyük değişimi ifade eder (s. 128).

Genleri mutlaklaştıran anlayış, tekçi ideolojinin devamına katkı sağladı. Determinizm, sadece tek yönü işaret eder. Epigenetik ise tersini söylüyor ve doğruluyor (s.129).

Bilimde paradigma değişikliği analitik düşünmeden (parçalardan bütüne varma) bağlantısal bütünselliğe geçiş şeklindedir (s. 134). Bilgi beyinde sürekli kendini yenileyen elektro kimyasal ırmaklar halindeki bir akıştır (Connectome).

### **Tümdengelimden tümevarıma oradan da bağlantısal bütünselliğe geçiş**

Tümdengelimden tümevarıma oradan da bağlantısal bütünselliğe geçiş yeni bilim paradigmasının yürün-gesidir (s. 135). Beyni anlamayı güçleştiren şey, beyindeki bağlantısallıkların sürekli değişim içinde olmasıdır (nöroplastisite). Bilgi elektrokimyasal ırmaklar şeklinde akar. Bu akış değişkenliktir. Bu değişkenliği bütünü parçaların toplamından fazla olmasında aramak gerekir. Herhangi bir andaki örutü analitiktir. Ne bir an önce, ne bir an sonrasıyla aynı olur (s. 137).

### **Kaos artık matematik modellemesi yapılabilecek bir şey**

İnsan genomu projesiyle gen sayımızın 2 milyon olduğu sanılırken bunun 20 bin olduğu ortaya çıktı. Genomla bütün hastalıkların nedenlerinin anlaşılacağı beklentisi boşa çıktı (Epigenetik).

Lanikea, galaksi hızıyla galaksi kümeleri arası ilişkinin matematik modeli kurulmasının bilim dalı olarak ortaya çıkıyor (s. 141).

Artık hastalığın sadece ilgili gene bağlı olmadığı anlaşıldı. Muzda 36 bin gen, insanda ise 20 bin gen var. Yani gen sayısının fazlalığının tek belirleyici olmadığı ortaya çıktı. Genler arası ilişki sıklığının asıl belirleyici olduğu anlaşıldı (s. 142).

### **İnsanı oluşturan atomlar bir yıl içinde yüzde 98 oranında değişiyor ama insan aynı kalıyor, neden?**

Parça bütün ilişkiselliği değişmesine rağmen iletişim ve ağlar arası bütünsellik sabit kalmaktadır (s.143).

Schrödinger 1943 yılında bir fizikçi olarak "yaşam nedir?" sorusunu sorarak inorganik dünyadan organik yaşama nasıl geçildiği sorununu tartışmaya açtı. 1980 yılında bu soruya Prigogine, "Kaostan Düzene" adlı kitabıyla verdiği cevap "öz düzenleme" oldu. Bu cevap Termodinamiğin 2. yasasının organik dünyada geçerli olmadığı keşfiydi. Determinizmin hava durumu, evrim, güneş radyasyonu gibi olayları açıklayamadığı biliniyordu (s. 144).

Network, bağlantısallığın kendi arasında etkileşime girdiğini gösterdi (s.145).

Bağlantısallık bilimde çok büyük bir sıçrama yarattı (s. 147). İnsan Konnektumu Projesinde(İKP), "beynin karmaşık bağlantısallığının doğru bir matematiksel modellemesini yapabilir miyiz?" sorusunun cevabı aranıyor. Çalışma böyle bir strateji ve bilim insanı birlikteliğiyle yürütülmektedir.

Aydınlanma Devrimi yurttaş olmayı sağladı. Neoliberalizm tüketici olmayı yurttaş olmanın önüne koydu ve yaşamdaş olmanın önünde engel oluşturdu. Korona, bağlantısal bütünselliğin toplum içinde başka insan ve canlılarla ortak yaşam ve dayanışma duygusunun önemini ortaya çıkardı (s.152). Yaşam, felsefe ve bilim ilişkisini tüm insanlığa bir kere daha hatırlattı (s.153). Tüm sistemler, nöronların bağlantısallığı üzerinden düşünce ve zihin oluşturması, matematik modellemeyle anlaşılabilir.

### **En etkin bilgi işleyen sistem beyin değil, yaşamın kendisi**

Humberto R. Maturana ve Francisco G. Varela 1972 yılında, enformasyon işleyen organik sistemlerin er veya geç mutasyon (farklılaşma) ile özyaratım gösterdiğini keşfettiler. 1980'de Prigogine, Termodinamiğin 2. yasasının organik dünyada geçerli olmadığını buldu. Böylece beyin nasıl zihin üretir sorusunun önündeki en önemli engel ortadan kalkarak kaos aydınlanmaya başladı (s.154).

Koronavirüs, tümdengelim ve tümevarımdan sonra bağlantısal bütünselliğe geçerek bilimin paradigmasının değişmesinin zorunluluğunun sinyallerini gösterdi. Korona yaşamdaşlığın esas, çıkarıcılık ve mülkiyetçiliğin tali sorun olduğunun hatırlatmasını yaptı. Bilimin konusu, bilimin parçaları değil, parçaların birbiriyle ve bütünlü olan iletişim ağıdır (s. 155).

### **"Yaşam nedir?"e cevap arayışı**

"Yaşam nedir?"e cevap arayışı, hiyerarşik bir düzen üretmeyen bağlantısal bütünselliğe geçişi zorunlu kılar. Devlet soyut bir gerçekliktir, onu mutlaklaştırmak gerçeğe bıçak saplamaktır. İnsanın diğer canlılardan farkı, daha fazla bağlantısallık üretebilmesindedir (s. 156).

Bilimde ve sosyal düzendeki paradigma değişiminin özü "ben" için sahip olmaktan "yaşam için iyi olmak"a geçiştir (s.158).

Üstün olma eğitimi, yaşamdaş olmak (iyi olmak) eğitimine dönecektir.

Ekonomi, hiyerarşinin hegemon yanının tekelden kurtulacak, (sınıfsal tahakküm bitecek).

Yaşamdaşlık öğrenilemezse felaketler insanlığı yok edecektir (s. 159).

Akademi değişecek, bilim insanı, bilimi araç olarak görmek yerine, onu önce kendisi yaşayan biri olacaktır. Dönüşüm; "bilmek ve anlamak"ın yaşam sevinci yarattığının kavranmasıyla gerçekleşecektir.

"Post truth", hakikat sonrasıyla insanlıktan çıkıldı. Bilimciler, bilimsel statü pazarlar hale geldi. Bağlantısız bütünsellikte öteki yoktur; tek öteki, bilinmeyendir; o da bilimin konusudur.

Mutlak doğru yoktur; her doğrudan daha doğrusu, her an söylenebilir. Ben değil, biz değil, hatta tüm insanlık da değil, insan olmak, yaşam anlayışına sahip bilim insanı olmak önemlidir. Merak, yaşam sevinci yaratan bilmek ve anlamının motor gücüdür, yaşamdaşlığı merak yaratır. Bilim insanı da böyle olmalıdır (s. 161).

D-B-N bilim paradigması, kadınla erkeği ve beyinlerini ayırır. Böyle bir ayırım beyinin kendisinde yoktur (s. 162). Beyin, eğitim, bağlantısızlık ve yaşamdaşlık farkına göre ait olduğu insanın bulunduğu toplumla ilişkisine göre fark yaratabilir.

## Yorum

1880'li yılların ortasına yakın tarihlerde F. Engels, Doğanın Diyalektiği kitabında "bizim görüşlerimiz (Marks'la birlikte) bilimde inorganik maddeden organik maddeye geçişin keşfiyle doğruluğu ve haklılığı çok daha iyi anlaşılacaktır" demişti.

1905'de doğmaya başlayan Kuantum teorisiyle pozitivist-determinist bilim paradigmasının artık taşıyıcı olamayacağını işaretleri ortaya çıkmaya başladı. 1950'li yıllarda Engels'in söylediklerini doğrular nitelikte biyoloji biliminde çok önemli deneyler ve buluşlar yapıldı.

2000'li yılların başlangıcı sonrasında özellikle organik dünyanın en karmaşık organizasyonu olan insan beyini üzerinde, nörolojide kuantum teorisinin de yardımıyla yapılan çalışmalar, artık yeni bilim paradigmasının zamanının geldiğini gösteriyor.

Gerçek bir bilim insanı ve düşünürden bekleneceği şekilde Türker Kılıç'ın yeni paradigmanın ana hatlarını gayet anlaşılır şekilde anlattığı bu kitabı, öncü nitelikte olmasıyla da çok kıymetlidir.

Bununla beraber, bilimin toplumsal değişimdeki etkisi konusunda Kılıç'ın fazla iyimser olduğunu düşünüyorum. Kapitalizm, Birinci Dünya Savaşında bilimi, silah teknolojisiyle sınıf tahakkümünü tahkim ve pekiştirme amacıyla alabildiğine kötü amaçlı olarak kullandı. Bunun yanında toplumların sosyolojini ve insanın psikolojisini ele geçirip insanları kendine biat için kullandı ve hâlâ buna devam ediyor. İki dünya savaşı arası dönemde kapitalizmin bilimi en önemli araç haline getirerek tüm ezilen sınıf ve tabakalara karşı silah olarak kullandığını unutmamak gerekir.

Politikanın tüm yaşamı, insanlığı doğayı ve evreni değiştirmede birinci derecedeki etken olduğu konusunda Türker Hoca fazla bir şey söylemiyor. Bilimin toplumu değiştirme konusunda politikanın ve siyasal düzenin emrinde olduğunu belirtmeliyim. İlya Prigogine'in fizik ve kimya alanında devrim nitelikli buluşunun politik sahada neler yarattığı ve yaratacağı konusunda onun çok iyi bir takipçisi olan sosyolog bilim insanı İmmanuel Wallerstein'den hiç bahsetmemesi Türker Hoca'nın önemli eksiği... Unutulmamalı ki, bilim insanlığın en önemli yol göstericisi ama sınıfsal olarak kimin elinde bulunduğu ve kime karşı kullanıldığı net olarak görülmeden kendiliğinden tarafsız ve her şart altında her şeyi çözecek bir bilimden söz etmek mümkün değil. Bilimin sınıfsal karakterinin politik güç ve silah olarak kullanılmasına yansıtıldığını görmemek bilimsel gelişmelerin topluma etkilerini eksik okumak olur.

Girişte de söylediğim gibi mühendisler bilim ve teknolojinin taşıyıcıları olmaları nedeniyle çok büyük oranda pozitivist-determinist bilim paradigmasının şartlandırıcı etkisi altında bulunmaktadır. Öncelikle yeni bilim paradigmasından mühendislerin bilgili ve haberli olmaları, bilimin sınıfsal güç aracı olarak kullanılması konusunda kendilerini yenilemeleri gerekir. Bu konuda TMMOB doğru şeyler söylemesine rağmen bunu üyelerine yansıtıldığını söyleyemeyiz.

## Sonuç

Bilimde yeni paradigmanın ana hatlarının netleşmesi açısından Türker Kılıç'ın kitabının öncü ve önemli bir işlev göreceği muhakkak. TMMOB ve bağlı odalar yeni bilim paradigmasını önemli gündem olarak ele almalı ve öncelikle kendi meslektaşlarını bilgilendirme ve bilinçlendirme çalışmaları yapmalıdır.

Bilim ve teknolojinin kendiliğinden bir iyiliğinden, herkes için bir iyi yaratacağından söz etmek günümüz için fazla ütöpiktir. İnsanlığın, tüm doğanın ve tüm evrenin bütünselliği ve iyiliği için doğru bilgi üretme amaçlı bilim ancak kapitalist hegemonya yok olur veya etkisizleşirse gerçekleşebilir.

# TÜRKİYE İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ 18. TEKNİK KONGRE VE SERGİSİ

# 18.

TÜRKİYE  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
TEKNİK  
KONGRE VE  
SERGİSİ

# İSTANBUL

Kasım **2022**



TMMOB  
**İNŞAAT  
MÜHENDİSLERİ  
ODASI**

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası tarafından 1962-2004 yılları arasında iki yılda bir düzenli gerçekleştirilmiş olan İnşaat Mühendisliği Teknik Kongre ve Sergisi etkinliklerinin on sekizincisi Kasım, 2022'de düzenlenecektir.



Yapısal BIM Tasarımda Yeni Dönem:

# ProtaStructure® 2021

Bina türü yapı sistemlerinin modellenmesi, analizi ve tasarımlarının hızlı ve kesin bir şekilde yapılması için geliştirilmiş yenilikçi bir Yapısal BIM çözümü...

- Yeni “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018)” ve “Türkiye Çelik Tasarım Yönetmeliği” desteği.
- 64-bit mimari ve çoklu-işlemci desteği ile gelişmiş teknoloji platformu.
- **Çelik, kompozit ve betonarme** yapı elemanlarının **tek bir model üzerinde birlikte** kullanılabilmesi; **Aşık, kuşak, çoklu çapraz, çelik makas, kaplama** gibi elemanların makrolar yardımıyla yerleşimi; **Kullanıcı Tanımlı Makaslar, Serbest Çubuk Elemanı** gibi pratik araçlarla kolay modelleme.
- Riskli Bina Tespiti, Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi, **Doğrusal Olmayan Artımsal İtme, Doğrusal Olmayan Zaman-Tanım Alanında Analiz**, Yer Hareketi Ölçekleme, lif (fiber) kesit analizi, **OpenSees entegrasyonu** gibi gelişmiş özellikler ile binaların **şekil değiştirmeye göre değerlendirilmesi ve tasarımı**.
- **Otomatik betonarme detay çizimleri, otomatik donatı pozlama, akıllı donatılar** kullanılarak elle detaylandırma, revizyonların çizimlere ve metrajlara dinamik olarak yansıtılması, **istinat duvarı, çelik iskele, havuz, merdiven, kazık analiz ve tasarımı** gibi mühendislik makroları.
- **IntelliConnect** ile tek tıklamayla tüm bağlantıların tasarımı, **çakışmasız ve uygulanabilir** olarak modellemesi, **kapsamlı bağlantı ve modelleme** makroları, genel konstrüksiyon, parça ve marka çizimlerinin otomatik üretimi, otomatik çakışma kontrolleri, gelişmiş modelleme araçlarıyla **kullanıcı tanımlı bağlantılar** ve çok daha fazlası **ProtaSteel**'de.
- Autodesk Revit, TeklaStructures, ArchiCAD, AllPlan gibi önde gelen **Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)** platformları ile betonarme ve çelik modellerin paylaşımı ve senkronizasyonu. **IFC İthal ve İhrac** ile disiplinler arası koordinasyon.
- Uluslararası betonarme/çelik tasarım yönetmelikleri ve deprem yönetmeliklerine uyumlu analiz ve tasarım; Tükçe, İngilizce ve farklı ek dillerde arayüz ve raporlama.
- Çözüm odaklı, güler yüzlü ve profesyonel destek hizmeti.

