

*Cumhuriyetin
100. Yaşında
Hayalimizdeki*
ANTALYA

S
Kent
m
p
o
z
y
u
m
u

tmmob

TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
ANTALYA İL KOORDİNASYON KURULU

**SEMPOZYUM
BİLDİRİLER KİTABI**

Antalya / 7-8 Aralık 2023



TMMOB
ANTALYA İL KOORDİNASYON KURULU
KENT SEMPOZYUMU

“CUMHURİYET’İN 100. YAŞINDA HAYALİMİZDEKİ ANTALYA”

BİLDİRİLER KİTABI

07-08 Aralık 2023 / Antalya

YAYIN ADI:

TMMOB ANTALYA İL KOORDİNASYON KURULU KENT SEMPOZYUMU
"CUMHURİYET'İN 100.YAŞINDA HAYALİMİZDEKİ ANTALYA"
BİLDİRİLER KİTABI

EMO YAYIN NO:

SK/2023/761

ISBN:

978-605-01-1600-7

TMMOB ANTALYA İKK KENT SEMPOZYUMU YÜRÜTME KURULU

Prof. Dr. İbrahim ATMACA
Makina Mühendisleri Odası

Sempozyum Yürütme Kurulu Başkanı

Betül ÜNAL
Elektrik Mühendisleri Odası

Sempozyum Sekreteri

Sempozyum Yürütme Kurulu Üyeleri

Derya ÜNVER

Çevre Mühendisleri Odası

Durali ÇAKIR

Elektrik Mühendisleri Odası

Ali MANAVOĞLU

Gıda Mühendisleri Odası

Cihangir GÜÇ

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Mustafa Kemal DOLANAY

İç Mimarlar Odası

Sadullah KABAKUŞAK

İnşaat Mühendisleri Odası

Bayram Ali ÇELTİK

Jeoloji Mühendisleri Odası

Sacit TAYFUN

Kimya Mühendisleri Odası Antalya Temsilciliği

Ali BALCI

Maden Mühendisleri Odası Antalya Temsilciliği

Mehmet TOPÇU

Makina Mühendisleri Odası

Bensu CÜCE

Peyzaj Mimarları Odası

Bahar KİRŞAN KAYA

Şehir Plancıları Odası

Prof. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ

Ziraat Mühendisleri Odası

Gonca DÜLGER BEDELOĞLU

Fizik Mühendisleri Odası Antalya Temsilciliği

ÖNSÖZ

TMMOB (Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği) Antalya İKK (İl Koordinasyon Kurulu) olarak kültürümüzün değişmez bir parçası olarak birlikte çalışma birlikte üretme temelli anlayışımızı sürdürüyoruz. Odalarımız olarak güç birliği içerisinde kentimizin sorunlarına duyarlıyız ve çözüm odaklı yaklaşımlar üretme bilinciyle hareket ediyoruz, etmeye de devam edeceğiz. Türk Mühendis Mimarlar Odası Birliği' ne bağlı Odaların Şubeleri olarak bizler, kendimizi bu kentten bir sakininden öte sahibi olarak görüyor ve bu doğrultuda çalışmalarımızı sürdürüyoruz. Sempozyumumuzu hazırlarken de odağımız Antalya'mızdı ve bu bilinç ile hareket ederek çok çalıştık, başarılı bir sempozyum programı oluşturduk. 31 Mart 2024 tarihinde gerçekleştirilecek olan yerel seçimler öncesinde kentimizin sorunlarına ve bu sorunların çözümüne yönelik olarak ilgili politikaların değerlendirileceği bir sempozyum programı hazırladık. Bu kapsamda da 7-8 Aralık 2023 tarihlerinde *Antalya Kent Sempozyumumuzu* TMMOB Antalya İKK olarak hep birlikte gerçekleştirdik.

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği TMMOB' un 17.06.2023 tarihli toplantısında, 31 Mart 2024 tarihinde gerçekleştirilecek olan yerel seçimler öncesinde il/ilçe koordinasyon kurulları aracılığıyla kent sorunları ve ilgili politikaların gündeme alınacağı Kent Sempozyumlarının gerçekleştirilmesi yönünde karar alınmıştır. Karara istinaden Antalya İl Koordinasyon Kurulu olarak şehrimizde de yerel sorunlarımızı tartışıp öneriler getirebileceğimiz "Antalya Kent Sempozyumunun" yapılmasına karar verilmiş olup, İKK'nın her bileşeninden tartışıması önerilen konular ve yürütme kurulu üyesi talep edilmiş ve sempozyum yürütme kurulumuz oluşmuştur. Yürütme kurulunun oluşturulmasından hemen sonra, 31 Ağustos 2023 tarihinde sempozyum ilk yürütme kurulu toplantısı gerçekleştirilmiş, Sempozyumun ana teması "*Cumhuriyetin 100. Yaşında Hayalimizdeki Antalya*" olarak belirlenmiştir.

Yürütme Kurulumuz Eylül ayı içerisinde yaptığı periyodik toplantılarda Odalarımız tarafından sempozyum kapsamında tartışıması önerilen konuları gündemine almış, önerilen çok sayıda konu içerisinde Antalya kamuoyunun tamamını ilgilendiren ve yine tamamının kaygısı niteliğindeki konulara odaklanmış, bu yöntem ile belirlenen şu konularda oturumlar ve panellerin gerçekleştirilmesine karar vermiştir; göçün etkileri ve yönetimi oturumu, depreme dirençli kentleşme oturumu, ulaşım ve trafik yönetimi oturumu, iklim değerikliği ve Çevre panelleri.

Planlana şekilde 7-8 Aralık 2023 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası (MMO) Antalya Şubesi Konferans Salonu'nda gerçekleşen Antalya Kent Sempozyumu kapsamında 3 farklı konu başlığında 4 oturum ve "iklim değerikliği ve çevre" konu başlığı ile 2 panel düzenlenmiştir. Söz konusu oturum ve panellerde; konusunda uzman bilim insanlarının yapmış olduğu sunumlar neticesinde, sorunlar bilimsel zeminde ortaya konularak çözüm önerileri sunulmuştur. Sempozyuma yerel yönetim temsilcileri, yerel yönetimlere talip olanlar, kentimiz konusunda hassasiyet taşıyan mühendis, mimar ve şehir plancılar ile halkımız ve öğrenciler katılım göstermiştir.

Sempozyum ilk oturumunda göç ve göçün etkilerinin tartışılmış ve bu hassas konu üzerine 3 farklı akademisyen tarafından sunumlar gerçekleştirilmiştir. Oturumda göç kaynaklı nüfus artışının taşınmaz piyasalarına, çevreye ve elektriksel altyapıya etkileri ele alınmış, çözüm önerileri sunulmuştur.

Antalya'nın hem zemin yapısının hem de üst yapının ele alındığı depreme dirençli kentleşme oturumu 2 bölüm halinde tartışılmış ve bu oturumlarda 7 bildiri sunulmuştur. İnşaat Mühendisi akademisyenler tarafından kentimizde mevcut yapı stoku değerlendirilmiş, bilinçli kentsel dönüşümün nasıl yapılacağı hususunda bilgiler verilmiştir. Aynı oturumda konuşmacılar riskli yapı stokunun tespiti için yöntemler önerecek şekilde bilgiler aktarmıştır. Jeoloji Mühendisliği kökenli akademisyenler tarafından da hem kentimizin depremselliği hem de zemin yapısı ele alınmış, çeşitli öneriler sunulmuştur. Bu oturumlarda Şehir Plancıları Odası, Harita Kadastro Mühendisleri Odası ve İç Mimarlar Odası adına da çok değerli bilim insanları tarafından kendi meslek disiplinleri üzerinden depreme dirençli kentleşme için öneriler aktarılmıştır.

Sempozyum kapsamında Antalya'nın kanayan yarası durumundaki ulaşım sorununun, İnşaat Mühendisi, Elektrik- Elektronik Mühendisi, Şehir Plancısı ve Bilgisayar Mühendisi bilim insanları tarafından tartışıldığı bir oturum gerçekleştirilmiş ve oturumda 4 sunum yapılmıştır. Kentimizin ulaşım sorununun çözümüne aktif katkı sağlayabilmek adına farklı meslek disiplinlerinin bakış açıları ortaya konulmuş ve konu çok yönlü olarak tartışılmıştır. Bu oturumda hem simülasyonlara dayalı çözüm önerileri sunulmuş, hem de akıllı sinyalizasyonun geleceği ele alınmıştır. Bilim insanları tarafından önerilen çözümlerin kentimize faydalı olacağı inancındayız.

Sempozyumun her 2 gününde de son oturumlar panel şeklinde tamamlanmış ve paneller iklim değişikliği ve çevre konusu üzerine olmuştur. Pandemiden daha ağır ve daha uzun süreceğini öngörebildiğimiz bir iklim krizinin ilk sonuçlarını maalesef afetler şeklinde acı tecrübelerle yaşamaktayız. Aslında bu küresel bir sorun olsa da yerelden de alınması gereken birçok önlemin olduğunu biliyor ve bunu farklı disiplinler olarak sürekli aktarıyoruz. Sempozyumumuzda düzenlediğimiz ilk panelde, Çevre Mühendisi, Makina Mühendisi, Elektrik – Elektronik Mühendisi konuşmacılar yer almıştır. İklim değişikliğine uyum süreci ile kentimiz için çok kıymetli olan bina iklimlendirmesinde enerji verimliliği ve güneşten elektrik üretimi konuları bu oturumda tartışılmıştır. Aynı tema üzerine gerçekleştirilen ikinci panelimizde ise Jeoloji Mühendisi, Ziraat Mühendisi, Gıda Mühendisi ve Peyzaj Mimarı konuşmacılar yer almış ve suyun geleceği, iklim ve gıda, iklim değişikliğine uyumlu tarım ve peyzaj uygulamalarında su yönetimi gibi hassas konular ele alınmıştır.

Sorunları bilimsel zeminde ortaya konduğu ve çözümlerin önerildiği tüm oturumlarda konusunda uzman bilim insanlarını dinleme fırsatı yakalamış bulunmaktayız. Oturularda sunulan 14 konuşmanın bildiri metni bu sempozyum kitapçığında basılmıştır. Panel oturumlarının daha katılımcı, tartışmaya açık ve interaktif geçmesi için panelistlerden bildiri talep edilmemiş, panel konuşmalarından ve tartışmalardan çıkan ana sonuçlara doğrudan sonuç bildirgesinde yer verilerek kamuoyuna aktarılmıştır. Bu nedenle bu sempozyum kitapçığının basımı da sempozyum sonrasına bırakılmış, sonuç bildirgesi de kitapçığın sonunda yer almıştır.

Sempozyumun düzenlenmesinde emeği geçen tüm Odalarımızın Antalya Şube Başkanlarına, Sempozyum Yürütme Kurulu üyelerine, sundukları bildirimler ve konuşmaları ile sempozyumu olanaklı kılan tüm bilim insanlarına ve yine ayrıca oturum ve panellerde oturum başkanı ve panel yöneticisi olarak görev alan bilim insanlarına, sempozyumumuza katılarak şehrimize verdiği değeri gösteren tüm mühendis, Mimar ve Şehir Plancılarına teşekkür ediyor, sempozyum çıktılarının kentimiz için faydalı olmasını temenni ediyor, saygılarımı sunuyorum.

11.12.2023

Prof. Dr. İbrahim ATMACA
TMMOB Antalya İl Koordinasyon Kurulu
Antalya Kent Sempozyumu Yürütme Kurulu Başkanı

İÇİNDEKİLER

Sempozyum Yürütme Kurulu	4
Önsöz	5
Sempozyum Programı	9
Sempozyum Bildirileri	
Göç Kaynaklı Nüfus Artışının Taşınmaz Piyasasına Etkileri ve Çözüm Önerileri	11
Nüfus Artışının Çevresel Etkileri ve Çözüm Önerileri	14
Göç Kaynaklı Nüfus Artışının Elektriksel Alt Yapıda Oluşturduğu Sorunlar ve Çözüm Önerileri	24
6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinden öğrendiklerimiz Antalya ve çevresinde olabilecek depremlerin olası etkileri	27
Antalya ve Yakın Çevresinin Depremselliği.....	30
Mobil Sistem Aracılığı ile Yapılarda Yapısal Olmayan Elemanların Risk Durumlarının Tespiti ve Raporlanması.....	39
Kent İçi Ulaşımında Dijital Simülasyonlara Dayalı Çözüm Önerileri Antalya İli Örneği	50
Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım Antalya'da Akıllı Sinyalizasyonun Geleceği.....	60
Trafik Yoğunluğu ve Akıllı Ulaşım Çözümleri Kentsel Refah ve Turizm Sektörüne Etkileri.....	66
Antalya'da Mevcut Yapıların Depreme Direnci ve Bilinçli Kentsel Dönüşüm	72
Antalya Riskli Yapı Stokunun Belirlenmesi İçin Yöntemler.....	78
Antalya'da Afet Zararlarını Azaltmaya Yönelik Şehir Planlama	83
Antalya Yüzey Yer Değiştirmelerinin Uydu Teknolojileriyle İzlenmesi	90
Kent Sempozyumu Sonuç Bildirgesi.....	93

SEMPOZYUM PROGRAMI

7 Aralık 2023 Perşembe - 1.Gün

10:00-10:30 Açılış Oturumu

- Sempozyum Yürütme Kurulu Başkanı konuşması: **Prof. Dr. İbrahim ATMACA**
- TMMOB Antalya İKK Sekreteri konuşması: **Derya ÜNVER**
- Konuk Konuşmacılar

10.30-12.00 Göçün Etkileri ve Yönetimi Oturumu

Oturum Başkanı: **Prof. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR**

- **Göç Kaynaklı Nüfus Artışının Taşınmaz Piyasasına Etkileri ve Çözüm Önerileri**
Konuşmacı: **Doç. Dr. İsmail Ercüment AYAZLI**
- **Nüfus Artışının Çevresel Etkileri ve Çözüm Önerileri**
Konuşmacı: **Prof. Dr. Bülent TOPKAYA**
- **Göç Kaynaklı Nüfus Artışının Elektriksel Alt Yapıda Oluşturduğu Sorunlar ve Çözüm Önerileri**
Konuşmacı: **Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ**

12.00-13.30 ÖĞLE ARASI

13.30-15.00 Depreme Dirençli Kentleşme Oturum – 1

Oturum Başkanı: **Prof. Dr. Erdal KOŞUN**

- **6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinden öğrendiklerimiz: Antalya ve çevresinde olabilecek depremlerin olası etkileri**
Konuşmacı: **Prof. Dr. Fuat ERKÜL**
- **Antalya ve Yakın Çevresinin Depremselliği**
Konuşmacı: **Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY**
- **Mobil Sistem Aracılığı ile Yapılarda Yapısal Olmayan Elemanların Risk Durumlarının Tespiti ve Raporlanması**
Konuşmacı: **Doç. Dr. Şebnem ERTAŞ BEŞİR**

15.00-15.30 ARA

15.30-17.00 İklim Değişikliği ve Çevre Panel – 1

Moderatör: **Prof. Dr. Bülent TOPKAYA**

- **İklim Değişikliğine Uyum Süreci Ve Sorumluluklar**
Panelist: **Prof. Dr. Gökhan CİVELEKOĞLU**
- **İklimlendirmede Enerji Verimliliği**
Panelist: **Devrim KILIÇ - Makina Mühendisi**
- **Elektrikli Araçların Şebeke Ve YEK'lerle Entegrasyonunun Enerji Verimliliğine Etkileri**
Panelist: **Dr. Öğr. Üyesi Sıtkı GÜNER**
- **Akdeniz Bölgesi'nde GES Yatırımcısı Olmak: Fırsatlar ve Engeller**
Panelist: **Süleyman BEDELOĞLU - Elektrik-Elektronik Mühendisi**

SEMPOZYUM PROGRAMI

8 Aralık 2023 Cuma- 2.Gün

10.00-12.00 Ulaşım ve Trafik Yönetimi Oturumu

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Afşin GÜNGÖR

- **Kent İçi Ulaşımda Dijital Simülasyonlara Dayalı Çözüm Önerileri: Antalya İli Örneği**
Konuşmacı: Doç. Dr. Sevil KÖFTECİ
- **Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım: Antalya'da Akıllı Sinyalizasyonun Geleceği**
Konuşmacı: Dr. Öğr. Üyesi Yalçın ALBAYRAK
- **Kent Ve Bölge Planlama Disiplini Açısından Sürdürülebilir Ulaşım Planlaması Stratejileri**
Konuşmacı: Doç. Dr. Kıvanç ERTUĞAY
- **Trafik Yoğunluğu Ve Akıllı Ulaşım Çözümleri: Kentsel Refah VeTurizm Sektörüne Etkileri**
Konuşmacı: Prof. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR

12.00-14.00 ÖĞLE ARASI

14.00-16.00 Depreme Dirençli Kentleşme Oturum – 2

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Uğur Niyazi KOÇKAL

- **Antalya' da Mevcut Yapıların Depreme Direnci Ve Bilinçli Kentsel Dönüşüm**
Konuşmacı: Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK
- **Antalya Riskli Yapı Stoğunun Belirlenmesi İçin Yöntemler**
Konuşmacı: Doç. Dr. Ferhat ERDAL
- **Antalya'da Afet Zararlarını Azaltmaya Yönelik Şehir Planlama Ve Yapılaşma**
Konuşmacı: Doç. Dr. Engin KEPENEK
- **Antalya Yüzey Yer Değişikliklerinin Uydu Teknolojileriyle İzlenmesi**
Konuşmacı: Doç. Dr. Nusret DEMİR

16.00-16.30 ARA

16.30-18.00 İklim Değişikliği ve Çevre Panel – 2

Moderatör: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

- **Suyun Geleceği**
Panelist: Önder YAZICI - Jeoloji Mühendisi
- **İklim Ve Gıda**
Panelist: Öğr. Gör. Dr. Hüseyin ÖZTÜRK
- **İklim Değişikliğiyle Uyumlu Tarımsal Üretim**
Panelist: Doç. Dr. Köksal AYDINŞAKİR
- **Peyzaj Tasarımında Su Yönetimi**
Panelist: Doç. Dr. Nilüfer KART AKTAŞ

Göç Kaynaklı Nüfus Artışının Taşınmaz Piyasasına Etkileri ve Çözüm Önerileri

İsmail Ercüment Ayazlı¹

¹Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
eayazli@cumhuriyet.edu.tr

Özet

Yaşadığımız pek çok sorunun en önemli nedenleri arasında göçün tetiklediği kontrolsüz kentsel yayılma yer almaktadır. Hazırlanan bu çalışmanın amacı, kentsel yayılma çalışmalarında taşınmaz iyeliğinin etkilerinin ileri veri madenciliği yöntemleri yardımıyla belirlenmesi ve imar afları ile iyelikte meydana gelen değişimin irdelenmesidir.

1. GİRİŞ

Kentsel topraklar, göç ile meydana gelen hızlı nüfus artışının yanı sıra güvenilir bir yatırım aracı olması sebebiyle de serbest piyasa ekonomisi içinde önemli bir fiziksel metaya dönüşmüş ve üzerindeki kentleşme baskısı her geçen gün artmıştır. Bu nedenle toprak ve üzerindeki mülkiyet hakkı, mutlak rant ve spekülasyonun tek kaynağı haline gelmiştir [1]. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, arazi spekülörlerinin arazi kullanım politikalarına etkileri kontrolsüz kentsel yayılmaya neden olmaktadır [1]. Kontrolsüz kentsel yayılmanın zararlarını azaltabilmek için 2015 yılında New York'ta gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler (UN) 70. Genel Kurulu'nda, 2030 yılı "Sürdürülebilir Şehir ve Yaşam Alanları" hedefi kapsamında kentsel yayılmanın kontrol altına alınması gerektiği rapor edilmiştir [2].

1950'lerden itibaren kent planlamada sistem yaklaşımının benimsenmesiyle kentlerin karmaşıklık düzeyi yüksek pek çok alt sistemden oluştuğu kabul edilmiştir [3]. Bu nedenle, karmaşık bir sistem olan kentler, modellenirken hem uzamsal hem de zamansal dinamikler göz önünde tutulmaktadır [4]. Bir kentin mekânsal dokusu fiziksel, çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlerin etkileşimi sonucunda zamanla şekillenerek kentsel yayılmayı meydana getirir [5]. Bu yayılma, kent çeperlerinde bulunan ve mülkiyeti çoğunlukla kamuya ait olan ormanlar ve

boş araziler ile tarım arazileri üzerindeki kentleşme baskısını artırmaktadır [3, 6-9].

Avrupa Çevre Ajansı'nın (AÇA) 2006 yılında yayınladığı raporda kentsel yayılmanın ana yönlendiricileri yedi başlık altında 25 alt madde ile tanımlanmaktadır [6]. Hızı ve yönü kontrol edilemeyen yayılma; düşük hava ve su kalitesi, doğal kaynakların yetersizliği, her geçen gün artan enerji ihtiyacı, toprak kirliliği, çöp depolama sorunu, arazi kullanımı/örtüsü (AK/Ö) değişimi vb. çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlara neden olabilmektedir. Kentsel yayılmanın çevresel etkileri içinde sınıflandırılan AK/Ö değişimi, orman alanları ile yenilenemeyen verimli topraklar üzerindeki kentleşme baskısını artırarak tarım, yenilenebilir enerji temini, endüstriyel sorunlar, iklim değişimi, çölleşme, gürültü ve ışık kirliliği sorunlarına yol açtığı için [6] ilk akla gelen sorunların başında gelmektedir.

Hazırlanan bu çalışmada kentsel yayılmayı yönlendiren ve sosyo-ekonomik veri sınıfı içinde yer alan özel iyelik altındaki taşınmazların, göç ile tetiklenen kentsel yayılmaya etkileri ve imar affi ile iyelikte meydana gelen değişimlerin AK/Ö değişimine etkileri ileri veri madenciliği yöntemleri kullanılarak irdelenmiştir.

2. YÖNTEM

AK/Ö değişiminin izlenerek zararlarının azaltılması için, karmaşık ve büyük hacimli veri kümeleri içindeki saklı bilginin istatistiksel yöntemler, yapay zekâ, makine öğrenmesi, örüntü tanıma ve veri tabanı sistemleri ile bulunup ortaya çıkartılması olarak tanımlanan veri madenciliği süreçlerine ihtiyaç duyulmaktadır [10-11]. Bu kapsamda ileri veri madenciliği teknikleri ile üretilen simülasyon modelleri sıklıkla kullanılmaktadır [3, 11].

2.1. Geri Beslemeli Çok Katmanlı Algılayıcı Modeli

Kentsel yayılmanın AK/Ö değişimleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda değişim potansiyelleri sıklıkla bir makine öğrenmesi

algoritması olan yapay sinir ağı ile belirlenmektedir. Bu çalışmada genellikle geri beslemeli çok katmanlı algılayıcı (ÇKA) yöntemi kullanılmaktadır. ÇKA; girdi, gizli ve çıktı olmak üzere üç katmandan oluşur. İlk katman olan girdi katmanında, bağımsız değişken sayısı kadar nöron oluşturulur [12]. Girdi verileri ağırlıklandırılarak sinapsisler aracılığıyla gizli katmandaki her bir düğüm noktasına aktarılır [13]. Gizli katmandaki her bir nöron, doğrusal olmayan bir fonksiyona göre, tüm girdilerin ağırlıklı toplamını hesaplayarak çıktı katmanına iletir [12, 14]. İleri besleme adı verilen bu aşamadan sonra modelden elde edilen AK/Ö ile girdi verisi olan AK/Ö karşılaştırılarak hatalı kestirimler algılayıcılar vasıtasıyla sinir ağına geri yansıtılır. Her bir j birimi için çıktı katmanındaki hata miktarı hesaplanarak modele getirilecek düzeltme miktarı belirlenir. Bu işlem adımları belirlenen iterasyon sayısı kadar tekrarlanır.

2.2. Veri İşleme

Çalışmada girdi olarak literatürde sıklıkla kullanılan AK/Ö, sayısal yükseklik modeli, eğim, yerleşim yeri verisi ve ulaşım verilerinin yanı sıra kentsel yayılmanın izlendiği çalışmalarda göz ardı edilen ve kadastral verilerden üretilen özel iyelik verisi kullanılmıştır. Modele bağımsız değişken olarak dahil edilen ve vektör formatta elde edilen mülkiyet verileri, ArcGIS yazılımı kullanılarak, raster verilere dönüştürülmüştür. Özel iyelik parsellerinin kentsel yayılmaya etkisini belirleyebilmek için raster veriye ait her bir hücrenin özel iyelik hücrelerine olan Öklid mesafeleri hesaplanmıştır. Eğim verisi Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilen sayısal yükseklik modelinden oluşturulmuştur. Modelde kullanılan ulaşım verileri ise Open Street Map web sitesinden indirilerek temin edilmiştir. Çalışmada dört periyot 1. düzey CORINE arazi örtüsü verileri kullanılmıştır. Modelin bağımlı değişkenleri olan arazi örtüsü verilerinin haricinde bağımsız değişken olarak kullanılan yerleşim yeri verisi de CORINE veri setinden üretilmiştir ve bu veri için de hücrelerin yerleşim yerine olan uzaklıkları Öklid mesafesine göre hesaplanmıştır. IDRISI TerrSet yazılımı kullanılarak arazi örtüsü değişim potansiyeli ÇKA ile belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR

Kentsel yayılma simülasyon çalışmalarında iyelik verilerinin önemli bir yere sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak bu verilerin temini ne yazık ki ülkemizdeki kadastral sorunlar nedeniyle çok da kolay olmamaktadır. Oysaki günümüzde kadastral verilerin akıllı kentlerin planlanması için

gereksinim duyulan temel veriler arasında yer alması gerektiği vurgulanmaktadır.

Hızlı nüfus artışı sebebiyle, kentsel arazi örtüsü merkezden çeperlere doğru genişlemekte ve iyeliği çoğunlukla kamuya ait olan orman alanları ve tarım arazileri üzerinde potansiyel kentleşme baskısını artırmaktadır. Çıkartılan imar afları neticesinde hazine arazilerinin mülkiyeti özel iyeliğe geçmekte ve kaçak yapılaşma, deyim yerindeyse, uygulanan arazi politikaları nedeniyle teşvik edilmektedir.

4. KAYNAKLAR

- [1] Yılmaz, M., & Keles, R. (2009). Sustainable Urban Development and the Patterns of the Right to Ownership With Special Reference to Architecture and Urban Planning. In H. Hepperle, E; Lenk (Ed.), Land development strategies: patterns, risks and responsibilities (pp. 161–171). vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-005751288>.
- [2] UN. (2015). United Nations. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>.
- [3] Ayazli, I. E. (2019). Monitoring of urban growth with improved model accuracy by statistical methods. Sustainability (Switzerland), 11(20). <https://doi.org/10.3390/su11205579>.
- [4] Cheng, J. (2003). *Modelling spatial and temporal urban growth*. Utrecht, The Netherlands: Utrecht University.
- [5] Xu, C., Liu, M., Zhang, C., An, S., Yu, W., & Chen, J. M. (2007). The spatiotemporal dynamics of rapid urban growth in the Nanjing metropolitan region of China. *Landscape Ecology*, 22(6), 925–937. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9079-5>.
- [6] AÇA (2006). *Urban Sprawl in Europe-The Ignored Challenge*; Publications Office of the European Union: Luxembourg.
- [7] AÇA (2016). *Urban Sprawl in Europe: Joint EEA-FOEN Report No 11/2016*; Publications Office of the European Union: Luxembourg; pp. 16–33.
- [8] Zeković, S., Vujošević, M., Bolay, J. C., Cvetinović, M., Miljković, J. Ž., & Maričić, T. (2015). Planning and land policy tools for limiting urban sprawl: The example of Belgrade. *Spatium*, 1(33), 69–75. <https://doi.org/10.2298/SPAT1533069Z>.
- [9] Zivojinovic, I., Weis, G., Lidestav, G., Feliciano, D., Hujala, T., Dobsinska, Z., Lawrence, A., Nybbakk, E., Quiroga, S., & Schraml, U. (2015). Forest Land Ownership Change in Europe. In *COST Action FP1201 FACESMAP Country Reports: Vol. C (Issue JUNE)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1891.8569>

- [10] Hand, D. J., & Adams, N. M. (2015). Data Mining. In *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online* (pp. 1–7). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat06466.pub2>.
- [11] Tayyebi, A., Pijanowski, B. C., Linderman, M., & Gratton, C. (2014). Comparing three global parametric and local non-parametric models to simulate land use change in diverse areas of the world. *Environmental Modelling and Software*, 59, 202–221. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.05.022>.
- [12] Kalteh, A.M., Hjorth, P., Berndtsson, R., 2008. Review of the self-organizing map (som) approach in water resources: Analysis, modelling and application. *Environmental Modelling and Software* 23, 835–845. doi:10.1016/j.envsoft.2007.10.001.
- [13] Prasad, R., Pandey, A., Singh, K.P., Singh, V.P., Mishra, R.K., Singh, D., 2012. Retrieval of spinach crop parameters by microwave remote sensing with back propagation artificial neural networks: A comparison of different transfer functions. *Advances in Space Research* 50, 363–370. doi:10.1016/j.asr.2012.04.010.
- [14] Abiodun, O.I., Jantan, A., Omolara, A.E., Dada, K.V., Mohamed, N.A., Arshad, H., 2018. State-of-the-art in artificial neural network applications: 433 A survey. *Heliyon* 4, 938. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00938>, doi:10.1016/j.heliyon.2018.

Nüfus Artışının Çevresel Etkileri ve Çözüm Önerileri

Derya Ünver¹, Mustafa Yıldırım², Banu Sınmaz³, Aslı Nur Rızvanoğlu⁴,
İ.Ethem Karadirek⁴, Bülent Topkaya⁴

¹Çevre Mühendisleri Odası Antalya Şubesi
deryaunver@yahoo.com

²Antalya Büyükşehir Belediyesi, Deniz ve Kıyı Yönetimi Şube Müdürlüğü
yildirim.mustafa@gmail.com

³ANÇET, Antalya Çevre Tarım ve Hayvancılık A.Ş.
banusinmaz@gmail.com

⁴Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Akdeniz Üniversitesi
aslinurrizvanoglu@akdeniz.edu.tr, ethemkaradirek@akdeniz.edu.tr, btopkaya@akdeniz.edu.tr

Özet

Antalya İlinde nüfus artış hızı yarım yüzyıldır Türkiye ortalamasının belirgin şekilde üzerinde gerçekleşmektedir. Ana nedeni, uzun yıllar, iç göç hareketleri olan bu artışa son yıllarda dış göçler de katkı vermeye başlamıştır. Nüfus artışı, kentleşme hızını ve doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırmakta ve sınırlı kaynakların daha fazla tüketilmesine neden olmaktadır. Nüfus artışı ile birlikte yerel yönetimler içme ve kullanma suyu temini, atıksuların arıtılması, katı atıkların bertarafı gibi yatırımlar için daha fazla kaynak ayırmak zorunda kalmıştır. Bu olumsuzluklara ek olarak Antalya küresel ısınmanın olumsuz etkilerinden en yoğun etkilenen yerleşim yerlerinin başında gelmektedir. Bu çalışmada Antalya'nın karşı karşıya olduğu çevresel sorunlar ile alınabilecek önlemler üzerinde durulacaktır.

1. GİRİŞ

Antalya sahip olduğu tarihi, kültürel ve doğal mirası ve uygun iklim şartları nedeni ile turizmin başkenti olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı bölgenin yurt içi ve yurt dışındaki tanınırlığı yıllar içinde artmıştır. Bu olgunun doğal sonucu olarak Antalya'nın nüfusunda, özellikle 2000 yılından sonra Türkiye ortalamasının üzerinde artış meydana gelmiştir.

5 Temmuz 1921 tarihinde yabancı işgalinden kurtularak Türkiye Cumhuriyeti'nin, o dönemde, 63 ilinden biri olan Antalya'da ilk nüfus sayımı 1927 yılında yapılmıştır. Buna göre 9 ilçede 206.270

kişinin yaşadığı tespit edilmiştir. 1940 yılı sayımlarına göre Antalya nüfusunun sadece %19'u kentlerde yaşarken kırsal nüfusun oranı %81 olarak belirlenmiştir [1]. 1950'li yıllarda hız kazanan kentleşme hareketi ile kırsal kesimlerden kentlere göç başlamıştır.

Antalya ilinin deniz kıyısındaki güney kısmının turizm bölgesi ilan edilmesi ile nüfus yoğunluğu artış göstermeye başlamıştır. 70'li yılların sonunda Antalya OSB'nin kurulması, 1985 yılında Antalya Havalimanı'nın uluslararası hava trafiğine uygun hale gelmesi de nüfus hareketliliğine etki yapmıştır. Özel ve kamu sektörü yatırımlarının kent merkezi ve çevresinde yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan çalışma olanakları, turizm sektörünün oluşturduğu fırsatlar, her mevsim tarıma uygun toprakları, ulaşım sistemlerinin kullanılabilirliği, denize kıyısı olması gibi nedenler “göç” olarak tanımlanabilecek nüfus akımına yol açmıştır.

Göç farklı nedenlere bağlıdır. Antalya'nın turizme odaklı gelişen sanayisi ve hizmet sektörü, sahip olduğu sosyal, kültürel ve ekonomik imkânlar, doğal ve kültürel zenginliği birçok insanın yaşamak, iş bulmak, çalışmak gibi farklı sebeplerle Antalya'ya göç etmesini teşvik etmektedir. İldeki üniversiteler de öğrencilerin eğitim amaçlı Antalya'ya gelmelerini teşvik eden etkenlerdendir. Uygun iklim koşulları, tarım ürünleri ve gıda maddelerindeki görece ucuzluk özellikle emekli nüfusun, yaşam yeri olarak

Antalya'yı seçmesine neden olmaktadır. Bir diğer önemli katkı da yurt dışından alınan ve günümüzde de devam eden dış göçlerden kaynaklanmaktadır.

2. NÜFUS GELİŞMESİ

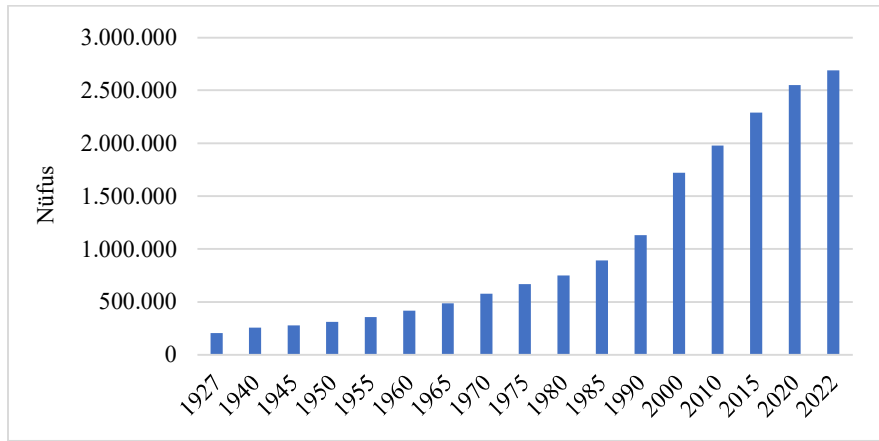
Nüfus sayımı sonuçlarına göre Antalya il nüfusunda 2000 yılında büyük bir sıçrama yaşanmış ve nüfus 1990 yılına oranla %52'lik bir artış göstermiştir [2] (Şekil 1). Bu artışın ana nedeni yukarıda belirtilen, iç ve dış göçlerdir.

Antalya, İstanbul'dan sonra yurt dışından en fazla göç alan ikinci ildir [3]. Ayrıca Antalya'nın başta Burdur, Isparta, Muğla gibi komşu illerin yanı sıra İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlerden ve Şanlıurfa,

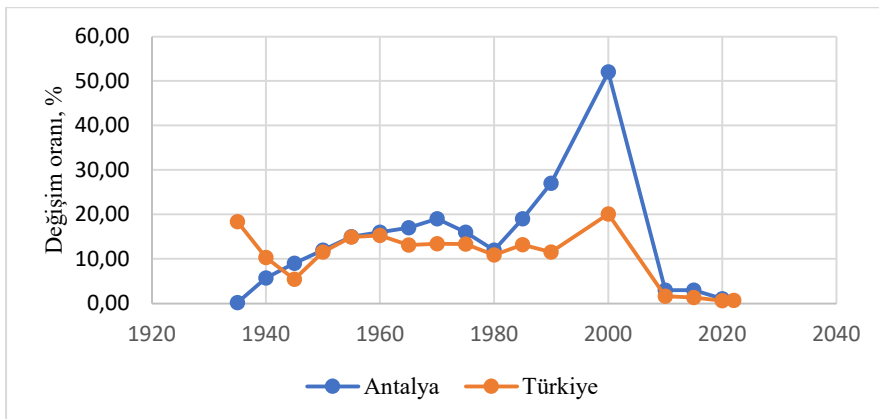
Bu çalışmada ülke ortalamasının üzerinde gerçekleşen bu nüfus artışının neden olduğu çevresel baskılar ve çözüm önerileri üzerinde durulacaktır.

Adana, Kayseri, Diyarbakır ve Van'dan oldukça fazla göç aldığı belirtilmektedir [4].

Antalya ilinin 1927-2022 yılları arasındaki nüfus gelişimi Şekil 1'de verilmektedir. Özellikle 1990-2000 yılı arasında yukarıda vurgulanan etkiler nedeniyle önemli nüfus artışı gerçekleşmiştir. Bu olgu Antalya ve Türkiye ortalama nüfus artış oranlarının karşılaştırılması ile daha belirgin görülmektedir (Şekil 2). Antalya nüfus artış oranları 1960 yılından itibaren Türkiye ortalamasının üzerinde gerçekleşmiştir [1,5].



Şekil 1: Antalya ili nüfus değişimi (1927 – 2022) [1, 5]



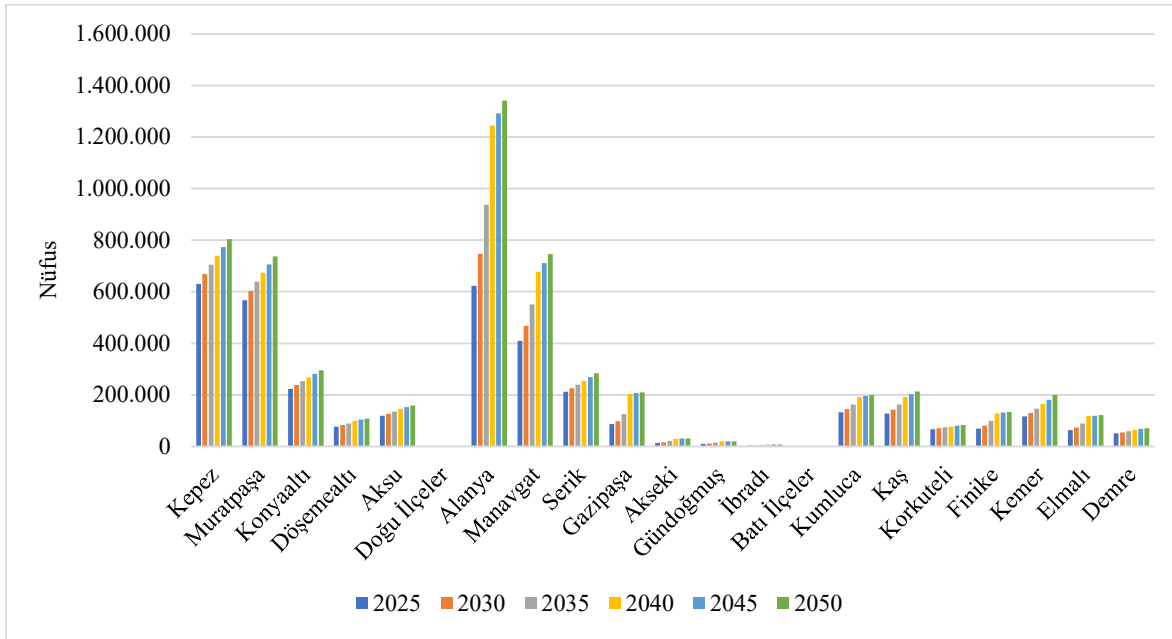
Şekil 2: Antalya ili ve Türkiye nüfus artış oranları [1,5]

2021 yılında tamamlanan bir proje kapsamında Antalya ili için farklı nüfus gelişme senaryoları

çalışılmıştır [6]. Bu senaryo çıktılarının ortalamasına göre Antalya'nın, nüfus artışında, 2000-2019 yılları

arasında gerçekleşen büyümeyi, 2050 yılına dek sürdüreceği öngörülmektedir. Buna göre; geçmiş dönemlerde olduğu gibi, gelecekte de Antalya nüfus artış hızı, Türkiye ortalamasının üzerinde gerçekleşecektir. Binde 25'in üzerindeki bu yıllık artış, 2050 yılına kadar, yaklaşık 5,5- 6.0 milyon kişilik bir kalıcı yerleşik nüfus yaratabilecektir.

Antalya'da ilçeler düzeyinde kalıcı yerleşik ve mevsimsel toplam nüfus projeksiyonları Şekil 3'te gösterilmektedir [6]. Buna göre, Alanya ve Manavgat ilçelerinin nüfusları merkez ilçeleri, kısmen, geride bırakmaktadır. Antalya ilinin geleceğe yönelik tüm planlamalarında bu nüfus artış potansiyeli de dikkate alınmalıdır.



Şekil 3: Antalya ilçeleri nüfus projeksiyonu sonuçları (2025-2050) [6]

3. ÇEVRESEL ETKİLER

3.1 Yerleşim Alanlarının Genişlemesi

Antalya merkezde ilk yerleşim alanı Kaleiçi bölgesi olmuştur. Yerleşim alanının 1975-2002 yılları arasındaki gelişmesi 2005 yılında yapılan bir lisansüstü tez çalışmasında incelenmiştir (Şekil 4) [7]. Buna göre, 1975 yılı civarında kent yerleşim alanının yüzölçümü 5,58 km² olup, kaydedilen nüfus 130.774 ve nüfus yoğunluğu 23.436 kişi/km² olmuştur. 12 yıl sonra yerleşim alanları Kaleiçi'nin dışına çıkmış, 1987 yılında kent merkezinin yüzölçümü 11,42 km²'ye genişlerken, nüfus iki katından fazla artarak 302.818'e ulaşmıştır. Nüfus yoğunluğunun 26.518 kişi/km²'ye yükselmiş olması yerleşim alanlarının genişlemesinin sınırlı kalmış olmasından

kaynaklanmıştır. 2002 yılında ise kent yüzölçümü, 1987 yılına oranla, 12 kat artarak 137 km²'ye genişlemiştir. Nüfus da iki katından fazla artarak 657.691'e ulaşmıştır. Buna karşın yerleşim alanlarının, bu zaman aralığında ciddi şekilde genişlemiş olması nedeniyle nüfus yoğunluğu 4793 kişi/km²'ye düşmüştür. Antalya 1993 yılında Büyükşehir statüsüne yükseltildikten sonra 2002 yılına kadar olan bu alansal büyüme ve nüfus artışı Antalya'ya olan iç göç hareketinin büyüklüğünü göstermektedir: Genişleme ağırlıklı olarak tarımsal üretim için kullanılan alanların imar durumlarının değiştirilerek imara açılması ile gerçekleşmiştir. Bu süreçte yer altı suyu (YAS) koruma ilkelerinin dikkate alınmaması nedeniyle de kentin içme ve kullanma suyunu karşılayan kaynakların bir kısmı kirleme nedeniyle kullanım dışı kalmıştır.



1975
Yüzölçümü: 5,58 km²
Nüfus: 130.774 kişi
Nüfus yoğunluğu: 23.436 kişi/km²



1987
Yüzölçümü: 11,42 km²
Nüfus: 302.818 kişi
Nüfus yoğunluğu: 26.518 kişi/km



2002
Yüzölçümü: 137 km²
Nüfus: 657.691 kişi
Nüfus yoğunluğu: 4793 kişi/km²

Şekil 4: Antalya kenti yerleşim alanlarının genişlemesi 1987 – 2002 [7]

3.2 İklim Değişikliğinin Etkileri

2016 yılında yayınlanmış olan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Proje Raporu kapsamında Antalya Havzası da incelenmiştir [8]. Raporda 2100

yılına kadar havzadaki sıcaklık ve yağış değişiminin çeşitli modeller bazında projeksiyonları yapılmıştır. Tüm modellerde sıcaklık artışları öngörülmekte ve bunların havzanın denizden uzak iç kesimlerinde daha belirgin olacağı vurgulanmaktadır. Projeksiyon

dönemi boyunca havzadaki sıcaklıkların iyimser senaryo için maksimum 3,3°C ve kötümser senaryo için maksimum 5,6°C artması söz konusudur. Yağışlarda ise referans alınan (1971-2000) döneme göre %27'lere varan azalmalar öngörülmektedir. Model sonuçları havza genelinde değerlendirildiğinde, özellikle 2050 yılı sonrasında belirginleşen ve havzanın özellikle güneyini etkisi altına alan önemli yağış eksikliklerinin yaşanacağı belirtilmektedir [8].

3.3 Su Kaynakları

3.3.1 Su Kullanımı

İçme suyu ihtiyaçları hesaplanırken yerli nüfusa ek olarak yabancı uyruklu yerleşimciler, turizm geçici/mevsimsel nüfus, turizm sektöründe çalışan geçici işçi nüfusu ve tarım sektöründe çalışan geçici işçi nüfusu parametreleri dikkate alınmaktadır.

Antalya ilinde içme ve kullanma suyu ihtiyacı ağırlıklı olarak yeraltı suyu kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu kaynakların büyük bir kısmı, tüketime verilen suların “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” hükümlerine göre arıtmaya ihtiyaç duyulmadan dezenfeksiyon ile şebekelere verilerek halkın kullanımına sunulmaktadır [9].

Su ihtiyaçlarının karşılanmasında yaşanan en büyük sorun içme suyu dağıtım şebekelerindeki fiziki su kayıplarının yüksekliğidir. 2019 yılında toplam fiziki kayıplar %36,12 iken, 2020 yılında %35,3 oranına gerilemiştir. Fiziki kayıplarda en yüksek pay 2020 yılında %34,68 oranı ile temin ve dağıtım hatlarında oluşan kayıplardan kaynaklanmaktadır [6]. Şebekeye verilen su, dağıtımda fiziksel olarak kaybolmaktadır. Bu kayıp oranı, 2020 yılında, özellikle merkez ilçelerde %44 gibi oldukça yüksek bir oranda gerçekleşmiştir. Merkez ilçelerin içme suyu temini aynı kaynaklardan gerçekleşmektedir. Yapılan nüfus projeksiyonlarına göre söz konusu kaynakların merkez ilçelerin içme suyu ihtiyacını, teorik olarak, 2050 yılına kadar karşılaması öngörülmektedir [6]. Ancak iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin “kötümser” senaryo kapsamında gelişmesi

durumunda bu öngörünün ciddi şekilde revizyonu gerekecektir.

Nüfus artış hızının yüksekliğine paralel olarak kaçak-kayıp oranlarının yüksekliği nedeniyle enerji harcanarak su temin edilen sondaj kuyularından beslenen bölgelerde fiziksel kayıplar yüzünden çekilen debi artmakta, bu da yer altı su seviyesini düşürmekte ve kuyu ömrünü etkilemektedir. Kuyuların debisi düştüğünde klasik çözüm olarak yeni bir kuyu açılmaktadır. Yeraltı suyu seviyesi düştüğünden her seferinde açılan kuyunun derinliği artmakta, derinleşen kuyular için daha güçlü ve daha çok elektrik tüketen pompalar kullanılma zorunluluğu doğmaktadır. Bu nedenle hem su kaynakları çok hızlı tüketilmekte hem de elektrik tüketimi artmaktadır.

Tarımsal üretim miktarı yıllık 6 milyon ton ile ülke ihtiyaçlarının karşılanması ve ihracat açısından önemlidir. Bu üretimin gerçekleşebilmesi için Antalya’da su potansiyelinin %70’ten fazlası tarım sektöründe kullanılmaktadır. Yeraltı su kaynaklarının tarımsal sulama amaçlı kullanılmasının sıcaklık artışına paralel olarak artması beklenmelidir. Özellikle kıyısız alanlarda, aşırı su çekimi nedeniyle tuzlu deniz suyunun kara içlerine girişim yapması ve kuyuların tuzlanarak kullanım dışı kalması söz konusu olabilecektir.

3.3.2 Atıksu Üretimi

Antalya ili genelinde yerleşim yerlerinde üretilen atıksuların tamamı atıksu arıtma tesislerinde arıtılmaktadır. Toplam atıksu üretimi hesabı yapılırken, evsel atıksu dönüşüm oranı (%85) ile yağmur suyunun katkısı (%10) kabul edilmektedir [6].

Atıksu altyapı tesislerinin planlanması genellikle 35 yıllık ihtiyaca cevap verecek şekilde yapılmaktadır. Ancak, Antalya’da nüfus artışı ve kırsal kesimlerden kentlere doğru nüfus hareketi çok hızlı olduğundan, ulaşılabilecek kapasitenin tespitinde, yanımlar olabilmekte ve bu sistemlere sık sık ilaveler yapılması veya ekonomik ömrü dolmadan yenilenmesi gerekmektedir. Bu durum, altyapı yatırımlarının tamamlanmasında eksiklikler ve önemli ölçüde kaynak israfı sonucunu doğurmaktadır.

Atıksu arıtma tesislerinde üretilen arıtma çamurlarının bertarafı da nihai olarak çözümlenememiş ve oldukça büyük yatırım maliyetleri gerektiren bir sorun olmaya devam etmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi, yüksek nüfus artışının neden olduğu atıksu üretimindeki artış bu sektörde de yatırım ihtiyacını artırmaktadır.

3.4 Katı Atık Üretimi

Antalya'da kişi başı ortalama evsel katı atık üretimi Türkiye ortalamasının üzerinde olup evsel atıkların toplam miktarının 2025 yılında 2 milyon tona, 2050 yılında ise 3,6 milyon tona ulaşması öngörülmektedir [6].

Katı atık üretimi bölgesel olarak incelendiğinde Kemer (2,27 kg/kişi), Alanya (1,21 kg/kişi) ve Manavgat'ta (1,21 kg/kişi) birim atık üretiminin Türkiye ortalaması olan 1,13 kg/kişi'den yüksek olduğu görülmektedir [6]. Bu olgunun ana nedeninin bu bölgelerdeki yoğun turizm faaliyetleri olduğu düşünülmektedir. TÜİK verilerine göre Antalya'daki birim evsel katı atık üretimi 2001-2018 yılları arasında Türkiye ortalamasının ortalama %30 üstünde gerçekleşmiştir [10].

Nüfus artışı, üretilen katı atık miktarının da artmasına ve bertarafı için daha yüksek yatırımlar yapılmasına neden olmaktadır. Atık miktarının azaltılamaması durumunda katı atık bertarafı, ciddi sorunlara yol açacak potansiyel barındırmaktadır.

Antalya ilinde bulunan katı atık bertaraf tesislerinde oluşan sızıntı sularının bertarafı da önemli bir sorundur. Bunların evsel atıksu arıtma tesislerinde arıtılmaları nedeniyle bu sistemlerin işletilmesinde sorun yaşanabilmektedir.

3.5 Araç Sayısı ve Kent İçi Ulaşım

Antalya ilinde 2022 yılındaki toplam araç sayısı 1.317.564 olarak verilmektedir [11]. Kişi başına düşen araç sayısı Türkiye ortalamasından yaklaşık %60 daha fazladır.

Kent merkezinde özel araç kullanımı yoğundur ve diğer olumsuzlukların yanı sıra hava kirliliğine neden olmaktadır. Zira ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların neden olduğu hava kirliliği özellikle kış aylarında etkin olurken, araçlardan kaynaklanan hava kirliliği tüm yıl etkilidir. Nüfusun hızla artması nedeniyle, ağırlıklı olarak, lastik tekerlekli olarak gerçekleştirilen, toplu taşıma sistemi beklentileri karşılayamamaktadır.

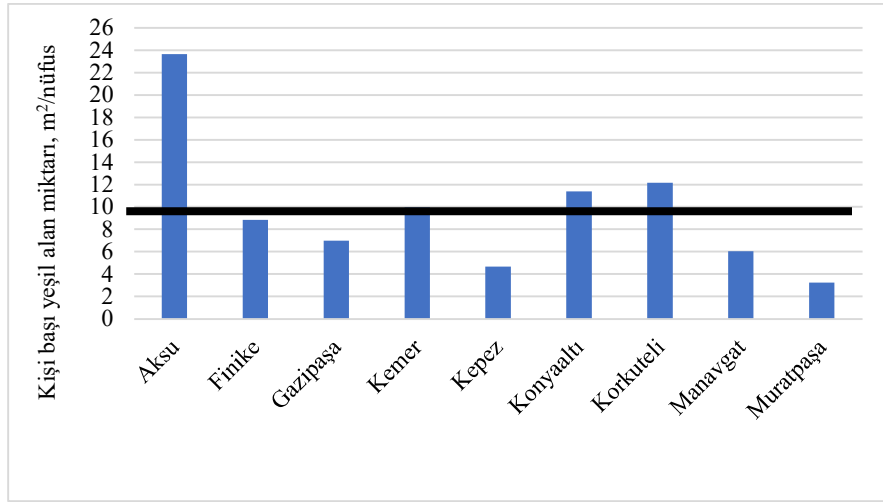
3.6 Yeşil Alanların Yetersizliği

İklim değişikliğine karşı uyum ve direnç gösterilmesinde kentlerdeki yeşil alanlara büyük görev düşmektedir. Kentsel yeşil alanlar aktif ve pasif olmak üzere iki gruba ayrılır. Aktif yeşil alanlar park alanları, çocuk oyun alanları, spor alanlarını içerirken, pasif yeşil alanlar tarım alanları, koru ve fidanlıklar, devlet ormanları, mezarlıklar, askeri alanlar, refüjler, kıyı düzenlemeleri, yeşil kuşak, ağaçlandırılacak alanları kapsar [6].

3194 sayılı İmar Kanunu'nun Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde Türkiye'de kişi başına düşen yeşil alan standardı 10 m² olarak belirlenmiştir [12].

2021 yılında tamamlanmış bir proje raporunda verilen bilgilere göre Antalya ilinin bazı ilçelerinde mevcut olan aktif yeşil alan büyüklüğü Şekil 5'te verilmiştir [6]. Bazı ilçelerde imar planlarında öngörülmüş olan yeşil alanların hayata geçirilmesinde fazla başarılı olunamadığı görülmektedir.

Küresel ısınmanın yerleşim yerlerindeki en önemli etkileri ısı adaları oluşumdur. Kent merkezlerinde yoğun yapılaşma ve çok az yeşil alan olması, ek olarak, tabii hava akımının gerçekleşmemesi nedeniyle gündüz ısınan yapıların geceleri soğuyamaması, tersine depoladıkları ısıyı da etrafa vermeleri nedeniyle, bir, ısı adası sarmalına girilmektedir.



Şekil 5: Antalya ilindeki bazı ilçelerde kişi başı mevcut aktif yeşil alan miktarı, 2020 [6]

Yağmur suyunun yüzey akış ile uzaklaştırılması da kentsel alanlarda su kirliliğinin önemli bir nedenidir. Zira yağmur suyu akışı, kentsel peyzajdan çöp, bakteri, ağır metaller ve diğer kirleticileri taşır. Şiddetli yağışlardan kaynaklanan daha yüksek akışlar ayrıca kentsel drenaj hatlarında taşmaya, erozyona ve sele neden olabilir. Doğa, mülk ve altyapıya zarar verebilir.

Doğal alanlara yağmur yağdığında ise su toprak ve bitkiler tarafından emilir ve süzülür. Yağmur suyu akışı daha temiz ve daha az problemlidir. Yeşil altyapı, suyu yönetmek ve daha sağlıklı kentsel çevreler yaratmak için gereken bazı doğal süreçleri eski haline getirmek için bitki örtüsü, toprak ve diğer unsurları ve uygulamaları kullanır. Şehir veya ilçe ölçeğinde yeşil altyapı; habitat ve taşkın koruması, daha temiz hava ve daha temiz su sağlayan doğal alanların bir araya gelmesidir.

Yağışlı dönemlerde yapıların üstünden toplanan sular caddelere aktarılmakta ve yoğun betonlaşmanın sonucu olarak hızlı şekilde yüzey akışa geçerek, drenaj kanallarına ve denize deşarj edilmektedir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Antalya ilindeki nüfus artışının gelişmesi üzerine çalışılan senaryolarda, nüfusun 2050 yılına kadar iki katına çıkacağı öngörülmektedir [6]. Antalya yerleşim yeri olarak, ülke çapında, cazibesi yüksek bir kenttir. Bu nedenle iç ve dış göç hareketinin sonlanması fazla

Yeşil alanların eksikliği burada da devreye girmekte ve yüzey akışının geciktirilerek suyun yeraltına sızdırılması işleminde başarılı olunamamaktadır.

Bu şekilde yeraltı su kaynaklarının beslenmesi azalırken, kıyı bölgelerindeki tarımsal alanlarda yeraltı su kaynaklarından çekilen sular ile sulama yapılması, yeraltı suyu seviyesinin düşmesine ve bunun sonucunda ise deniz suyunun kara içine nüfuz etmesine ve kuyuların tuzlanarak kullanım dışı kalmalarına neden olacaktır.

Bu durumda mevcut sulama uygulamasına devam edilmesi durumunda gerçi tuzlanan kuyular devre dışı kalacak ancak deniz kıyısından daha uzak olup, tuzlanmayan az sayıda kaynaktan daha fazla su çekimi söz konusu olacaktır ki bu da tüm bölge tarımını tehlikeye atmak ile eşdeğerdir.

Kentlerde yaşadığımız bu sorunların “yeşil alt yapı” bileşenleri oluşturularak azaltılması / kontrol altında tutulması mümkündür.

mümkün görülmemektedir. Bu çalışmada nüfus artışında değişiklik olmayacağı ve 2050 yılında Antalya nüfusunun yaklaşık iki misli artacağı varsayımından hareket edilmiştir.

Nüfus artışının neden olduğu çevresel bozulmalar, kaynakların aşırı kullanımı ve kapasitelerde artış

gerekliliği gibi konulara yukarıda değinilmiştir. Artan ihtiyaçların karşılanması tabiatıyla esastır. Ancak sŸrdŸrŸlebilirlik kapsamında doğal değişikliklere uyum sağlanması ile paralel olarak etkilerin azaltılmasına yŸnelik çalışmalar yapılması da önem taşımaktadır. Bu olumsuzluklar ile mŸcadele edebilmek için karbon emisyonlarının azaltılarak iklim değişikliği ile uzun vadeli mŸcadele zorunludur. Bunun yanı sıra sorunların her yıl artacağı ngrŸsŸnden hareketle gŸnlŸk yaşamımızda uyum sağlayabilmemiz için de önlemler alınması gerekmektedir. Bu amaçla kentsel yaşam kapsamında, sŸratlı bir Ÿekilde, Antalya'nın iklim değişikliğine uyum planı hazırlanarak kısa ve orta vadeli planlamalar yapılmalı ve uygulamaya konmalıdır.

İklim değişikliği ile mŸcadele kapsamında ise, kŸresel ısınmaya neden olan ve hem doğal sŸreler hem de insani faaliyetler aracılığıyla salınan sera gazı emisyonlarının azaltılması önceliklidir. Sera gazı oluşmasına neden olan bazı faaliyetler Ÿyle zetlenebilir:

- Fosil yakıtların yakılması (CO₂): Elektrik ve ısı Ÿretimi, ulaşım, endŸstri ve evlerde kullanım
- Tarım (CH₄) ve ormansızlaşma (CO₂) gibi arazi kullanımı değişiklikleri
- Atıkların araziye doldurulması (CH₄).

İl genelinde uygulanacak politikalar ile bu faaliyetlerin önlenmesi / kısıtlanmasının kısa-orta vadede mŸmkŸn olabileceği dŸřŸnŸlmektedir.

4.1 Yeşil Altyapı

İklim değişikliğinin sonuçları ile kent dŸzeyinde mŸcadele ve uyum için önemli bir adım "Yeşil Altyapı" yaklaşımının bir an önce hayata geçirilmesine başlanmasıdır. Yeşil altyapı, birçok toplum yararı sağlayan yağışlı ve sıcak hava etkilerini yönetmeye yönelik uygun maliyetli, esnek bir yaklaşımdır.

Yeşil altyapının en önemli özellikleri; *yağmur suyu akışının kontrolŸ, yağmur suyu kirliliğinin azaltılması, sel tehdidinin azaltılması, su rezervlerinin beslenmesinde artış, ortam sıcaklığının azaltılması ve hava kalitesinin iyileştirilmesi* olarak

zetlenebilir. Bu önlemlerin en önemli sonuçları, *sağlık yararları* ile doğal ve kentsel *yaşam kalitesinde iyileştirmeler* olacaktır.

Kentsel yaşam için hayati önem taşıyan yeşil alt yapının bileşenleri; *yağmur suyu toplama, yağmur bahçeleri, bitki yağmur hendeği, kentsel ağaç gölgelikler, geçirgen kaldırım, yeşil otoparklar ve yeşil sokaklar* uygulamalarıdır [13,14].

İklim değişikliği ile uyum sağlanması, mŸcadele edilmesi ve olumsuzlukların azaltılabilmesi (ısı adası oluşumunun önlenmesi, yağmur sularının yŸzey akışa geçmesinin geciktirilmesi ve yeraltına sızmasının teşvik edilmesi vs.) için yerleşim yerlerindeki yeşil alanların artırılmasının zorunlu olduğu dŸřŸnŸlmektedir.

Su kaynaklarının korunması açısından yeşil alanlar bŸyŸk role sahiptir. Ancak Antalya'da yasal ngrŸlen yeşil alan miktarına ulaşılamamış ilçeler çoğunluktur. Kent içindeki yeşil alanların mutlaka en az yasal ngrŸlen seviyede gerçekleştirilmesi, aktif yeşil alanların sayısının artırılması ve ilçelerdeki dağılımların homojen hale getirilmesi ynŸnde kısa vadede çalışma yapılmalıdır.

Bu yeşil alanlar içerisinde ticari faaliyetlere izin verilmemesi ve aktif yeşil alan miktarının azaltılmaması da ayrıca önem taşımaktadır.

Binalarda yeşil çatı uygulamaları ise ısı adaları ile mŸcadelede de etkilidir [14]. Bu konuda farklı ilçelerde örnek uygulamalar yapılması önerilmektedir.

Caddelerde orta refŸjilerde bulunan ağaçlar araçlardan kaynaklanan hava kirlenmesinin kontrolŸ vs. açısından önem taşımaktadır. Antalya kent merkezinde orta refŸjilerde çok kullanılan yaprak dökmeyen ağaçlar veya palmiyeler yerine kışın yaprak döken, yerel Ÿartlara uygun ağaçlandırma yapılması ile hem yazın gölgelendirme gerçekleşebilecek hem de kış aylarında yaprakların dkŸlmesi sonucu egzoz gazlarının dağılmasına olanak sağlanacaktır.

Özetlenen bu yararlarından dolayı yeşil alanların imar değişiklikleri ile yerleşim yerlerine kesinlikle

dönüştürülmemesi gerekmektedir. Antalya kent merkezinde imara açılması planlanan Kırçami bölgesinde mutlak surette aktif yeşil alanların oluşturulması ve korunması gerekmektedir. Bunun yanı sıra kent merkezlerindeki eski mahallelerde halen yık-yap türü yapılan kentsel dönüşüme son verilmeli ve daha zorlu bir süreç olmasına rağmen, ilgili mevzuatın ruhunda olan bölgesel dönüşüm yapılarak mahalle aralarında yeni yeşil alanlar yaratılmalıdır.

4.2 Su Kullanımı

Antalya'nın içme ve kullanma suyu ihtiyacının büyük oranda karşılandığı yeraltı su kaynaklarının kirlenmeden korunması, alınabilecek önlemler arasında en sürdürülebilir olanıdır. Bu amaçla yeraltı su kaynakları ile doğrudan ilişkili olan düdenler etrafında oluşturulmuş olan koruma alanlarının gözden geçirilmesi ve bu bölgelerde kirliliğe neden olacak her türlü faaliyetin yasaklanması önemlidir.

Yeraltı sularının en büyük tüketicisi tarım sektörüdür. Belirtildiği gibi Antalya'da gerçekleşen tarımsal üretim yıllık 6 milyon tondan fazladır. Genellikle yeraltı su kaynaklarından temin edilen suların kullanıldığı tarımsal üretimde, mutlak surette, su tüketimi az olan bitkilere öncelik verilerek, sulamada yeni ve su tasarruflu teknolojilerin "kısa" vadede hayata geçirilmesi gerekmektedir. Kuraklık riski ve terfili sistem ile temin edilen suyun enerji maliyeti gibi hususlar dikkate alınarak alternatif yüzey suyu kaynaklarına geçiş yapılması yeraltı suyunun korunması açısından önemlidir. Sera uygulamalarında topraksız tarım, tercihen katlı topraksız tarım uygulamaları da "kısa" vadede hayata geçirilmelidir. Böylelikle suni gübre ve kimyasal tarım ilacı kullanımı ve su kullanımı en aza indirilmiş ve verim artırılmış olacaktır. Kısa vadede seralarda yağmur suyu hasadı yapılarak tarımsal üretimin su ihtiyacının karşılanması da sağlanabilecektir.

Aynı zamanda içme suyu kayıp-kaçak oranlarının süratle azaltılarak Orta Avrupa ülkeleri seviyesine getirilmesi ve gündemden çıkartılması gerekmektedir.

4.3 Atıksuların Yeniden Kullanılması

Antalya İlinde üretilen atıksuların büyük kısmı arıtılmaktadır. Faaliyette bulunan atıksu arıtma tesislerinde arıtılan sular işe alıcı ortamlara deşarj edilmektedir. Korkuteli örneğinde olduğu gibi arıtılmış atıksuların özellikle sulama amaçlı tekrar kullanılması imkanları araştırılarak, bu seçenek mutlaka, kısa-orta vadede tüm arıtma tesislerini kapsayacak şekilde, hayata geçirilmelidir.

4.4 Katı Atık Üretimi

Üretilen evsel katı atıklar önce sokakta, çöp konteynerlerinde, sonra bertaraf tesislerinde ayrıştırılmakta ve geri dönüştürülebilir maddeler ayrılmaya çalışılmaktadır. Ancak sürdürülebilir katı atık yönetim sisteminin en önemli bileşeni "kaynağında azaltmak" olarak belirtilmiştir. Bu nedenle kontrolsüz üretilen atıkların yönetimi yerine kaynağında daha az atık üretilmesi teşvik edilmelidir. Bunun da tek yolu "kırleten-öder" prensibinin yerleştirilmesidir. Bu amaçla öncelikli olarak sokaklarda bulunan atık konteynerlerinin kaldırılarak parsel içlerine yerleştirilmesi, ikili toplama sitemine geçilmesi ve konutlardan ürettikleri atık kadar bedel alınması aşamasına geçilmelidir. Bu şekilde üretilen atık miktarı azaltılacak, geri kazanım işlemi daha verimli gerçekleşecek, geri dönüştürülebilir maddeler daha temiz olarak elde edilecek, ayrı toplanacak ve organik atıklardan kompost gibi daha verimli ürün elde edilecektir. Böylelikle katı atık depolama tesislerindeki kapasitenin de daha verimli kullanılması söz konusu olacaktır.

4.5 Kent İçi Ulaşım

Türkiye'de araç sayısı en yüksek olan iller arasında bulunan Antalya'da kent içi ulaşım sorunu ciddi boyutlara ulaşmıştır. Geçmiş dönemlerde farklı önlemler alınmasına rağmen, lastik tekerlekli ulaşım öncelik verilmesinden dolayı, bu önlemlerin etkileri uzun vadeli olamamıştır. Bu kapsamda halen yürütülmekte olan raylı sistem genişletilme çalışmalarına hız verilmeli ve yapılan tüm çalışmalarda vurgulandığı gibi, doğu-batı ve kuzey-güney eksenlerindeki ulaşım da raylı sistem devreye alınmalıdır.

Antalya ilçelerinin özelliklerini yansıtan merkezi bölgelerinde, motorlu taşıt trafiğinden arındırılarak yayalaştırma yapılmalıdır. Böylelikle kent merkezlerinde hava kirliliğinin azaltılması ve hayat kalitesinin de artırılması sağlanabilecektir.

Sonuç olarak, sahip olduğu doğal ve tarihi özelliklerden dolayı ulusal ve uluslararası arenada yüksek cazibeye sahip olan Antalya'da, nüfus artışı ile eş zamanlı, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin sonucu olarak yakın gelecekte, daha ciddi çevresel sorunlar ile karşılaşılması söz konusudur. Bu olumsuzlukların etkilerinin azaltılması ve yerleşim yerlerinin iklim değişikliği ile mücadele gücünün artırılabilmesi için kısa, orta ve uzun vadeli uyum ve mücadele planlamaları yapılması ve bunların, siyasal gelişmelerden bağımsız olarak uzun süreli ve tavizsiz uygulamaya koyulması hayati öneme sahiptir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Yüzbaşı, E. (2020), 1927-1950 Yılları Arasında Antalya'nın Nüfusu ve Demografik Yapısı. Uluslararası Tarih Araştırmaları Dergisi, 4 (2), 123-150. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/utad/issue/58897/832499>
- [2] Nüfus – Demografi, T.C. Antalya Valiliği, <http://www.antalya.gov.tr/nufus> (Erişim Tarihi: 11 Kasım 2023)
- [3] TÜİK, 2022. Uluslararası Göç İstatistikleri 2022.
- [4] Demir, E. (2022), Antalya'nın Nüfusu ve Sosyal Özellikleri Üzerine Bir Değerlendirme. Turkish Academic Research Review, 7 (1), 75-96. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tarr/issue/68995/1054170>
- [5] TÜİK, 2022. Nüfus İstatistikleri 2022.
- [6] İlbank, 2021. Sürdürülebilir Şehirler Projesi, 2021. Antalya İli Entegre Kentsel Su Yönetimi Planı.
- [7] Yıldırım, M., Topkaya, B., 2006. Determining Pollution Potential of Groundwater Resources in Antalya City. Fresenius Environmental Bulletin. Vol. 15. No 7.
- [8] Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2016. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi. Proje Nihai Raporu Ek 11 – Antalya Havzası. https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/iklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/Iklim_Nihai_Rapor_Antalya_Ek_11_REV_nihai.pdf (Erişim Tarihi: 11 Kasım 2023)
- [9] Sağlık Bakanlığı. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik Resmî Gazete 17.02.2005. No 25730
- [10] TÜİK, 2021. Atık İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198> (Erişim Tarihi: 11 Kasım 2023)
- [11] TÜİK, 2022. Motorlu kara taşıtları. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ocak-2022-45704> (Erişim Tarihi: 11 Kasım 2023)
- [12] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği. Resmî Gazete, 1.6.2014. Sayı:29030
- [13] Denchak, M. (2019) Green Infrastructure: How to Manage Water in a Sustainable Way. <https://www.nrdc.org/stories/green-infrastructure-how-manage-water-sustainable-way> (Erişim Tarihi: 11 Kasım 2023)
- [14] Hepcan, Ç. (2019). Kentlerde iklim değişikliği ile mücadele için yeşil altyapı çözümleri. İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 12.

Göç Kaynaklı Nüfus Artışının Elektriksel Alt Yapıda Oluşturduğu Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Selçuk Çömlekçi¹

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Süleyman Demirel Üniversitesi
selcukcomlekci@sdu.edu.tr

Özet

Göç, enerji kesintilerine ciddi şekilde etki edebilen bir faktördür. Göç, enerji üretim ve dağıtım sistemlerini etkileyen dışsal bir faktördür. Elektrik enerjisi sorunları, genellikle enerji altyapısının yetersizliği veya dış etkenlerin neden olduğu kesintiler olarak tanımlanır. Göç, enerji altyapısının zayıflıklarını gün yüzüne çıkarır. Örneğin, eski transformatör istasyonları veya yetersiz iletim hatları gibi altyapı eksiklikleri, göç durumunda daha belirgin hale gelir. Göç anında, genellikle talep birden artar. Enerji ağı, bu aşırı talebi karşılayacak kapasitede olmayabilir. Bu durum, ağın çökmesine veya kesintilere neden olabilir. Enerji kesintilerinin ekonomik kayıplara neden olduğu unutulmamalıdır. Sanayi, ticaret ve hane halkı aktiviteleri bu kesintilerden ciddi şekilde etkilenebilir. Ayrıca, acil durum hizmetleri ve sağlık hizmetleri de bu tür kesintilerden olumsuz etkilenebilir. Göçün neden olduğu elektrik enerjisi sorunları, ciddi sonuçlara yol açabilir. Ancak, işbirliği ve yatırım ile bu sorunları aşmak mümkündür. Enerji altyapısının güçlendirilmesi ve modernizasyonu, bu sorunların çözümünde önemlidir.

1. GİRİŞ

Türkiye'nin Enerji Görünümü 2022 Oda Raporu, 9 bölüm ve 22 makalede ayrıntılı olarak açıklanan enerji gerçekleri ışığında neden başka ve demokratik bir enerji programının gerektiğini açık bir şekilde göstermektedir [1]. Hızlı nüfus artışı, gelişmekte olan ülkelerde kaynakların yetmemesine, kalkınma hızlarının yavaşlamasına, ekonomik ve sosyal sorunların artmasına neden olmaktadır. Gelişmiş ülkeler ise, bu artışın dünyanın sosyo-ekonomik dengelerini ve istikrarını bozabileceği endişesini taşımaktadırlar [2]. Dünya Enerji Konseyi 1 Kasım 2021 tarihli raporunda "İklim Değişikliği Ulusal Güvenliğe Kadar Uzanan Tehditler Oluşturuyor" isimli alt başlık altında "... İnsanlar iklim kaynaklı istikrarsızlıktan kaçmasıyla birlikte artan yerinden edilme ve göç tehdidi altındadır..." demektedir [3]. Ekim sonunda gerçekleştirilen TMMOB

Mardin Kent Sempozyumunda kent ve enerji hakkında yapılan sunumlarda enerji talebinin karşılanmasında beklenmeyen nüfus artışının altyapıya olası zararları tartışılmıştır. Anlaşılmaktadır ki; öngörülemeyen enerji talebi kentin ihtiyacı olan enerji arzında kalite düşmeleri yaratmaktadır [4]. Tüm dünyayı etkileyen COVID-19 pandemisi yüzünden uzmanlara göre enerji piyasası son 70 yılın en kötü dönemini yaşamıştır. Bu süreçte petrol ithalatçısı ülkeler ve şirketler ucuz fiyattan petrol stoklamaktayken, petrol ihracatçısı şirketler arz fazlasını stoklayarak zararlarını azaltmaya ve fiyatı artırmayı denemektedirler. Öte yandan, konuyu çevre açısından ele aldığımızda enerji piyasası büyük bir krizin içinde olması ve virüs kaynaklı kısıtlamalardan azalan enerji tüketimi neticesinde bu süreçte çevreye zarar veren sera gazı, karbon monoksit gibi etmelerde büyük düşüş olmuştur [5]. Cumhuriyet tarihinde 4 büyük göç itkisi meydana gelmiştir.

Söz konusu göç hareketlerinin zamanlamalı ve nitelikli nispi değişimleri olmasına rağmen öte yandan genel olarak ise ilk olarak kırdan kasaba, nahiye, ilçe merkezine, bilahare il ve ilçe merkezlerinden yöresel çekim alanlarına, oradan bölge odaklarına, son olarak da İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa,

Tekirdağ, Adana, Aydın, Balıkesir, Muğla, Mersin, Kocaeli, Konya, Gaziantep, Antalya, Samsun, Hatay ve Manisa gibi büyükşehirlerle bir göç doğrultusu meydana gelmiştir. Bu ise; kimi şehirlerde dengesiz nüfus dağılımı, kimi şehirlerde insansızlaşma gibi sonuçlar vermekte, çeşitli sebeplerle göçte tercih sebebi haline gelen şehir ise bütün bu dalgayı yönetememekte, plansızlık ve entegrasyon eksikliği gibi nedenlerle şehir taşıdığı insan yükü oranında sanayileşme, kültürlenme, şehirleşme ve şehirlilik

gerçekleştirememektedir [6].

2. AŞIRI YÜKLENME VE GÖÇ

Göç anında, genellikle talep birden artar. Enerji ağı, bu aşırı talebi karşılayacak kapasitede olmayabilir. Bu durum, ağın çökmesine veya kesintilere neden olabilir.

2.1. Doğal Afetler

- Doğal afetler, enerji altyapısına ciddi zararlar verebilir.
- Fırtınalar hatları devirebilir, depremler transformatör istasyonlarını etkileyebilir.
- Sel felaketleri alt yapıyı sular altında bırakabilir.
- Ön görülemeyen enerji talebini karşılamak için planlama dışı fosil yakıtların kullanımı artarken bölgesel ve dünya ölçeğinde ısınma sorununa etkiler oluşur.

2.2. Planlama ve Yönetim Hataları

Enerji dağıtımındaki hatalar, göç sırasında daha belirgin hale gelebilir. Örneğin, talebin yanlış tahmin edilmesi veya bakım programlarının yetersiz olması, kesinti riskini artırabilir.



Şekil 1: Enerji yönetimi [7].

Şekil 1’de olası bir enerji yönetiminin piramiti görülmektedir. Göç bu piramitin planlama katmanlarını alt üst etmektedir. Çünkü öngörülemeyen yakın zaman planlaması arz/talep dengelerini bozabilmektedir.

2.3. Enerji Sorunlarının Sonuçları

Enerji kesintilerinin ekonomik kayıplara neden olduğu unutulmamalıdır. Sanayi, ticaret ve hane halkı aktiviteleri bu kesintilerden ciddi şekilde etkilenebilir. Ayrıca, acil durum hizmetleri ve sağlık hizmetleri de bu tür kesintilerden olumsuz etkilenebilir.

2.4. Çözüm Yolları

1-Altyapının modernizasyonu ve bakımı, kesintilerin azaltılmasında önemli bir adımdır. Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji üretiminin çeşitlendirilmesini sağlar ve çevresel etkileri azaltır. Akıllı ağlar ve enerji depolama çözümleri, enerji akışının daha iyi yönetilmesine yardımcı olabilir.

2- Dünya genelinde birçok başarılı enerji altyapısı projesi bulunmaktadır. Örneğin, [Örnek Projeler] gibi projeler, altyapının modernize edilmesi ve sürdürülebilirliğin artırılması için iyi örneklerdir.

3- Altyapı İyileştirilmesi: Enerji şebekesi ve altyapısının modernize edilmesi, kapasitenin artırılması ve bakımın düzenli yapılması önemlidir.

4- Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Rüzgar, güneş, hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yaygın kullanılması enerji kesintilerini azaltabilir.

5- Akıllı Ağlar (Smart Grids): Akıllı ağlar, enerjinin daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayarak kesinti süresini azaltabilir.

6- Enerji Depolama Çözümleri: Büyük ölçekli enerji depolama sistemleri, enerjiyi depolayarak ihtiyaç anında kullanılmasını sağlayabilir.

7- Doğal Afetlere Hazırlık: Enerji altyapısını doğal afetlere karşı güçlendirmek ve acil durum planları oluşturmak önemlidir.

3. SONUÇLAR

Göçün neden olduğu elektrik enerjisi sorunları, ciddi sonuçlara yol açabilir. Ancak, işbirliği ve yatırım ile bu sorunları aşmak mümkündür. Enerji altyapısının güçlendirilmesi ve modernizasyonu, bu sorunların çözümünde önemlidir.

Göçten kaynaklanan sorunların çözümü için genellikle devletler, enerji şirketleri, teknoloji firmaları ve toplumun bir arada çalışması önemlidir. Bu sorunların çözümü, sürdürülebilir, güvenilir ve erişilebilir bir enerji altyapısının oluşturulmasını gerektirir.

4. KAYNAKLAR

[1]<https://www.mmo.org.tr/kitaplar/turkiyenin-enerji-gorunumu-2022>

[2]<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/863913>

[3]<https://dunyaenerji.org.tr/?s=g%C3%B6%C3%A7>

[4] <http://www.tmmob.org.tr/icerik/tmmob-mardin-kent-sempozyumu-gerceklestirildi>

[5] <https://www.tuicakademi.org/covid-19u-yerel-kaynaklarindan-calismak-goc-ve-enerji-politikalari/>

[6]<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1430631>

[7] <https://www.lean.org.tr/yalin-enerji-yonetim-sistemi-2/>

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinden öğrendiklerimiz: Antalya ve çevresinde olabilecek depremlerin olası etkileri

Fuat ERKÜL¹

¹Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
Akdeniz Üniversitesi
fuaterkul@akdeniz.edu.tr

Özet

Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde onbir ili etkileyen ve on binlerce binanın hasar görmesine neden olan 06.02.2023 tarihli depremler, Türkiye ve çevresindeki en ölümcül doğal afet olarak kayıtlara geçmiştir. Sırasıyla Türkiye saati ile 04:17 ve 13:24'de, 7.7 ve 7.6 büyüklüğünde meydana gelen sığ odaklı iki deprem, yaygın yüzey kırıklarının oluşumuna neden olmuştur. İlk depremin sismik kayıtları, ana şokun Kahramanmaraş'ta olduğunu işaret etmektedir ve yüzey kırıkları yaklaşık 270 km'lik bir hat boyunca gözlenmiştir. İkinci depremin neden olduğu yüzey kırıkları Göksun çevresinde en az 100 km uzanım sunmaktadır [1]. Anadolu, Arap ve Afrika levhalarının kesişimindeki sol yönlü doğrultu atımlı fay sistemleri ile ilişkili bu depremlerin diğer büyük depremler ile karşılaştırıldığında yüksek şiddete sahip olduğu ve bu nedenle yıkıcı etkisinin fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca, bu derecede büyük iki depremin dokuz saat gibi kısa bir sürede birbirini izlemiş olması nedeniyle nadir gerçekleşen bir olay olduğu değerlendirilmiştir. Kırıkhan'dan başlayarak Adıyaman'a kadar birbirini izleyen yüzey kırık parçaları ve çevresinde ağır hasara uğramış yapılar gözlenirken, deprem odak noktalarından 20 km uzakta İskenderun merkez, 34 km uzaktaki Hatay şehir merkezi ve 15 km uzaktaki Kahramanmaraş şehir merkezinde de yapılar yıkılmış ve hasar almıştır. Yüzey kırığının uzağındaki yapıların ağır hasar almasındaki sebebin başlıca düşük yapı kalitesi olmakla birlikte, depremin şiddetini arttıran zemin büyütmesinin de önemli bir doğal yıkıcı faktör olduğu görülmektedir. Antalya şehir merkezinden geçen aktif fay bulunmamaktadır. Ancak, antik kentlerde gözlenen deprem ile ilişkili hasarlar, tarihsel kayıtlar ve aletsel dönemde elde edilen veriler, Antalya çevresinde 6'dan daha büyük depremler üretme potansiyeli bulunan aktif fayların başta Kıbrıs yayının kuzeybatısında, Antalya kuzeyinde ve batısında yer aldığını işaret etmektedir. Bu kapsamda, aktif fayların bulunmadığı alanlarda da depremin yıkıcı hasarlara neden olabileceği ve bu nedenle Antalya çevresinde başta zemin büyütmesinin etkin olduğu zeminler olmak üzere tüm zeminlerde yönetmeliklere uygun yüksek kalitede yapıların üretilmesi gereklidir.

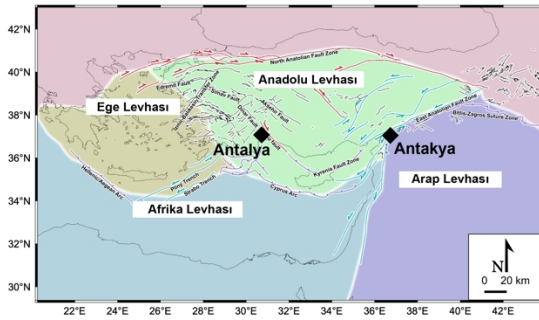
1. GİRİŞ

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde meydana gelen depremler sonucunda Türkiye ve Suriye'de resmi rakamlara göre en az 58 bin kişi hayatını kaybetmiş ve toplamda 120 binden fazla kişi yaralanmıştır. Yapı İşleri Genel Müdürlüğü'nün 12 Haziran 2023 tarihli Kahramanmaraş, Hatay, Adıyaman, Gaziantep, Malatya, Kilis, Diyarbakır, Adana, Osmaniye, Şanlıurfa ve Elazığ illerini kapsayan incelemesinde yaklaşık 670 bin binanın az ve orta hasarlı, 200 bin binanın ağır hasarlı, 39 bin binanın yıkık ve 21 bin binanın acil yıkılması gerektiği kaydedilmiştir [2]. Binaların yanısıra birçok mühendislik yapısı da hasar görmüştür. Depremlerin şiddeti genel olarak depremin büyüklüğü, odak derinliği, yerleşimin deprem odak noktasına olan uzaklığı, topoğrafya, zemin tipi ve deprem süresi gibi doğal süreçlerle kontrol edilir. Ayrıca depremin şiddetinde, yapı kalitesi ve depremin olduğu alandaki nüfus yoğunluğu gibi yapılaşmaya bağlı süreçler de önemli faktörleri oluşturmaktadır. Bu çalışmada, 6 Şubat depremlerinde kırılan Kırıkhan'dan Adıyaman'a kadar uzanan 270 km'lik fay hattı üzerindeki hasarın nedenleri ve Antalya çevresinde oluşabilecek olası bir deprem sonrasında doğal ve insana bağlı hangi faktörlerin hasarın oluşmasında etkin olabileceği değerlendirilmiştir.

2. BULGULAR

2.1. Kahramanmaraş depremi ile ilgili değerlendirmeler

Anadolu, Arap ve Afrika levhalarının kesişimindeki sol yönlü doğrultu atımlı fay sistemlerinden olan Doğu Anadolu Fay Zonuna ait Amanos, Türkoğlu, Pazarcık ve Gölbaşı segmentleri boyunca yüzey kırıkları gelişmiştir (Şekil 1). Yüzey kırıklarının yanıl atım miktarı güneybatıdan kuzeydoğuya doğru artmakta olup en fazla yanıl atım 6.8 metre olarak kaydedilmiştir.



Şekil 1: Antakya ve Doğu Anadolu Fay Zonu ile Antalya'nın tektonik konumunu gösteren jeoloji haritası.

Yüzey kırıkları, Kırıkhan, Hassa, Nurdağı, Türkoğlu, Kahramanmaraş, Pazarcık ve Gölbaşı hattı boyunca izlenir. Kırıkhan'da, fay hattı üzerinde düzlemsel ötelenmeler, şev kaymaları ve yumuşak kat deformasyonları izlenmektedir (Şekil2). Hassa'da, şev kayması, binaların yüzey kırığı boyunca ötelenmesi, kaya düşmeleri ve yapılarda burkulmalar izlenmiştir (Şekil 3). Nurdağı'nda, Pazarcık ve Gölbaşı'nda yüzey kırığı boyunca yol ötelenmeleri ve rezonans etkisiyle bina hasarı yaygındır. Yüzey kırığından 15 km uzaktaki ve gevşek malzemesi üzerinde yer alan Kahramanmaraş şehir merkezinde, binalarda rezonansa bağlı burkulmalar sonucu hasarlar oluşmuştur.

Yüzey kırıklarının yer aldığı hat boyunca ve düzlük kesimlerde çek ayır yapıları ve basınç sırtlarının yanısıra göllenmeler ve su çıkışlarının yer aldığı izlenmiştir. Bu veriler, zemin sıvılaşmasının bölgede çok yaygın olduğunu işaret etmektedir.

Yüzey kırıklarından 20 km uzakta İskenderun merkezi, 34 km uzaktaki Hatay şehir merkezi ve

15 km uzaktaki Kahramanmaraş şehir merkezinde yapılar önemli derecede hasara uğramışlardır.

Hatta Hatay şehir merkezinde binaların en büyük hasarı aldığı söylenebilir. Hatay çevresinde rezonans ve burkulmaya bağlı olarak binalarda ciddi hasar ve yıkılma, sıvılaşmaya bağlı binalarda yatma ve devrilme ve dağlık kesimlerde kaya düşmelerine bağlı yapılarda deformasyon gözlenmiştir. Ayrıca, yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu düzlüklerde yanıl yerdeğıştirmeler yaygın olarak izlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 2: Kırıkhan'da yüzey kırığı tarafından ötelenen yapıdaki sınırlı deformasyon. Fayın altından geçtiği bina orta hasarlıdır.



Şekil 3: Hassa çevresinde deprem sonrası oluşan kaya düşmeleri.



Şekil 4: Hatay şehir merkezi kuzeydoğusunda Asi nehri kollarında yer alan alüvyal düzlüklerde sınılaşma ve yanar yer değıştirmeye bağılı geniş alanlarda görülen deformasyon.

Deprem odağıının uzağıında ve yüzey kırığıının bulunmadığı İskenderun'da ise mühendislik yapılarındaki deformasyon, zemin sınılaşması, düşük yapı kalitesine bağılı burkulmalar şeklinde görülmektedir. Yıkımın ve ağır hasarın en fazla alüvyal zeminlerde gerçekleştiğı izlenmiştir.

2.2. Olası Antalya depremi ile ilgili değıerlendirmeler

Antalya ili, Kıbrıs yayı kuzeyinde aktif faylar ile çevrelenir. Karada ve denizde uzantıları olan fayların bazıları aletsel dönemde 6'ten büyük depremler üretmiştir. En önemli aktif faylar, Fethiye-Burdur fay zonu, Aksu fay zonu, Antalya fay zonu ve Hellenik - Kıbrıs yayı ile ilişkili Pliny ve Strabo faylarıdır. Tarihsel depremler ve beraberinde meydana gelen heyelanlar Antalya çevresindeki birçok antik kentin felaketini sonuçlamıştır. Bu antik kentlerden bazıları, Burdur, Kekova, Kaş ve Demre çevresinde yer almaktadır.

Antalya şehir merkezinden geçen aktif fay bulunmamaktadır. Ancak, büyük deprem üretme potansiyeli bulunan aktif fayların başta Kıbrıs yayınının kuzeybatısında, Antalya kuzeyinde ve batısında yer aldığı görülmektedir. Ayrıca, Antalya çevresinde sarp topoğrafyaya bağılı olarak orta ve büyük ölçekli depremlerle heyelanların oluşabileceğı sahalarnın varlığı bilinmektedir (Şekil 5).



Şekil 5: Antalya sahil kesimlerinde yer alan falezlerde yarı duraylı tufa bloğı.

3. SONUÇLAR

Yüzey kırığıının uzağıındaki yapıların ağır hasar almasındaki sebebin başlıca düşük yapı kalitesi olmakla birlikte zemin büyütmesi ve sınılaşması depremin şiddetini arttıran önemli parametrelerdir. Bu kapsamda, aktif fayların bulunmadığı alanlarda da depremin yıkıcı hasarlara neden olabileceğı ve bu nedenle Antalya çevresinde başta zemin büyütmesinin etkin olduğı zeminler olmak üzere tüm zeminlerde yönetmeliklere uygun yüksek kalitede yapıların üretilmesi gereklidir.

4. KAYNAKLAR

- [1] Pultarova, Tereza (10 Şubat 2023). "Turkey earthquake opened 190-mile-long fissure, satellite images show". Space.com.
- [2] İncir, A., Alel, J., Kocaman, C., Bayülke, N., Doğan, A., 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonucu oluşan yapısal hasarlara ilişkin gözlem ve değıerlendirme raporu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Oda yayın no: İMO/23/03, Ankara.

Antalya ve Yakın Çevresinin Depremselliği

Doç.Dr.Volkan Özaksoy

Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü 07058 Konyaaltı Antalya TÜRKİYE

Özet

Anadolu Plakası ve yakın çevresi dünyanın en aktif sismik kuşaklarından birisinde yer almaktadır. Bunun en önemli kanıtı ise gerek tarihsel kayıtlarda geçen gerekse aletsel dönemde meydana gelmiş olan depremlerdir. Antalya ve yakın çevresinde yıkıcı depremlerin ve tsunamiyi tarif eden olayların varlığını tarihsel kayıtlardan anlamaktayız. Ancak bu kayıtlar incelendiğinde Antalya ili içerisinde yüzey yırtılması ile sonuçlanan bir depreme de rastlanılmamaktadır. Bunun anlamı bugün Antalya'da varlığı bilinen Aksu ve Antalya faylarının yüzey kırığı oluşturacak kadar büyük bir deprem oluşturmamasıdır. Bu nedenle görünen odur ki, Antalya'da yıkıma neden olan depremler il merkezinden uzakta olan faylardan kaynaklanmış gibi görünmektedir. Bu nedenle olayları Antalya özelinde değil bölgesel ölçekte değerlendirmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritasına göre bölgede büyük bir depreme neden olabilecek faylar, Antalya'nın kuzeyinde yer alan Burdur Graben Sistemini oluşturan faylar (Burdur Fayı ve segmentleri ile Karakent Fayı), Isparta ve yakınlarında yer alan Davraz, Kovada gibi aktif faylardır. Antalya batısında ise Kekova ve Kale fayları yer almaktadır. Bunlardan Burdur Fayı 1914 yılında $M_s=7.0$ büyüklüğünde deprem üretmiş olup, graben sisteminde halen suskunluğunu koruyan fay segmentleri bulunmaktadır. Yine Isparta çevresindeki aktif faylar $M=6.8$ büyüklüğüne kadar deprem üretme potansiyeline sahiptirler. Kekova ve Kale faylarının da $M=6.5$ büyüklüğünde deprem üretme potansiyelleri mevcuttur. Bunların yanı sıra bugün Akdeniz'de Kıbrıs yayı olarak da bilinen büyük bir tektonik yapı mevcuttur. Yine aletsel dönemde özellikle Antalya Körfezinde büyüklüğü 6 ya kadar varan depremler olmuştur. Ancak deniz altında kalan fayların uzunlukları ve yayılımları bilinmedikleri için ne kadar büyüklükte deprem üretebilecekleri bilinmemektedir. Tıpkı Marmara Denizi'nde olduğu gibi en büyük tehdit denizde olabileceği için, deniz araştırmalarının önemi bir kez daha karşımıza çıkmakta, ivedilikle çalışmalara başlanması gerekmektedir.

1. GİRİŞ

Türkiye dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya dağ kuşağı içerisinde yer almaktadır. Türkiye ve yakın çevresinde son yüzyılda büyüklüğü 6,0 ve üzeri olan 203 deprem kayıt edilmiştir (Kadirioğlu vd., 2016). Bu depremler arasındaki 72 yıkıcı deprem, 90 binden fazla kişinin ölümüne ve tahminen 50 milyar doların üzerinde ekonomik zarara neden olmuştur.

Son olarak 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş depremleri bu katastrofik olayın yaratabileceği tahribatı bir kez daha gözler önüne sermiş ve 50 binin üzerinde vatandaşımızın hayatını kaybetmesine neden olmuştur.

Türkiye ve yakın çevresinde büyük depremlerin sık meydana gelmesi, Doğu Akdeniz bölgesinin aktif tektonik durumuyla doğrudan ilişkilidir. Neotetis Okyanusu olarak bilinen okyanus havzalarının kapanmasına neden olan levha tektoniği olaylarının gerçekleştiği ve etkilerinin günümüzde de devam ettiği bir bölgedir. Neotetis Okyanusu Geç Triyas döneminde, günümüz Doğu Akdeniz bölgesindeki kıtasal riftleşme ile oluşmaya başlamış ve Orta Jura dönemine kadar gelişmeye devam etmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Yaklaşık 90 milyon yıl öncesinde, Geç Kretase döneminde, Avrasya ve Afrika levhaları arasında başlayan yakınlaşma Neotetis Okyanusu'nun kapanma sürecini başlatmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Neotetis Okyanusu'nun kapanması geniş bir zaman aralığında ve aşamalı olarak gerçekleşmiştir. Kuzey Kol Avrupa ve Anadolu-İran platformunun Geç Paleosen-Geç Burdigaliyen döneminde çarpışması ve İzmir-Ankara-Küçük Kafkaslar kenet kuşağını oluşturmasıyla sonlanmış (Bozkurt ve Mittweide, 2001). Güneydoğu Türkiye'den Kıbrıs'a uzanan ve Bitlis Okyanusu olarak da bilinen Güney Kol ise Arabistan ve Avrasya levhalarının Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca kıta-kıta çarpışmasıyla kapanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey vd., 1986).

Türkiye'de Neotektonik Dönem

Türkiye ve çevresindeki neotektonik dönem, Arap-Afrika levhaları ile Avrasya levhası arasındaki konverjan hareket sonucu Orta-Geç Miyosen'de Doğu Anadolu'da Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca gerçekleşen kıta-kıta çarpışmasıyla başlamıştır (McKenzie, 1972). Orta-Geç

yapılar da Anadolu'daki aktif tektoniğin önemli kaynaklarıdır (Şekil 1.).

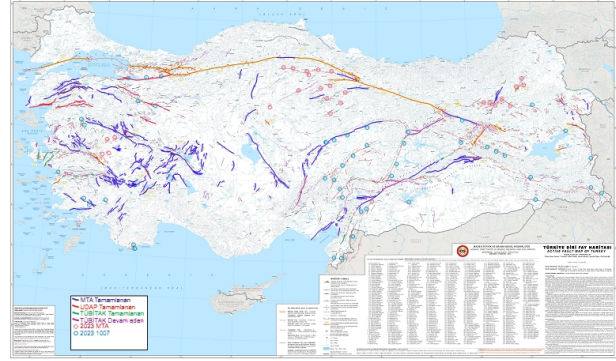
Ülkemizde diri fay haritalaması ile ilgili ilk projenin Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüş olup, 1992 yılında basılan 1:1.000.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası (Şaroğlu vd., 1992) ile olmuştur. Bu çalışma ülke genelindeki deprem kaynağı diri fayların belirli bir standart kapsamında gösterildiği ilk veri kaynağıdır. Sonrasında Türkiye jeolojisindeki gelişmeler bu haritanın güncellenmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla, 2004 yılında MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı tarafından "Türkiye Diri Fay Haritası'nın Güncellenmesi ve Diri Fay Veri Tabanı Oluşturulması" adlı bir araştırma programı başlatılmıştır. Program amacı doğrultusunda, 2004–2011 yılları arasında, Türkiye anakarasının tamamında ayrıntılı diri fay araştırmaları yürütülmüş ve farklı ölçeklerde diri fay haritaları hazırlanmıştır (Şekil 2; Emre vd., 2013). Bu çalışmada, Türkiye kara alanındaki diri fayların özellikleri ayrıntılı olarak sunulmuştur. Bu amaçla Türkiye'nin diri fayları tanıtılırken kapsamlı bir literatür değerlendirmesinden daha çok, belirli bir standart kapsamında 10 yılı aşan arazi çalışmalarına dayalı hazırlanan yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası (Emre vd., 2013) bilgilerine ağırlık verilmiştir. Bununla birlikte bölgenin depremselliğini doğrudan ilgilendiren yakın çevredeki tektonik yapılar da mevcut literatür bilgilerine dayalı olarak tanıtılmıştır.

Antalya ve Yakın Çevresinin Depremselliği

Antalya ve yakın çevresi tarihsel ve tarih öncesi dönemlerde büyük depremlere maruz kalmıştır. Bunun en önemli kanıtlarını tarihsel kayıtlardan anlamaktayız. Bununla birlikte Antalya özelinde ise yüzey yırtılmasıyla sonuçlanmış tarihsel ve aletsel döneme ait bir veri bulunmamaktadır. Ancak şehirden uzakta meydana gelen depremler nedeniyle yıkım ve hatta tsunami gibi olayların gerçekleşmiş olduğu tarihsel kayıtlardan anlaşılmaktadır.

Aletsel dönem de yani 1900 lerden sonra ise genelde sık olarak küçük ve orta büyüklükteki depremlere rastlamaktayız. Bu depremlerin

karakterlerine baktığımızda genelde derin ve zaman zaman sığ odaklı ve çeşitli faylanma mekanizmalarıyla oluştuğunu sismik kayıtlardan anlamaktayız. Bunun nedeni ise ileride tartışılacağı gibi bölgenin tektonik özelliklerinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. Türkiye Diri Fay Haritası (Emre vd., 2013)

Tarihsel Depremler

- **141 depremi:** Rodos, Kos ve Likya bölgelerinde hissedilen depremin kaydını, Lidyalı gezgin Pausanias gezi defterine not etmiştir. Pausanias, İmparator Antonius Pius'un depremden sonra antik kentlere yüklü miktarda para gönderdiğini yazmıştır. Kenti yeniden inşa etmek için ise insanlar getirdiğini dile getirmiştir. Olimpos, Patara ve Myra'daki antik tiyatroların bu depremden sonra tamamen yok olduğu ve yeniden inşa edildiğini bu defterde belirtilmiştir. Bölgenin yakın çevresinde bulunan Phaselis Antik Kenti'nin de bu depremden etkilendiği ve yardım aldığı kayıtlara geçmiştir (Wörrle 1975).
- **529- 530 depremi :** Demre ilçesinin Myra bölgesinde deprem meydana gelmiştir. Bu depremin, sahile yakın kesimde yer alan birçok yerleşim yerine zarar verdiği tahmin edilmektedir (Pirazzoli 1996).
- **1222 depremi :** Kıbrıs'ın batı kesiminde meydana gelen depremin, Antalya ve çevresinde de hissedildiği kayıtlarda mevcuttur. Antalya Kalesi'nin 8 surunun

yıkılmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Söz edilen surların 1226 yılında yeniden inşa edildiği belirtilmiştir (Yılmaz 2002).

- ▶ **1489 depremi** : Leonardo da Vinci (1452-1519),Ünlü bir ressam ve mucit. V. Codex Leicester'da (eski adıyla Codex Hammer), Antalya Körfezi'nde (Türkiye'nin güney kıyılarında) bir deprem ve tsunaminin tanımı vardır. Türkiye'nin güney kıyısında, Rodos ve Kıbrıs arasında yer alan Adalia'da (bugünkü Antalya) depremle deniz yarıldı ve tabanını ortaya çıkardı. Kaynak, Leonardo da Vinci'nin Codex Leicester'da (eski adıyla Codex Hammer) foL10v'deki bir notudur. "Seksen 9'da Rodos yakınlarındaki Adalia açıklarında bir deprem meydana geldi, bunun sonucunda deniz tabanı açığa çıktı, üç saatten fazla bir süre boyunca deniz tabanı suların çekilmesi nedeniyle açıkta kaldı ve sonra tekrar eski seviyesine kavuştu. Baratta'ya (1903, s.197-8) göre, Leonardo "ottanta 9" adlı eseri yazarken 1489'u kastediyordu, ancak Baratta'nın kendisinin de kabul ettiği gibi, bunun Mart ve Aralık 1481 arasında Rodos adasını vuran depremlere bir gönderme olması muhtemeldir. Antonopoulos (1980, s.192-41) ise Leonardo'nun gerçekten de 1489'da muhtemelen Küçük Asya'nın güneyindeki kıyıları vuran bir depremin neden olduğu tsunamiyi ima ettiğini düşünüyor. Bu depreme ait en kesin delil Kesik Minareli Cami olarak bilinen, Şehzade Dede Korkut Cami'sinin minaresinde meydana gelen tahribat olduğunu belirtilmiştir.
- ▶ **6-20 Mart 1743 depremi:** Marsilya Ticaret Odası ticaret arşivinden alınan bilgilere göre; bu tarihler arasında Antalya'da büyük bir deprem meydana geldiği bilinmektedir. Şok, Antalya'nın 15 km güneybatısında yer alan Reşat adacığının karşısında bulunan dağdan toprak kaymalarını ve kaya düşmelerini tetiklemiştir (Beaufort, 1818). Deprem anında bir süreliğine Antalya yat limanının kurduğu dile getirilmiştir. Bu muhtemelen çöküşün yarattığı deniz dalgasından kaynaklanıyordu. Dağın

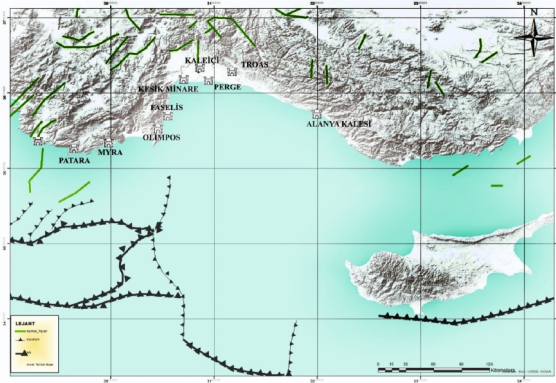
denize olan yüzünün bir bölümünün kayması ya da bir denizaltı heyelanının neden olduğu bir tsunami olarak yorumlanabilir (PDGA 1756, Beilage 2). Birçok evin hasar gördüğü depremde, kale surlarının Fransız Konsolosu'nun evinin üzerine yıkıldığı kayıtlara geçmiştir. Muhtemelen bu depremin Perge ve Aspendos Antik Kenti'nin 18. yüzyılın sonunda terkedilmesine neden olduğu düşünülmektedir (Ambraseys ve Finkel 1995).

... Satalia'dan [Antalya]'da ayın 8'inden 20'sine kadar korkunç depremler oldu. Liman bir süre kurudu, birçok ev çöktü. Duvarların bir kısmının konsolosun evinin üzerine çökmesi ile tahrip oldu. Bu depremde birçok köy kaybedildi. Reşat adacığının batısında uzanan dağın karşısında bir dağ tamamen battı. .. ' (ACCM j.541 Şipre).

- ▶ **MS 1756 13 Şubat Doğu Akdeniz:** Bu deprem büyük büyüklükte ve orta derinlikte bir depremdi. Doğu Akdeniz'de geniş bir alanda hissedilen deprem 9 Şubat gecesi 13'te meydana geldi 1756 (N.S.) (Schultz 1759, 213). Scarpantos'ta (Karpantos) güçlü bir şekilde hissedildi, Rodos ve Satalia (Antalya) da hasara neden olduğu bildirildi (Donati 1759, f. 67b). İzmir'den bir görgü tanığının yazdığına göre depremin 5-6 dakika sürdüğü ve insanların kaçmasına neden olduğu, ama evlerine zarar vermediği bildirilmiştir. Bir gözlemci de Kahire'de küçük bir hasar gördüğü, üç dakika sürdüğü ve Mısır'da hiçbir hasara yol açmadığı bildirilmiştir. Ancak artçı sarsıntılar yaklaşık 40 gün boyunca hissedilmeye devam etmiştir (Schultz 1759, 213). Ana şok Malta, Napoli, İzmir, Korfu ve Filistin gibi çok uzak yerlerde de hissedildi. Kıbrıs'ta da alarmı neden oldu (Cyprianos1788,316; PGF 1756,4/3).
- ▶ **Nisan 1836 depremi** : Antalya'nın Kumköy mevkinde yer alan Dimitri (Troas) antik şehri yakınlarında birden çok sarsıntı meydana geldiği kayıtlara geçmiştir.
- ▶ **08 Nisan 1887 depremi** : Deprem, 6 gün boyunca kendini artçı şoklarla hissettirmiş

ve 7 köyün yok olmasına sebep olmuştur. Bu depremden sonra yöre halkının daha güvenli bir alana taşındığını bilinmektedir.

- **28 Ekim 1897 depremi** : Antalya' da çok sayıda güçlü sarsıntının olduğu dile getirilmiştir.
- **1911 depremi** : Merkez üssü Antalya olarak belirlenen ve 6.1 büyüklüğünde meydana gelen depremde, Antalya'nın en yüksek yapısı olarak bilinen Yivli Minareli Cami'nin minaresi şerefesine kadar yıkılmıştır. Depremde Antalya'nın merkezinde birçok yapının zarar gördüğü bilinmektedir (Yılmaz 2002).
- **18 Mart 1926 depremi** : Antalya ilinin Finike – Kaş mevkinde meydana gelen depremde 27 kişi hayatını kaybetmiştir (Duggan 2011). 190 adet binaya zarar veren depremi, 24 Mart'ta meydana gelen 5,5 büyüklüğündeki bir deprem takip etmiştir. Her iki depremin de Antalya'da yoğun şekilde hissedildiği bildirilmiştir.

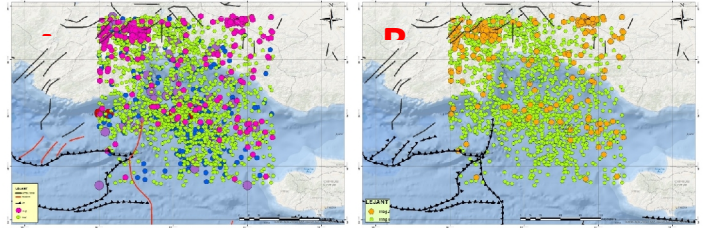


Şekil 3. Tarihsel dönemde meydana gelmiş depremlerden etkilenen antik yapılar. Faylar (Duman vd. 2003) 'den alınarak sayısallaştırılmıştır

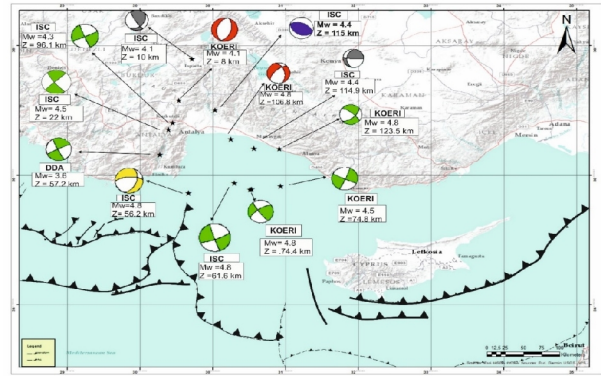
Aletsel Dönem

Bölgede aletsel dönemde ölçülmüş deprem kayıtları incelendiğinde, özellikle küçük depremlerin genelde dağınık ve yoğun bir şekilde dağılım gösterdikleri göze çarpmaktadır (Şekil 4 a ve b). Nispeten orta büyüklükteki depremlerin ise genelde benzer şekilde bir dağılım gösterdiği ve

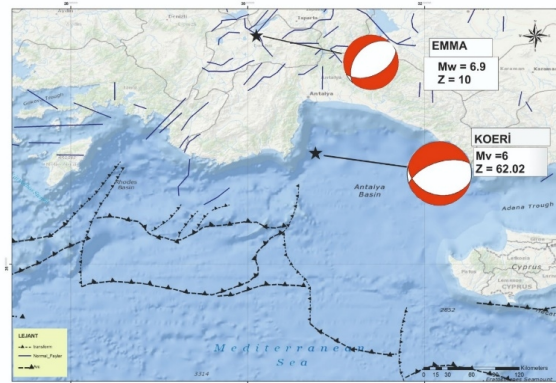
fay karakterlerinin de çeşitliliği dikkat çekmektedir (Şekil 5 ve 6). Burada diğer önemli bir özellikte çoğu depremin derin odaklı olmasıdır. Bu durum Anadolu levhasının altına dalmakta olan Afrika plakası içinde veya dalma zonu arayüzeyinde meydana gelen depremlerle açıklanabilmektedir (Şekil 5, Howell et al., 2017).



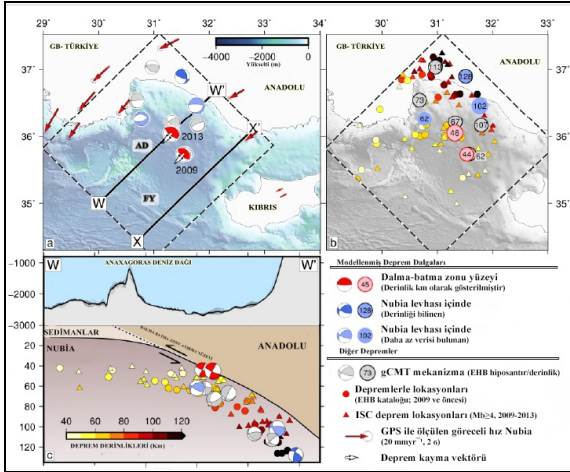
Şekil 4. (A) Antalya Körfezi ve çevresinde aletsel dönemde meydana gelmiş depremlerin seçili alandaki dağılım haritası (1914-2018 tarihleri arasında meydana gelen ve $M_w \geq 2$ olan depremler sayısallaştırılmıştır) ve yine aynı alanda meydana gelen $M_w \leq 3$ büyüklüğündeki depremler (B).



Şekil 5. Doğu Akdeniz ve yakın çevresinde meydana gelen $M_w \geq 5$ depremlerin odak mekanizması çözümleri.



Şekil 6. Bölgede meydana gelen $M_w \geq 6$ depremlerin odak mekanizması çözümleri

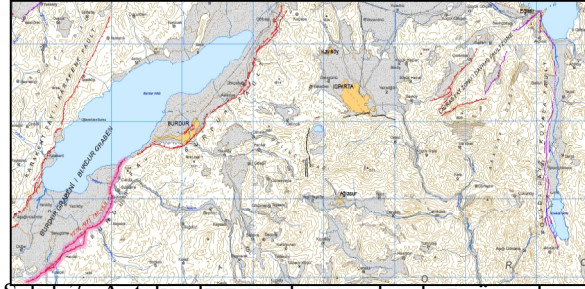


Şekil 6. Güneybatı Türkiye ile Kıbrıs arasında kalan dalma zonunun depremselliği. a) Dalma zonu yüzeyi üzerindeki depremlerin odak mekanizmaları (kırmızı) ve bölgedeki dalan plaka kesikli çizgiler ile sınırlandırılmıştır; b) a şeklinde görülen depremlerin derinlikleri. Veriler (Engdahl vd. 1998; International Seismological Centre 2016)'dan alınmıştır; c) Dalma zonuna doğru olan yorumlanmış kesişme bölgesi, W-W kesit üzerine düşen deprem mekanizmasını gösteren enine kesit (Howell vd. 2017)'den değiştirilerek alınmıştır.

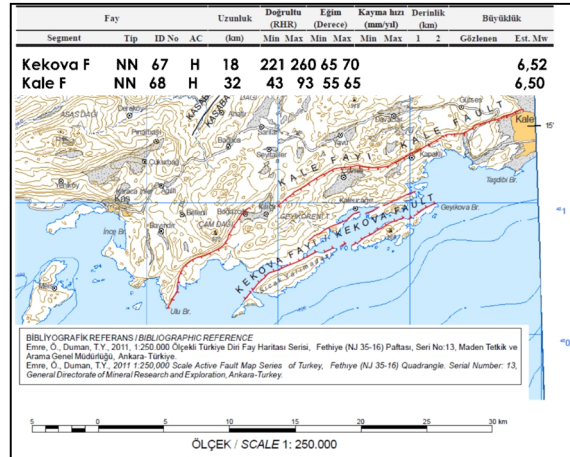
Antalya Bölgesindeki Bazı Önemli Faylar

Aletsel ve tarihsel döneme ait kayıtlarda, Antalya ili içerisinde yüzey yırtılması ile sonuçlanan bir depreme rastlanılmamaktadır. Bunun anlamı özellikle Antalya'da varlığı bilinen Aksu ve Antalya faylarının şimdiye kadar yüzey kırığı oluşturacak kadar büyük bir deprem oluşturmadır. Bu nedenle görünen odur ki, Antalya'da yıkıma neden olan depremler il merkezinden uzakta olan faylardan kaynaklanmış gibi görünmektedir. Bu nedenle olayları Antalya özelinde değil bölgesel ölçekte değerlendirmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritasına göre bölgede büyük bir depreme neden olabilecek faylar, Antalya'nın kuzeyinde yer alan Burdur Graben Sistemini oluşturan faylar (Burdur Fayı ve segmentleri ile Karakent Fayı), Isparta ve yakınlarında yer alan Davraz, Kovada gibi aktif faylardır (Şekil 7). Antalya batısında ise Kekova ve Kale fayları yer almaktadır (Şekil 8). Bunlardan Burdur Fayı 1914 yılında $M_s=7.0$ büyüklüğünde deprem üretmiş olup, graben sisteminde halen suskunluğunu koruyan fay segmentleri bulunmaktadır. Yine

Isparta çevresindeki aktif faylar $M=6.8$ büyüklüğüne kadar deprem üretme potansiyeline sahiptirler. Kekova ve Kale faylarının da yaklaşık olarak $M=6.5$ büyüklüğünde deprem üretme potansiyelleri mevcuttur. Bu kesimde su altına 0.5 m kadar gömülmüş kaya mezarlarının varlığı bu fayların Holosen aktivitesine işaret etmesi bakımından önemlidir (Şekil 9).



Şekil 7. Antalya kuzeyinde yer alan bazı önemli faylar (Emre vd., 2013 ve Duman vd., 2017 den)



Şekil 8. Antalya batısındaki bazı önemli faylar (Emre vd., 2013 ve Duman vd., 2017 'den)



Şekil 9. 0,5 m kadar suya gömülü Likya kaya mezarı, Kekova (Howell, 2017).

Sonuçlar ve Öneriler

Türkiye Diri Fay Haritası (Emre vd., 2013) ve bundan faydalanılarak hazırlanmış Türkiye Sismotektonik Haritası (Duman vd., 2017) incelendiğinde Antalya ve yakın çevresinde yer alan en önemli faylar yukarıda anlatıldığı üzere kuzeyde Burdur ve Isparta çevresinde yer alan Burdur Graben Sistemi Fayları, Barla fayı, Kovada fayıdır (Şekil 7). Bu sayılan fayların dışında Eğirdir tarafında da yine pek çok aktif fay bulunmaktadır. Antalya batısında ise en önemli faylar Kekova ve Kale faylarıdır (Şekil 8). Sözü edilen bu faylar büyüklükleri 6.5 ile 7 arasında değişen deprem üretme kapasitesine sahiptir.

Bununla birlikte Akdeniz'de Kıbrıs adasının güneyinden geçen ve batıya doğru uzanan önemli bir tektonik yapı yer almaktadır (Şekil 1). Dalma batma zonu olarak bilinen bu önemli yapı boyunca Afrika plakası, Anadolu plakasının altına dalmaktadır. Bu olay Kıbrıs Yayısı ve Ege Yayısı olarak bilinen hatlar boyunca gerçekleşmektedir (Şekil 1 ve 6c). Bu yaylar yer yer transform fay olarak bilinen yine önemli yapılar tarafından kesilmektedir. Bu nedenle aslında depremlerin ve bölgedeki gerilme rejiminin ana kaynağı bu tektonik yapı ve onun yaratmış olduğu kompleks mekanizmaya bağlı olarak gelişmiş olan yer yer karada ve denizde yer alan faylardır. Bu faylardan özellikle denizde bulunanları hakkında çok az bilgiye sahibiz. Denizde meydana gelebilecek büyük bir depremin yaratabileceği tahribatın yanı sıra tsunami, kaya düşmeleri, heyelan gibi afetlere de neden olabileceği ve bu nedenle her türlü afete karşı hazırlıklı bulunmak oldukça önemlidir. Tsunami büyük bir deprem sırasında denizde tabanında kırılan ve düşey bir yer değiştirme oluşturan bir faydan kaynaklanabileceği gibi, uzaktaki büyük bir depremin bile deniz altında kıta yamacında heyelanlara neden olarak tsunamiye yol açabileceği dünyadaki pek çok örnekleriyle bilinmektedir. Bu nedenle doğa olaylarını önleyemeyiz ama onlara karşı hazırlıklı olup zararlarımızı en aza indirgeyebiliriz.

1. Bu nedenle deniz araştırmalarına önem verilmeli,
2. Mikro bölgelendirme çalışmaları ile yapılaşma konusunda daha bilinçli yaklaşımlarda bulunulmalı,

3. Mevcut yapılarda güçlendirme ve/veya icap eden yerlerde kentsel dönüşüm çalışmalarına devlet desteğiyle hız verilmeli,
4. Deprem öncesinde, sırasında ve sonrasında yapılacaklar hakkında halk bilgilendirilmeli, hatta bu eğitim okullarda, mahallelerde, köylerde verilmeli,
5. Olası tsunamiye karşı tsunaminin belirteçleri ve ne yapılması gerektiği konusunda yine kıyı kesimlerde yaşayan halk bilinçlendirilmeli, hatta kıyılarda açıklayıcı uyarı tabelaları asılmalı.
6. Biz her türlü doğa olayına karşı bilgili ve hazırlıklı olursak burada belki hepsini saymadığımız pek çok önlemle olabilecek kayıpları en aza indirebiliriz.

Kaynakça

- Ambraseys, N. N., Finkel, C.F. 1995. The seismicity of Turkey and Adjacent areas. A Historical review 1500-1800. Eren Yayıncılık. İstanbul, 240 s.
- Antonopoulos J. 1980 a, Data from investigations on seismic sea-waves events in the Eastern Mediterranean from the birth of Christ to 500 A.D., part 1, *Annali di Geofisica* 33, pp.141-61.
- Burchfiel, BC, King, RW., Todosov, A., Kotzev, V., Durmurdzanov, N., Serafimovski, T., Nurce, B. 2006. GPS results for Macedonia and its importance for the tectonics of the Southern Balkan extensional regime. *Tectonophysics* 413:239-248.
- Caputo R, Chatzipetros A, Pavlides S, Sboras S. 2012. The greek database of seismogenic sources (Gre-DaSS): state-of-the-art for northern Greece. *Ann Geophys* 55(5):859-894. doi:10.4401/ag-5168
- Caputo R, Sboras S, Pavlides S, Chatzipetros A. 2015. Comparison between single-event effects and cumulative effects for the purpose of seismic hazard assessment. A review from Greece. *Earth Sci Rev* 148:94-120

- Dewey, JF, Hempton, MR, Kidd, WSF, Şaroğlu, F., Şengör, AMC. 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia—a young collision zone. *Geol Soc Lond Spec Publ* 19:1–36. doi:10.1144/gsl.sp.1986.019.01.01
- Duggan, P.M.T., 2004. A short account of recorded calamities (earthquakes and plagues) in Antalya Province and Adjacent and Related Areas Over The Past 2,300 Years-an Incomplete List, Comments and Observations. *Adalya*, 7: 123-170.
- Duman, T. Y., Çan, T., Emre, Ö., Kadiriöğlu, F.T., Başarır Baştürk, N., Kılıç, T., Arslan, S., Özalp, S., Kartal, R.F., Kalafat, D., Karakaya, F., Eroğlu Azak, T., Özel, N. M., Engintav, S., Akkar, S. vd. 2017. Türkiye Sismotektonik Haritası ve Kitabı. MTA Genel Müdürlüğü Yayınları. Özel Yayın Serisi: 34, Ankara.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F. 2013. Active fault map of Turkey with an explanatory text 1:1,250,000 scale. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series 30
- Engdahl, E., Van der Hilst, R. and Buland, R. 1998. Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth determination. *Bulletin of the Seismological Society of America*. 88: 722-743.
- Garfunkel, Z., Ben-Avraham, Z. ve Kağan, E. 2014. Dead sea transform fault system reviews, Springer, 6: 109-150. Berlin.
- Gudjabidze, GE. 2003. Geological map of Georgia 1:500 000. In: Gamkrelidze IP (ed.) Georgian State Department of Geology and National Oil Company 'Saknatobi' Tbilisi
- Hessami K, Jamali F, Tabassi H. 2003. Major active faults of Iran. Ministry of Science Research and Technology, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran
- Howell, A., Jackson, J., Copley, A., McKenzie, D. Ve Nissen, Ed. 2017. Subduction and vertical coastal motions in the eastern Mediterranean. Oxford University Press, 211: 593-629.
- Jackson, J.A. & McKenzie, D. 1984. Active tectonics of the Alpine- Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 77: 185–264.
- Kadiriöğlu FT, Kartal RF, Kılıç, T, Kalafat D, Duman TY, Eroğlu Azak T, Ozalp S, Emre O 2016. An improved earthquake catalogue (M C 4.0) for Turkey and its near vicinity. *Bull Earthq Eng*
- McKenzie, Dan. 1972. Active Tectonics of the Mediterranean Region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30 : 109-185.
- McKenzie, D. 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding region. *Geophys J R Astr Soc* 55:217–254
- Pirazzaoli, P. A. 1996. Uplift of ancient Greek Coastal sites. İn: Stiros, S. – Jones, R.E. (Ed.), *Archaeoseismology*. British School of Archaeology at Athnes, Fitch Occasional, 7 :253-257.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ. 1992. Türkiye Diri Fay Haritası, ölçek 1:1.000.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü , Ankara
- Şengör, A.M.C. 1979. The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *J Geol.Soc. Lond* 136:269–282
- Şengör A.M.C. 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. Türkiye Jeolojisi Kurumu Yayınları

- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75: 181–241.
- Şengör A.M.C., Görür .N, Şaroglu F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in: Biddle K.T., Christie-Slick N. (Eds.), *Strike-slip Faulting and Basin Formation*, Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Pub., 37, , pp. 227-264.
- Woessner J, Danciu L, Giardini D, Crowley H, Cotton F, Grünthal G, Valensise G, Arvidsson R, Basili R, Demircioglu MN, Hiemer S, Meletti C, Musson RW, Rovida AN, Sesetyan K, Stucchi M, the SHARE consortium 2015. The 2013 European Seismic Hazard Model: key components and results. *Bull Earthq Eng.* doi:10.1007/s10518-015-9795-1
- Wörle, M. 1975. Zum Wiederaufbau von Myra mit Hilfe des Lykiarchen Opramoas nach dem erdbaben von 141. Chr. J. Borchhardt. *Myra. Eine lykische Metropole in antiker und byzantinischer Zeit.* Berlin.
- Yılmaz, L. 2002. *Antalya (16. Yüzyılın Sonuna Kadar)*. Türk Tarih Kurumu Yayınları, Ankara, 403 s.

Mobil Sistem Aracılığı ile Yapılarda Yapısal Olmayan Elemanların Risk Durumlarının Tespiti ve Raporlanması

Şebnem ERTAŞ BEŞİR¹

¹*İç Mimarlık Bölümü, Mimarlık Fakültesi
Akdeniz Üniversitesi
sertasbesir@akdeniz.edu.tr*

Özet

Çalışmanın amacı; deprem sürecinde yapılarda meydana gelen yapısal olmayan eleman yönelik hasarlar, oluşan risk ve tehlikeler için “uniçDEF” yazılımının geliştirilmesi ile oluşturulan “moiçDEF” mobil uygulama ile hem iç mimari projede hem de sahada yapısal olmayan elemanlara yönelik hasar tespitinin yapılmasıdır. Bu kapsamda 11 farklı modül (pencereler, kapılar, iç duvarlar, asma tavanlar, iç kaplamalar, iç merdivenler, mobilyalar, aksesuarlar, aydınlatma elemanları, ekipmanlar, asansörler) üzerinden tehlike ve riskler ile bunlara karşı alınacak önlemler belirlenerek Antalya ilinde bulunan konut yapısı için risk puanı hesaplanmıştır. Böylece ortaya konan risk puanlarına göre sahada mevcut yapıların yapısal olmayan elemanlardan kaynaklı hasar seviyeleri belirlenerek hasar seviyelerini azaltılabilir.

1. GİRİŞ

Türkiye’de en çok yaşanan doğal afetlerden biri olan depremler; gerek ülkenin aktif faylar üzerindeki konumu, gerekse nüfusun bu aktif faylar üzerinde yoğunlaşması nedeniyle oldukça büyük tehlike ve risklere neden olmaktadır. Depremlere yönelik farklı disiplinler birçok farklı önlem almakta, modern teknolojik gelişmeler ve bilgi düzeyleri ile depremlerin yarattığı riskler azaltılmaktadır. Deprem gibi büyük ölçekli doğal afetler, geniş bir alanda çok sayıda bina hasarına neden olmaktadır. Öte yandan depremlerin zamanının, yerinin ve şiddetinin önceden tahmin edilememesi alınacak önlemleri sınırlandırabilmektedir. Özellikle zamanı tahmin edilemeyen depremlerin bireyleri nerede ve günün hangi saatinde yakalayacağını bilinmemesi ciddi yaralanmalara ve can kayıplarına sebebiyet verebilmektedir. Mal ve can kaybına neden olan etkiler çoğunlukla; taşıyıcı sistem, yapı kuralları, malzeme seçimi ve uygulamada izlenen bilinçsiz yaklaşımlardan kaynaklanmaktadır. Bunun nedeni de genellikle mimarlık ve mühendislik

bilgilerinden yararlanılmamış yapılardır (Akıncıtürk, 2003). Depremlerin özellikle insanlığın yerleşik yaşama geçiş ve ilk şehirlerin kurulmasından sonra yapı kavramının ortaya çıkmasıyla birlikte insanların yaşamları üzerindeki etkisi de olumsuz yönde artmıştır. Konutlarında uyurken, okullarda ders esnasında ya da iş yerlerinde çalışırken depreme yakalanan bireylerin her daim hazırlıklı olma olasılıkları oldukça düşüktür. Bu nedenle, yapılar depremlerden kaynaklanan tehlike ve risklere yönelik tasarlanıp inşa edilerek bu mekanları kullanan bireylerin can güvenliklerinin sağlanması gerekmektedir. Dalı ve Soyuk (2022) tarafından yapılan çalışmada incelenen depremlerde, Marmara Depremi’nden son deprem olan Kahramanmaraş merkezli depreme kadar olan tüm depremlerde tüm plan düzensizlikleri, yumuşak-zayıf kat düzensizlikleri, yumuşak zemin düzensizlikleri ve yapısal düzensizliklerle karşılaşmıştır. Türkiye’de deprem ve can kayıplarının neden olduğu bu hasarların büyük bir kısmının söz konusu tasarımdan kaynaklanan yapısal düzensizliklerden kaynaklandığı görülmüştür. Çünkü bir binanın tüm serüveni; estetik mi, işlevsel mi, dayanıklı mı olduğu tasarım aşamasında başlamaktadır. Bu bağlamda söz konusu düzensizliğin başlangıç noktası tasarım aşaması yani mimarlardır. Yapısal olmayan bileşenlerin hasar görmesi veya arızalanması genellikle önemli ekonomik kayıplara, işlevsellik kaybına ve can güvenliğine yönelik potansiyel tehditlere neden olur (Vlachakis et al. 2020). Bu unsurların çöküşü küresel yapısal istikrarı etkileyebilir ancak önemli maddi kayıplara ve hatta insan ölümlerine neden olabilir. Bu çalışmada, çevresindeki illere göre daha az deprem riski taşımasına rağmen, etrafında bulunana fay hatları nedeniyle etkilenebilme olasılığı bulunan Antalya ilinde bulunan bir konut yapısının TÜBİTAK-1001 “Bilimsel ve

Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı” Deprem Araştırmaları 121K927 kodlu proje kapsamında hazırlanan uniçDEF yazılımının geliştirilmesi ile oluşturulan “moiçDEF” adlı mobil sistemi ile değerlendirilmesi ele alınmaktadır. Böylece özellikle deprem anında binanın yıkılmaması durumunda; konut yapısında gerçekleşebilecek mal kaybı, yaralanma ya da can kaybına neden olabilecek yapısal olmayan elemanların yaratacağı tehlike ve risklere yönelik hasar tespiti yapılmıştır.

2. UniçDEF Eğitim Programı

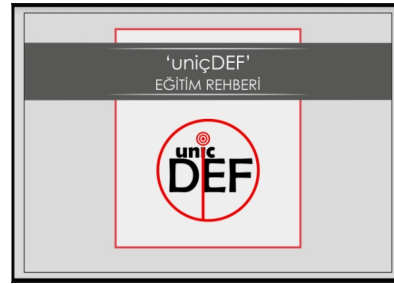
Yapılarda depremin etkisi; yapısal ve yapısal olmayan elemanlara bağlı olarak can ve mal kaybına neden olması, yaralanmalara yol açması, devam eden faaliyetleri durdurması, yangın tehlikesi oluşturması gibi çeşitli riskler meydana getirmektedir. Deprem sonrası yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere, can ve mal kaybı ile yaralanmalar genel olarak yapısal faktörlerden kaynaklıdır; yapısal olmayan faktörlerin etkisi de azımsanamayacak ölçüdedir. Yapısal elemanlardan kaynaklı ortaya çıkan hasarlar uygun malzeme kullanımı, kaliteli işçilik ve doğru mühendislik uygulamalarıyla daha az seviyeye indirilebilmekte ve bu hasarlarla ilgili yönetmelik ve standartlar devamlı biçimde geliştirilmekte olup yapısal olmayan elemanlardan kaynaklanan riskler herhangi bir ulusal teknik şartname ve yönetmelik bulunmamaktadır (Akbalık, 2020; Ertaş Beşir ve Dereci, 2021). Ayrıca yapısal elemanlara bağlı tehlike ve riskler gelişen mühendislik teknolojisi ve yönetmeliklerle azaltılabilirken (Winkler ve Meguro, 1996), yapısal olmayan elemanlara bağlı olanlar ise sabitlenmemiş eşyaların insanların üzerine devrilmesi, devrilen eşyaların yolu kapatıp kaçışı engellemesi gibi önlenemeyen yolları açısından küçük, yaratabileceği tehlike ve risk açısından ise büyük nedenlerle devam etmektedir. Bu gibi hasarların en aza indirilebilmesi için iç mekan kullanıcıları dışında mimar/iç mimar gibi meslek disiplinlerinin de bu konu hakkındaki bilgi ve farkındalık düzeylerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Dünyada ve Türkiye’de lisans ve lisansüstü mimarlık/iç mimarlık eğitimlerinde deprem araştırmalarına yönelik derslerin çoğunun yapısal elemanlara yönelik programlar ya da yapı taşıyıcılığına dayalı seçmeli dersler bulunmaktadır; yapısal olmayan elemanların oluşturabileceği risk ve tehditlere yönelik deprem eğitimi ve farkındalığına dönük bir ders ya da eğitim programının bulunmadığı görülmektedir (Dereci Dalbastı, 2023). Bu bağlamda standardize edilmiş “uniçDEF” (Üniversitelerde İç Mekan Donanımlarına Yönelik Deprem Farkındalığı

Eğitimi) eğitim programı 121K927 numaralı TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında 1.arama konferansı ile 22 kişilik iç ve dış uzman grubun önerileri 3 ana kategori ve 11 modülden oluşturulmuştur (Çizelge 1).

Ana Kategoriler	Modüller
Mimari Elemanlar	Pencereler (P)
	Kapılar (K)
	İç Duvarlar (İD)
	Asma Tavanlar (AT)
	İç Kaplamalar (İK)
	İç Merdivenler (İM)
Mobilya ve Aksesuarlar	Mobilyalar (M)
	Aksesuarlar (A)
Elektromekanik Ekipmanlar	Aydınlatma Elemanları (AE)
	Ekipmanlar (E)
	Asansörler (AS)

Çizelge 1: UniçDEF Eğitim Programı Modülleri

Eğitim programının içeriğini yapısal olmayan elemanlardan kaynaklanan tehlike ve risklere ve bu tehlike ve risklere yönelik alınabilecek önlemlerin oluşturmaktadır. Yapısal olmayan elemanlar eğitim programında bu şekilde sınıflandırılarak öğrencilerin tehlike ve riskleri kavramaları, alınabilecek önlemlere yönelik de farkındalık ve bilgi düzeylerinin artması hedeflenmektedir (Dereci Dalbastı, 2023). Yazılımın eğitim aşamasında 5 hafta eğitim rehberi ile teorik eğitim alınması zorunlu olan program, sonraki 5 haftada ise uniçDEF yazılımının kullanılmasına odaklanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: uniçDEF eğitim rehberi kapağı

Bu kapsamda eğitim programının içeriğine ve konularına yönelik teorik bilgilerin bulunduğu “uniçDEF eğitim rehberi” hazırlanmıştır. Toplam 14 bölüm, 11 modülden oluşan 118 sayfalık bir kaynaktır.

2.1. Yapısal Olmayan Elemanların Neden Olduğu Tehlikeler, Riskler ve Alınabilecek Önlemler

Depreme yönelik alınabilecek önlemlerle hazırlıklı olmak doğabilecek olumsuzları önleyebilmektedir. Alınan önlemler sayesinde can ve mal kayıplarının azalmasının yanında ekonomik kayıpların etkili bir şekilde azaltılabilmesi mümkündür. Mevcut literatür, insanların depreme ilişkin bilgi ve algılarının, depreme hazırlık konusundaki eylemlerini büyük ölçüde etkileyebileceğini doğrulamaktadır (Ao et al., 2021).

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tehlike kavramını “belirli bir zaman ve bölgede ortaya çıkarak yaşamı tehdit eden, toplumun sosyo-ekonomik düzen ve etkinliklerine, doğal çevreye, tarihi ve kültürel kaynaklara zarar verme potansiyeli olan teknoloji ya da insandan kaynaklanan fiziki olay ve olgu” biçiminde tanımlanmaktadır (Anonim 1). Öte yandan tehlike kavramının matematiksel tanımlaması yapıldığında belirli büyüklükteki bir olayın, belirli bir alanda ve zaman aralığında olma olasılığı olarak ifade edilmektedir (Dereci Dalbastı, 2023). Ayrıca afet tehlikesinin büyüklüğü, tekrarlama süresi, oluş sıklığı ve olası etkilerinin konuma bağlı olarak değişmesi sebebiyle; tehlikenin ülke, bölge veya yerleşme ölçeğinde değerlendirilmesi, önleme veya zarar azaltmaya yönelik çalışmalarda önemli rol oynamaktadır (Ergünay vd. 2008).

Risk kavramı tanımlandığında “bir olayın belirli koşul ve ortamlarda doğurabileceği can, mal, ekonomik ve çevresel gibi değerlerin kaybının gerçekleşme olasılığı” olarak ifade edilmektedir (AFAD). Risk kavramı, en genel ifade ile olasılığa karşılık gelmektedir. Oluşabilecek kayıp ve zararların olasılığı risk kavramı ile tanımlanabilmektedir. Öte yandan bir riskin oluşabilmesi için belirli parametrelerin mevcut olmaları gerekmektedir. Bunlar belirli bir alanda ve belirli büyüklükte bir tehlikenin var olması ile başlayarak bu tehlikeden etkilenme oranlarının veya zarar görübilirliklerinin tahmin edilmesi veya mevcut olması ile tanımlanmaktadır (Özey 2006). Bu bağlamda risk, tehlike kavramının sonuçlarıyla ortaya çıkan bir kavramdır .Günlük hayatta ve literatürde tehlike ve risk kavramları sıklıkla eş anlamlı olarak kullanılsa da birbirlerinden farklı ve denk olmayan anlamlar içermektedirler.

Çalışma kapsamında oluşturulan her bir yapısal olmayan elemanı tanımlayan 11 modül (pencereler, kapılar, iç duvarlar, asma tavanlar, iç kaplamalar, iç merdivenler, mobilyalar, aksesuarlar, aydınlatma elemanları, ekipmanlar, asansörler) için tehlike ve risk durumları oluşturulmuştur.

Bu kapsamda ilk modül olan pencereler duvar yüzeyinde yer alan sürekliliği etkileyip bozarak yüzeylerde boşluk oluşmasına neden olan elemanlardır. Duvar yüzeyinde yaratılan bu boşluklar sebebiyle etkilenen mukavemetler pencerelere ait camların kırılmasına veya patlamasına sebep olmaktadır. Özellikle çok katlı yüksek yapılarda kullanılan pencerelerdeki camların deprem anında zarar görerek patlamaları hem yapı içerisinde hem de yapı çevresinde ciddi hasarlara neden olabilmektedir (Atlı 2000; Cantürk, 2018). Deprem sırasında pencerelerden kaynaklanan tehlike ve risklere yönelik önlemler alınmalıdır. Bu bağlamda pencerelerin camları, çerçeve-cam ya da pencere-duvar arasında kullanılan bağlantı elemanları ve detayları ile pencere çevresinde konumlandırılan diğer elemanlar gibi parametreler önem taşımaktadır (MEXT 2010; FEMA 2011).

İç mekanlarda konumlandırılan kapılar yalnızca mekanlar arası geçişi sağlamakla kalmayı sıcaklık, nem, ışık, toz ve diğer birçok farklı çevresel faktörün de mekanlara olan etkilerine karşı koruma sağlamaktadırlar. Deprem esnasında kapılarda oluşabilecek tehlikelere yönelik parametreler kapı türleri, kapının konumu, açılış biçimi, çıkışları ve kaçış güzergahlarını engellemesi biçiminde sıralanabilirler. 1999 yılında Türkiye’de Gölcük’te gerçekleşen büyük deprem sonucunda yaşanan kayıpların büyük bir kısmı tahliye problemi sonucu oluşmuştur. Bu nedenle yapılarda kullanılan en küçük birimlerden biri olan kapıların özellikle tahliye konusu göz ardı edilmeden tasarımcılar tarafından dikkate alınmaları gerekmektedir.

Yapıların strüktürel tasarımlarına göre taşıyıcı özellikleri olan dış duvarların aksine iç duvarlar genellikle yapısal olmayan elemanlar sınıflandırmasına girerek yapının deprem sırasında yıkılmalarında doğrudan etkili olmamaktadırlar. Bunun yanında, deprem sırasında oluşabilecek

sarsıntının şiddetine göre iç duvarlarda çatlama veya çökmeler görülebilmektedir. Bu durum can ve mal kayıplarının yanında iç mekanda birçok farklı hasara da neden olabilmektedir. İç duvarların deprem anında neden olduğu tehlike ve risklerin engellenmesinde duvarların güçlendirilmesinin uygun yapılması ve duvar yüzeylerinin üzerlerine sabitlenecek diğer yapısal olmayan elemanların sabitleme yapılacak olan duvar tiplerinin doğru belirlenmesi gerekmektedir.

Asma tavanlar temelde deprem sırasında alabilecekleri hasarla yapının çökmesine neden olabilecek bir yapısal olmayan türü olması veya yapının ana strüktürünü oluşturmamasına rağmen depremin şiddetine bağlı olarak neden olduğu riskler ve hasarlardan dolayı deprem anında gerçekleşecek tepkilerin dikkate alınması gereken elemanlardır. Deprem anında oluşan sismik kuvvet ve şiddet zeminden yapıya aktararak yapıya ulaşan kuvvet tavana ulaşmakta ve böylece asma tavan kaplamasına yayılmaktadır (Takagi, 2012). Bu bağlamda depreme yönelik tehlike ve risklere karşı doğru kurgulanmamış bir asma tavan sistemi ve tasarımı deprem sırasında zarar görebilir ve çevresine de zarar verebilir.

Şiddetli kuvvetlerden biri olan depremler, dayanımı güçlü malzemelerle tasarlanmış bir yapıda bina iskeletine zarar vermese bile iç kaplamalarda önemli hasara neden olabilir. Sismik yükler, temelden başlayarak bina boyunca dikey olarak hareket ederek çok yönlü harekete neden olur (Quigley, 2021). Özellikle duvarlar üzerinde yer alan iç kaplamalar bu yüklere dayanıklı olacak biçimde tasarlanmalıdır. Asma tavanlar, döşemeler gibi yatay düzlemde kullanılan iç kaplamalarında depreme dayanıklı biçimde tasarlanması gerekmektedir. Bu doğrultuda iç kaplamaların depreme karşı dayanımının sağlanması için; uygun kaplama türü, boyutu ve konumunun belirlenmesi ile ağırlığı ve yanıcılığına göre kaplama malzemesinin seçimi gibi parametreler önem taşımaktadır.

Çok katlı binalarda birincil dikey acil çıkış yolları olan merdivenler, depremler ve yangınlar sırasında çıkış ve erişim için kritik öneme sahiptir. Deprem sırasında ve sonrasında asansör kullanımının riskli olma ihtimalinden dolayı birincil acil çıkış olarak merdivenlerin tercih edilmesi gerekmektedir.

Sismik hareketler sonucunda hasar görmüş merdivenler tahliyeyi geciktirebilir, kurtarma ekiplerinin ve itfaiyecilerin yapıya erişimini engelleyebilir, ölüm ve yaralanmalara sebep olabilir (Sun vd., 2013). Çok katlı binaların işlevlerini sürdürebilmesi için orta veya şiddetli yer sarsıntılarından sonra merdivenlerin kullanılabilir durumda kalması gerekir.

Mekânlardaki yapısal olmayan unsurların büyük bir çoğunluğunu mobilyalar oluşturmaktadır. Mobilyaların depreme karşı dayanıklılıklarındaki en önemli kriterlerden biri malzeme seçimidir. Devrilen mobilyaların sebep olduğu can kaybı ve yaralanmaların önüne geçmek için, depolama elemanı dışındaki mobilyalarda hafif, kırılması durumunda kesici parçalara ayrılmayacak malzemeler kullanılmalıdır (Alıcı, 2019). Mobilyalar yapıya herhangi biçimde bağlı değildir. Çoğu mobilya özel sabitleme elemanlarına ihtiyaç duymazken bilgisayar donanımı ve dosya dolapları benzeri mobilyalar deprem anındaki stabilitelerini sağlamak için kontrol edilmelidir (Massey, 1992). Mobilya, tezgâh üstü öğeler (örneğin bilgisayarlar), dolaplar ve raflar gibi tasarımcının kapsamı dışında kalan bina içeriğindeki hasar, bu öğeler için yeterli sabitleme sağlanarak sınırlandırılabilir. Dolapların ve rafların içeriği kısıtlanabilir. Sarsıntı sırasında malzeme ve bağlantı elemanının uyum ve niteliği, ağırlık merkezi kadar mobilyanın doğru konumlandırılması da önem taşımaktadır. Doğru konumlandırılma ile mobilyaların devrilme riski en aza indirgenebilmesi; devrilme durumunda dahi can kaybı ve yaralanma riskinin azaltılabilmesi gibi parametreler önem taşımaktadır.

Aksesuarlar gibi taşınabilir olan çoğu öğenin sismik kuvvetlere dayanıklı olacak biçimde etkili bir şekilde sabitlenmesi zordur. Bu öğeleri kullanan kişiler, genellikle öğenin kullanımını daha az elverişli hale getirdikleri için, sağlanan sismik mandalları, ipleri veya diğer kısıtlama araçlarını kullanmamayı tercih ederler (Gillengerten ve Naeim, 2001). Yapısal olmayan eşyalardan kaynaklanan riskleri azaltmak için etkili yol, deprem sırasında düşüp kayabilecek, devrilebilecek ve bu nedenle zarar görebilecek eşyaları uygun bir şekilde sabitlemektir. Temel amaç eşyaların sarsıntı esnasında devrilmesini veya yer değiştirmesini önlemektir. Bunu

sağlamak için eşyalar, yapısal olan (kolon, kiriş, betonarme duvar, vb.) veya yapısal olmayan ancak sağlamlığından emin olunan bir elemana (tuğla, duvar, vb.) bağlanarak sabitlenir; bu şekilde, eşyanın sabitlendiği elemanla beraber hareket etmesi sağlanmış olur (AFAD, 2011).

Deprem anında bağlandıkları yüzeyle de ilişkili olacak biçimde esnek bir davranış sergileyen aydınlatma elemanları (Atlı, 2000), özellikle asma tavan sistemleri ile kurdukları bağlantılar ile depreme yönelik tehlike ve risk içermektedirler. Aydınlatma elemanları deprem sırasındaki sarsıntı esnasında konumlandırıldıkları alanlardan çıkıp düşerek ya da devrilerek hasara neden olmaktadır. Bu durum beraberinde maddi hasarları da getirebilmektedir. Bunun yanında aydınlatma elemanlarının düşmeleri veya devrilmeleri sonucunda malzemenin kaynaklı yangınların meydana gelmesi de mümkündür (Akbalık, 2020). Aydınlatma elemanlarının deprem anında veya sonrasında neden olduğu tehlike ve risklerin önlenmesi için tasarımcılar ve uygulayıcılar tarafından gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Mekanik ekipmanlarda deprem sırasında meydana gelen hasar, deprem sonrasında yapının işlevselliğini ciddi şekilde sınırlayabilir. Ekipmanlarının devrilmesi, tehlikeli madde içeren konteynerleri kırılarak açılması veya patlamış borulardan çıkan gazların tutuşması bina güvenliğini tehdit eder. Depremler binaların elektrik, gaz ve su hatlarına zarar verebilir ve patlama, yangın ve su baskını gibi tehlikeli durumlara neden olabilirler. Hasar senaryoları binadan binaya ve içerdiği ekipmana göre değişir (Hussain ve Hussain, 2017). Deprem esnasında yapılarda bulunana tahliye valfleri, elektrik hatları, borular ve kanallarda birçok farklı hasar oluşabilmektedir. Bu ekipman sistemlerinde meydana gelebilecek herhangi bir tehlike tüm sistemi etkileyerek yapının işlevinin de aksamasına sebep olabilmektedir (Büyükkaragöz ve Cantürk, 2018). Bu nedenle oluşabilecek sistemsel ve ekipmanlardan kaynaklanan hataları azaltmak ve yapının işlevini fonksiyonel biçimde sürdürmesini sağlamak için ekipmanların buldukları mekâna ve türlerine uygun biçimde sabitlenmeleri gerekmektedir.

Asansörler, iki veya üç katın üzerindeki binalar için alışılmış dikey taşıma olmasına rağmen, bir depremin ardından elektriksel veya mekanik hasar, karşı ağırlığın raydan çıkması veya sismik algılama sistemlerinin aktivasyonu nedeniyle çalışmayabilir. Asansörler, depremler gibi dış kuvvetler tarafından uyarıldığında yanal olarak titreyecek olan çok uzun tel hatların kullanılmasını gerektirir. Kabloların yanal titreşimi, asansör sistemi ile bina arasındaki boşluğa monte edilmiş diğer cihazlarla etkileşime girmesine neden olabilir. Kabloların deprem sırasında sallanması, asansör halatını yapıya bağlayan ekipmanı bozabilir. Sonuç olarak asansör boşluğu da etkilenebilir (Nguyen vd., 2019). Asansör sistemi ağır hasar nedeniyle aniden çalışmayı durdurabilir veya yolcular için riskli hale gelebilir. Asansörler bir deprem sonrasında çalışacak şekilde tasarlanmalıdır, ancak denetim için kapatılması gerekir (FEMA, 2006). Özellikle deprem bölgelerinde kullanılan asansörler acil kapatmayı tetikleyen sismik sensörler ile donatılmaktadır. Böylece depremden kaynaklı ani teknik arızalar ve düşmelerden kaçınmak amaçlanır (Wu vd., 2015)

Bu kapsamda modüllere yönelik belirlenen tehlikeler aşağıdaki şekilde verilmiştir:

- Eleman türünün uygun olmaması
- Eleman konumunun uygun olmaması
- Eleman biçimi ve boyutunun uygun olmaması
- Eleman genişliğinin uygun olmaması
- Eleman yüksekliğinin uygun olmaması
- Eleman ağırlığının uygun olmaması
- Eleman biçim ve formun uygun olmaması
- Eleman malzemesinin uygun olmaması
- Eleman bağlantı detayının uygun olmaması

Belirlenen temel tehlikelere bağlı riskler ise aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

- Kırılma
- Çatlama
- Deforme olma
- Çökme
- Patlama
- Dağılma
- Kaçışı engelleme veya geciktirme

• Yangın oluşması ve yayılımı
Winkler ve Meguro (1996) mühendislik teknolojisinin ve iç yapı tasarımlarının gelişmesi sayesinde yapılardaki deprem hasarlarının azaltıldığını, fakat deprem sürecindeki sallantı anında yerlerinden çıkabilen ya da devrilebilen mobilya veya diğer donatıların yani yapısal olmayan sistemlerin insanlar için tehlike oluşturabildiğini bildirilmiştir. Gelişen mühendislik teknolojileri ve iç mekân tasarımları ile yapıların deprem karşısındaki hasarları azalmaktadır. Ancak deprem anında yerlerinden çıkabilen veya devrilebilen yapısal olmayan elemanlar tehlike ve risk oluşturmaya devam etmektedir (Winkler ve Meguro 1996). Ancak deprem öncesi alınacak önlemler ile deprem sonrası kriz yönetim sürecinde oluşabilecek zorluklar azaltılacaktır.

3. Materyal ve Method

121K927 numaralı TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında hazırlanan uniçDEF yazılımı temelli moiçDEF mobil sistemi kullanılarak yapıların yapısal olmayan elemanlar açısından risk puanlarının hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada hesaplama yöntemi, L tipi matris sistemine dayalıdır.



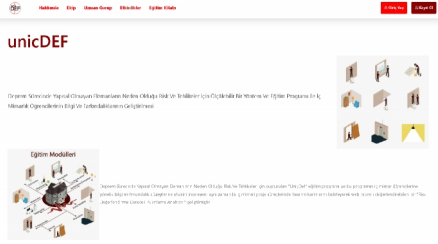
Şekil 2: İncelenen Örnek Daire

Araştırma Antalya ilinin Muratpaşa ilçesinin Çağlayan mahallesindeki Burcu sitesi C blokta bulunan 10 mahale sahip apartman dairesi incelenmektedir (Şekil 2). .Bu kapsamda uniçDEF eğitim programını almış uzman bir kişi tarafından gerekli inceleme yapılarak puan verilmiştir.

3.1. UniçDEF Yazılımının Oluşturulması

Son yıllarda hızla artan teknolojik gelişmeler ışığında depreme yönelik sensörler, veri toplama uygulamaları ve bilgisayar sistemleri geliştirilmektedir. Bu büyük ilerlemeler doğrultusunda yapılardaki hasarların tespiti ve değerlendirilmesi de hızlanmaktadır. Kentsel, bölgesel ve ulusal ölçeklerde gerçekleştirilen deprem risk değerlendirme süreçleri ile depremin olası olumsuz etkilerin büyüklüğünü ve bunların acil durum yöneticilerini ve karar vericileri sırasıyla harekete geçmeleri konusunda bilgilendirme olasılığını ölçmeyi amaçlamaktadır (Newman et al., 2017). Deprem risk değerlendirilmesinin yapılması, analiz edilecek bölgenin popülasyonu, çevresi ve diğer bölgelerle ilişkisi gibi farklı düzeylerde karmaşık ve bilimsel zorluklar içermektedir. Yapılan risk değerlendirmelerinin sonuçlarında, fiziksel hasar, ekonomik ve sosyal kayıplar ve bunların olasılıkları sayısallaştırılarak tasarlanan arayüzler ve yazılımlar aracılığı ile sunulmaktadır (Hosseinpour et al., 2021; UNISDR, 2009).

UniçDEF eğitim programı kapsamında geliştirilen yazılım sistemi ile rasyonel bir yapıda karar verme kurgusu, tasarımlar hakkında daha bilinçli, objektif kararların üretilmesine olanak tanıyarak toplu olarak karar vermeyi olanaklı hale getirerek; mimari tasarım alternatiflerini iyiden kötüye sıralamaktan öte tasarımların eksik görülen yanlarının anlaşılmasına yardımcı olması sağlanmıştır. Sistem oluşturulduktan sonra unicDEF.com adresi ile ilişkili web tabanlı kullanıcı arayüzleri bulunan online değerlendirme ve arşiv sistemi kurgulanmıştır. Hem yükleme hem de değerlendirmeni web tabanlı bu sistemle yapılması tüm süreçlerin kayıt ve çıktı verilerinin online olarak saklanması, istenildiğinde ulaşılmasını mümkün kılmaktadır. UniçDEF yazılımının amacı deprem sürecinde yapısal olmayan elemanların oluşturduğu risk ve tehlikeler için iç mimari proje süreçlerinde tasarım kararlarını ölçen web tabanlı bir “Proje Risk Puanı” belirlemek ve risk durumlarının raporlanmasını yapılabilmektedir (Özpinar, 2023). “unicDEF.com” web adresi aracılığı ile hem kolay takip edilebilen hem de kolay ulaşılabilen açık erişimli (open access) bir program oluşturulması amaçlanmıştır (Şekil 3).



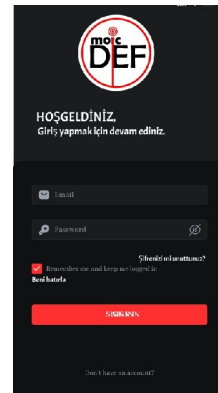
Şekil 3: uniçDEF web adresi

Yazılımın ilk aşaması mimarlık öğrenci projelerini incelemek amacıyla tamamlanmıştır. İkinci aşaması ise deprem şiddetine göre detaylı incelemeye olanak vermesi planlanmaktadır.

3.2. moiçDEF Uygulamasının Oluşturulması

Teknoloji, insanlık tarihi boyunca birçok farklı alanda var olmuş ve insan hayatını şekillendirmiş en önemli gelişmelerden biridir. Bu bağlamda, teknoloji devamlı olarak toplumsal ve endüstriyel zorunluluklar, yeni ihtiyaçlar ve bilimsel gelişmelerin de etkisi ile güncellenmektedir (Basalla, 2013). Bunu yanında özellikle mobil bilişim sektörü de son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte hızla gelişmektedir. Mobil uygulama geliştirme ortamlarının çeşitlenmesi ve artması ile de bu teknolojilerin uygulama alanları genişlemekte ve çeşitlenmektedir. Böylece daha fazla alanda ve daha fazla çeşitlilikte uygulamalar geliştirilmektedir (Macit, 2018). Teknolojik gelişmelerin günlük yaşamdaki ihtiyaçlara yönelik bir yansıması olarak da afet ve acil durum yönetimi özellikle son yıllarda dikkat çekmektedir. Bu süreçte operasyonel ve organizasyonel bağlamda teknolojik cihazlar, afetler ve acil durumlara yönelik tehlike v risklerin belirlenmesinde ve bu risklerin azaltılmasıyla ilişkili alınabilecek önlemlere yönelik önemli görevleri yerine getirebilmektedir (Memiş ve Babaoğlu, 2020). Teknolojik cihazlar arasında günlük yaşamdan ek sık kullanılan akıllı telefonlar, deprem sonrasında binalarda oluşan hasarlarının araştırılmasındaki sorunları çözmek için bir alternatif olarak kullanılabilir. Öncelikle akıllı telefonlar, deprem yönelik hazırlanan inceleme formlarını doldurmak ve binalarda meydana gelen deprem hasarlarına ilişkin multimedya verilerini toplamayıp arşivlemek için kullanılabilir. Bunun yanında, deprem durumunda gerçek bir odada sanal mobilya düşüşlerini simüle eden bir öğrenme destek ortamı geliştirmek gibi

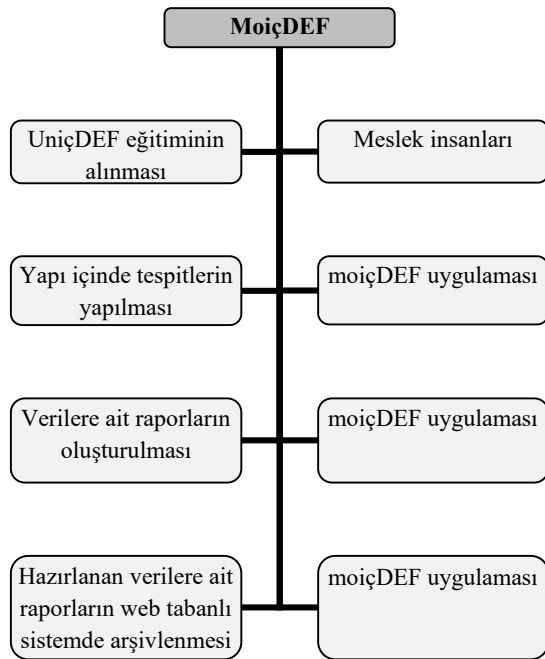
uygulamalar da geliştirilmiştir (Xu vd., 2018). Yapılan başka bir çalışmada bir deprem afeti bilgi toplama sistemi önerilmiştir. Bu sayede Android telefonlar ve iPhone'lar gibi akıllı telefonlar, GPS konumuyla birlikte görüntüler, videolar veya metin gibi deprem afet bölgesi bilgilerini yükleyebilmektedirler. Deprem Mobil uygulaması, afetlerle ilgili olarak hem vatandaşın verilerin elde edildiği hem de bilgilerin paylaşıldığı bir platform olarak tasarlanmıştır (Memiş ve Babaoğlu, 2020). AFAD tarafından geliştirilen bir mobil uygulama olan AYDES daha çok afet müdahale anına odaklanmaktadır. Bu uygulamanın yanında uzaktan algılama ve alarm sistemine yönelik projeler geliştirildiği, mobil uygulamadan yararlanıldığı tespit edilmektedir. Ek olarak, Konya AFAD tarafından belirlenen 7 kritere göre seçilmiş acil durum toplanma alanları üzerinde CBS ve mobil tabanlı teknoloji geliştirilmiştir. Yapılan literatür çalışmaları göstermiştir ki Türkiye'nin afet yönetim sürecinde CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tabanlı uygulamalar, iletişim sağlayacak uygulamalar ve erken uyarı sistemleri öne çıkmaktadır. Dünyada ve Türkiye'de devlet kuruluşları başta olmak üzere farklı organizasyon ve şirketlerin depreme yönelik mobil uygulamaları bulunmaktadır. Play Store'da yapılan incelemeler sonucunda kapsamlı bir deprem hasar tespitine ve eğitimine yönelik mobil bir uygulamaya rastlanılmamıştır. Proje ile geliştirecek olan "UniçDEF" yazılımına dayalı "moiçDEF" mobil uygulaması ile yapılarda meydana gelen yapısal olmayan eleman açısından olası hasarlarının tespit edilerek hasar seviyelerinin raporlanmasını sağlayan ilk uygulamadır (Şekil 4).



Şekil 4: moiçDEF uygulaması arayüzü

6 Şubat depremi sonrasında saha çalışmalarında aktif kullanılmak üzere mobil uygulamaya ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır. Sadece hazırlanan projeler üzerinden incelenin yeterli olmadığı aynı zamanda mevcut yapıların deprem anında yapısal olmayan elemanlar açısından risk durumlarının da ortaya konması önem taşımıştır. Bu nedenle hazırlanan mobil uygulama ile, binanın içerisinde tespitlerin anında yapılması, Raporların sahada anında telefonda olması ve Sahada mobil kullanım kolaylığı avantajlarını da beraberinde getirmiştir.

“moiçDEF” mobil uygulaması sahada yapıların iç mekanlarına yönelik zor olan verilerin tespiti ve raporlanmasını kolaylaştırırken aynı zamanda maliyetlerin azaltarak zaman sınırını ortadan kaldırmaktadır. Uygulamayı kullanmanın aşamaları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 5).



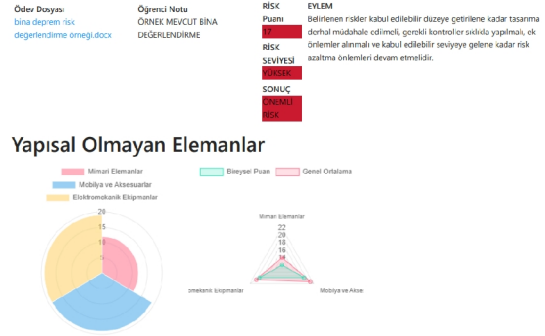
Şekil 5: moiçDEF kullanım aşamaları

Böylelikle sonuç raporlama sisteminin karşılaştırma ve değerlendirme yapmasının sağlanması ve çözüm önerilerinin hazırlanmasına katkı sağlayacaktır.

4. BULGULAR

Antalya ilinin Muratpaşa ilçesinin Çağlayan mahallesindeki Burcu sitesi C blokta bulunan 10 mahale sahip apartman dairesi incelenmiştir. Değerlendirilen projenin depremde yapısal

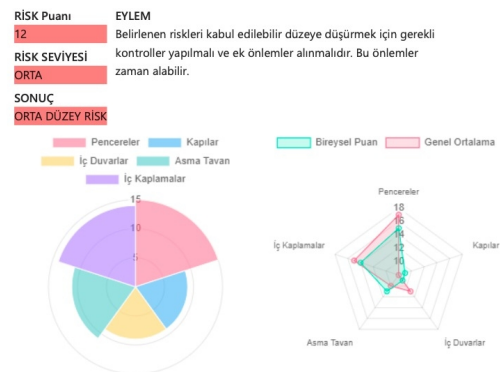
olmayan elemanlardan kaynaklanan risk puanı 17 (yüksek) olarak ortaya konmuştur (Şekil 10). Bununla birlikte her modüle ait alt kategori için Alınacak Sıklık i ile konum önlemine ait eylemler tanımlanmıştır.



Şekil 6: Değerlendirilen Proje Risk Puanı

Belirlenen üç ana kategoriden risk puanı en yüksek olan 19 (yüksek) puan ile “mobilya ve aksesuarlar” ve “elektromekanik ekipmanlar” ana kategorileridir. Mimari elemanlar ise 12 (orta) risk puanına sahiptir. Mimari elemanlar ana kategorisinde yer alan modüllerden en riskli olanı 15 (orta) puan ile pencerelerdir. Pencerelerin orta seviyede risk puanına sebep olan parametre kullanılan malzemenin depreme dayanımının yeterli olmamasıdır. Özellikle pencerede kullanılan camın deprem riskini azaltmak için lamine, temperli veya güvenlik filmlili camlar kullanılabilir. Öte yandan risk puanı en az seviyede olan 9 (düşük) risk puanı ile kapılar ve iç duvarlardır. Kapıların risk durumunu belirleyen parametreler biçim ve boyutu ile doğrama malzemesidir. İç duvarlar da ise risk durumunu belirleyen parametre malzemesine göre bağlantı detayı ve destek elemanıdır. Asma tavanlar 11 (orta), iç kaplamalar 14 (orta) risk puanına sahiptir (Şekil 7).

1. Mimari Elemanlar



Şekil 7: Mimari Elemanlar Ana Kategorisi Proje Risk Puanı

Mobilya ve aksesuarlar ana kategorisinde yer alan modüllerden en riskli olanları 19 (yüksek) risk puanı ile “mobilyalar” ve “aksesuarlar”dır. İki kategorinin de yüksek riskli olma sebebine bağlı olan parametreler bağlantı detayı ve destek elemanlarının uygun olmamasıdır. Mobilyaların depremden korunması için alınabilecek en temel önlemlerden biri mobilyaların sabitlenmesidir. Mobilya sabitleme, ağır aletlerin ve mobilyaların kazara devrilmesini önlemek için sabitlenmesini gerektiren bir afet azaltma stratejisidir (Polat ve Gül, 2023). Deprem tehlike ve riskini azaltmak için mobilya ve aksesuarların sabitlenmesi gerekmektedir (Şekil 8).

2. Mobilya ve Aksesuarlar



Şekil 8: Mimari Elemanlar Ana Kategorisi Proje Risk Puanı

Elektromekanik ekipmanlar ana kategorisinde yer alan modüllerden en riskli olanları 19 (yüksek) risk puanı ile “aydınlatma elemanları” ve “ekipmanlar”dır. Aydınlatma elemanlarını yüksek riskli olma sebebine bağlı olan parametre aydınlatma elemanının malzemesiyken ekipmanlarda ekipman bağlantı detayı ve destek elemanıdır. Deprem tehlike ve riskini azaltmak için aydınlatma elemanlarında keskin ve kırılğan özellikte cam ve kristal malzeme kullanılmasından kaçınılmalıdır. Öte yandan ekipmanların sabitlenecekleri yapısal ya da yapısal olmayan elemanlara ait yüzeyler uygun seçilmelidir (Şekil 9).

3. Elektromekanik Ekipmanlar



Şekil 9: Elektromekanik Elemanlar Ana Kategorisi Proje Risk Puanı

5. SONUÇ

Deprem öngörülebilirliği ve önlenmesi zor bir afettir. Bu sebeple depreme karşı alınması gereken önlemleri tespit edebilmek için risk analizi yapmak gerekmektedir. Geliştirilen yazılım ve mobil uygulamanın doğru ve verimli kullanılması için meslek insanlarının 5 hafta boyunca verilecek uniçDEF eğitimi alması gerekmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte mobil uygulama içeriğinin devamlı güncellenmesi sağlanmalıdır. Ayrıca deprem esnasında gerçekleşen sismik durumlarının hesaplanmasına yönelik yazılım ve mobil uygulamanın v2 versiyonu geliştirilmelidir. Böylece raporlar, mevcut durumun analizi ile birlikte sismik durumlara yapısal olmayan elemanların tepkilerini de ortaya koyabilir.

Teşekkür: Bu bildiri, TÜBİTAK-1001 “Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı” Deprem Araştırmaları kapsamında desteklenen “Deprem Sürecinde Yapısal Olmayan Elemanların Neden Olduğu Risk ve Tehlikeler İçin Ölçülebilir Bir Yöntem ve Eğitim Programı ile İç Mimarlık Öğrencilerinin Bilgi ve Farkındalıklarının Geliştirilmesi (121K927)” başlıklı proje kapsamında hazırlanmıştır. TÜBİTAK proje çalışma ekibine teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- [1] AFAD. Depreme Karşı Yapısal Olmayan Risklerin Azaltılması. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İstanbul, 2011.
- [2] Akbalık, S. Eğitim binalarının yapısal olmayan elemanlarında deprem risklerinin değerlendirilmesi: bolu ili örneği. Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi, Düzce, 96 s., 2020.

- [3] Akıncıtürk, N. "Yapı tasarımında mimarın deprem bilinci", Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt No.8, 189-201, 2003.
- [4] Alıcı, M. 2019. "Deprem unsuru açısından mobilya kullanımının incelenmesi", Uluslararası Anadolu Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt No. 3 (2), 4-15, 2019.
- [5] Ao, Y., Zhang, H., Yang, L. et al. "Impacts of earthquake knowledge and risk perception on earthquake preparedness of rural residents", Nat Hazards Vol. 107, 1287–1310, 2021.
- [6] Atılı, S. Yapısal olmayan elemanların depremdeki davranışları ve alınacak önlemler. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 80 s., 2000.
- [7] Basalla, G. 2013. Teknolojinin Evrimi, Doğu-Batı Yayınları, 2013.
- [8] Dallı, M. ve Soyluk, A. "Ethical analysis of architecture on structural irregularities in major earthquakes in Turkey", International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, Vol. ahead-of-print, 2022.
- [9] Dereci Dalbastı Ş. Deprem Sürecinde Yapısal Olmayan Elemanların Neden Olduğu Tehlike ve Risklere Yönelik Eğitim Modelinin Önerilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 2023.
- [10] Ergünay, O., Gülkan, P. ve Güler, H.H. Afet Yönetimi ile İlgili Terimler Açıklamalı Sözlük. T.C. İçişleri Bakanlığı ve Japonya Uluslararası İş Birliği Ajansı (JICA) Türkiye Ofisi Yayınları: 2, Ankara, 2008.
- [11] Ertaş Beşir, Ş. ve Dereci, Ş. Deprem sırasında konut iç mekanlarında yapısal olmayan elemanların yarattığı riskler ve alınabilecek önlemler. Social Mentality and Researcher Thinkers Journal (Smart Journal), Cilt No. 7 (42), 350-360, 2021.
- [12] FEMA. Chapter 9 (McGavin, G.). In Designing for earthquakes: A Manual for architects. essay, U.S. Dept. of Homeland Security, FEMA 454, 2006.
- [13] FEMA. Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide. Federal Emergency Management Agency. Washington, DC, 752, 2011.
- [14] Gillengerten, J.D. ve Naeim, F. Design of nonstructural systems and components. The seismic design handbook: 683, 2001.
- [15] Hosseinpour S, Götz V. ve Peukert W. "Effect of Surfactants on the Molecular Structure of the Buried Oil/Water Interface", Angew Chem Int Ed Engl. 2021 Nov 15;60(47), 25143-25150, 2021. doi: 10.1002/anie.202110091.
- [16] Hosseinpour, V., Saeidi, A., Nollet, M.-J. ve Nastev, M. "Seismic loss estimation software: A comprehensive review of risk assessment steps, software development and limitations", Engineering Structures, 232, 111866, 2021. doi:10.1016/j.engstruct.2021.1118
- [17] Hussain S.H. ve Hussain M.S. "The strategies of architectural design resisting earthquake in Tall buildings", Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences (NJES), Cilt No.20 (2), 436-445, 2017.
- [18] Macit İ. "Bütünleşik Afet Yönetim Sistemlerinde Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi: Mobil Uygulama Örneği", Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi, Cilt No. (2) 1, 23-41, 2018.
- [19] Massey, W. Architectural design for earthquake: A guide to the design of non-structural elements: A project sponsored by the New Zealand earthquake and war damage commission. New Zealand National Society for Earthquake Engineering, 1992.
- [20] Memiş, L. ve Babaoğlu, C. "Acil Durum ve Afet Yönetiminde Süreç Yaklaşımı ve Teknoloji". Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt No.13 (4), 776-791, 2020.
- [21] MEXT. Protecting Children from Falling and Tumbling Objects due to an Earthquake – Guidebook for Earthquake Protection for Nonstructural Members of School Facilities. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. Tokyo, 80, 2010.
- [22] Newman JP, et al. "Review of literature on decision support systems for natural hazard risk reduction: Current status and future research directions", Environ Modell Software, Cilt No. 96, 378–409, 2017.
- [23] Nguyen, X. T., Miura, N. ve Sone, A. "Analysis and control of vibration of ropes in a high-rise elevator under earthquake Excitation", Earthquake Engineering and Engineering Vibration, Cilt No. 18 (2), 447-460, 2019.
- [24] Özey, R. Afetler Coğrafyası. Aktif Yayınevi, İstanbul, 2006.
- [25] Özpınar, İ. Deprem Sırasında Yapısal Olmayan Elemanların Neden Olduğu Risk ve Tehlikeler İçin Proje Risk Değerlendirmesi Dereceli Puanlama Anahtarının Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, 2023.
- [26] Polat, A.I. and Gül, M. "An Analysis of Mitigation Measures for Furniture in Education Buildings to Prevent Earthquake Hazards", Journal of Interior Design and Academy, Cilt No. 3(1), 77-95, 2023.
- [27] Takagi, T. Earthquake-resistant design of interior walls and interior finishes. Earthquake-Resistant Building Design for Architects. The Japan Institute of Architects (JIA) and Japan Aseismic

- Safety Organization (JASO), Shinkosha Printing Co., Tokyo, 114-115, 2012.
- [28] UNISDR. Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Switzerland, 2009.
- [29] Vlachakis, G., Vlachaki, E. ve Lourenço, P. B. "Learning from failure: Damage and Failure of Masonry Structures, after the 2017 Lesvos Earthquake (Greece)", Engineering Failure Analysis, 104803, 2020.
- [30] Winkler, T. ve Meguro, K. "Response of Interior Rigid Body Assemblies to Dynamic Excitation", Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, June 23-28, Mexico, 1996.
- [31] Wu, S., Cheng, M. H., Beck, J. L. ve Heaton, T. H. "An engineering application of earthquake early warning: Epad-based decision framework for Elevator Control". Journal of Structural Engineering, 142(1), 2016. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)st.1943-541x.0001356](https://doi.org/10.1061/(asce)st.1943-541x.0001356)
- [32] Xu, Z., Lu, X., Cheng, Q., Guan, H., Deng, L., ve Zhang, Z. "A Smart Phone-Based System for Post-Earthquake Investigations of Building Damage", Int. J. Disaster Risk Reduct. Cilt No.27, 214-222, 2018.

Kent İçi Ulaşımında Dijital Simülasyonlara Dayalı Çözüm Önerileri: Antalya İli Örneği

Sevil KÖFTECİ¹, Mehmet Arıkan YALÇIN², Ahmet Gökhan ARSLAN³, Batuhan
Cengiz DEMİRCAN³, Buğra TERCAN³, Berat UZUNPOLAT³

¹Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı
07070, Antalya
skofteci@akdeniz.edu.tr

²Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı
07070, Antalya
202151015006@ogr.akdeniz.edu.tr

³Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı
07070, Antalya

Özet

Antalya ilinde artan nüfusa bağlı olarak araç sayılarının fazlalaşması, trafik kazası sayılarında ve trafik sıkışıklığında artışa neden olmaktadır. Ulaştırma biliminde simülasyon teknikleri, mevcut verilerden faydalanılarak gelecekte trafikte yaşanacak sorunların dijital ortamda analiz edilmesini sağlar. Genellikle yazılım programlarının kullanıldığı dijital simülasyon yöntemiyle karayolunda geometrik düzenleme ve benzeri iyileştirmelerin sonuçlarının analizi, sahada doğrudan uygulaması yapılmadan dijital ortamda gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma kapsamında Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) 'nden alınan kaza verileri kullanılarak Tekelioğlu ve Fener Caddelerinin kesiştiği döner kavşak ile Tekelioğlu Caddesine bağlanan Falez ve 1966 Caddeleri arasındaki yol kesimi incelenmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak 2 bölge kaza kara noktası olarak belirlenmiştir. Saptanan bu bölgelerde trafik kaza sayılarını ve trafikteki sıkışıklığı azaltmak amacıyla PTV Vissim paket programı kullanılmıştır. Bu program ile Antalya Büyükşehir Belediyesi'nden alınan araç sayımı verileri ile Vissim'de 4 adet senaryoya ait simülasyonlar oluşturulmuş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre mevcut durumda E ve D olan hizmet seviyelerinin Model 3 ve 4'te B ve A hizmet seviyelerine kadar çıktığı gözlemlenmiştir.

1. GİRİŞ

Kesintisiz ve güvenli ulaşım hakkı çalışma, eğitim, sağlık gibi temel insan haklarıyla doğrudan yakın ilişki içerisindedir. Bu alanda yaşanacak bir aksaklık, beraberinde çeşitli sorunlar da oluşturmaktadır. Ulaşımında bu aksamalara neden

olacak başlıca etmenler trafikte yaşanan kazalar ve trafik sıkışıklığıdır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre ortalama olarak her yıl 20 ile 50 milyon insan ölümcül yara almadan trafik kazası yaşamaktadır [3]. Ülkemizde de bu sayıda pandemi dönemi hariç genelde bir artış gözlenmektedir.

Trafik kazalarının yoğun olduğu yol kesimleri literatürde “kaza kara noktaları” olarak tanımlanmaktadır. Kaza kara noktaları çeşitli yöntemlerle belirlenmektedir. Bu konuda son yıllarda en çok tercih edilen yöntemlerden biri ise CBS tabanlı yazılımlardan yararlanılmasıdır. “Çekirdek yoğunluğu kestirimi (ÇYK)” analizi, kaza kara noktaları belirlenirken en çok kullanılan CBS tabanlı analiz metodudur [2][6].

Araç yoğunluğunun yanı sıra olası trafik kazalarından da kaynaklanacak trafik sıkışıklığının analizlerinin yapılması için dijital simülasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Dijital simülasyon, mevcut durumun sanal ortamda birebir kopyasının oluşturulmasıdır. Bu yöntem sayesinde gerçekte olan durum üzerinde ön çalışmalar yaparak olası etkileri gözlemlenebilir. Örneğin; Huang ve diğerlerinin yaptıkları çalışmada, çalışma alanı olarak belirledikleri kavşak için Vissim ile dijital simülasyon yapmışlardır [5]. Stevanovic ve diğerleri yaptıkları çalışmada Vissim ile dört temel sinyal zamanlama parametresi ve transit öncelik ayarlar optimize etmişlerdir. Optimizasyonları 2 Vissim modelinde oluşturmuşlardır. Transit öncelikli optimizasyonların, karışık trafikte gecikmeye neden olduğunu belirlemişlerdir [8].

Nüfusu ve araç sayısı hızla artmakta olan Antalya ili içinde trafik kaza sayılarında da bir artış olduğu gözlenmektedir. Çalışma kapsamında ise trafiğin yoğun olduğu Tekelioğlu ve Fener Caddelerinin kesiştiği dönel kavşak ile Tekelioğlu Caddesine bağlanan Falez ve 1966 Caddeleri arasındaki yol kesimi incelenmiştir. Yolun bu bölümü üzerinde kaza kara noktaları CBS programıyla tespit edilmiştir. Vissim simülasyon programı ile kaza kara noktası olan bu kavşak kesiminde kazaları ve trafik tıkanmalarını önleyici çözüm önerileri sunulmuştur. Bu sayede yolun daha performanslı bir biçimde kullanması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL METOT

2.1. Çalışma Alanı

Simülasyon analizi yapılan yaklaşık 850 m'lik yol kesimi, Muratpaşa ilçesi sınırlarında bulunmaktadır. Tekelioğlu ile Fener Caddeleri'nin kesiştiği dönel kavşak bölgesi ile Tekelioğlu Caddesine bağlanan Falez ve 1966 Caddeleri arasındaki yol kesiminin dijital ortamda paket program ile simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesi gerçekleştirilen saha çalışmasında, trafikteki tıkanmanın Terracity AVM 'nin önünden itibaren başladığı ve batı-doğu aksındaki ilk kavşakta maksimum seviyeye ulaştığı gözlemlenmiştir. Çalışılan yol kesimi aşağıdaki Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Çalışma alanı

Çalışma alanı olarak seçilen bu bölgede okullar, alışveriş merkezi, eğlence mekanları ve ilçe belediyesinin olması nedeniyle yoğun trafik sıkışıklığı Şekil 2'de görüldüğü gibi sıklıkla meydana gelmektedir. Buradaki kavşağın yan kollarına ait sinyalizasyon sistemi adaptif olarak çalışmaktadır.



Şekil 2: Bölgede yaşanan sıkışıklığa ait örnekler a) yol kenarına araçların park etmektan kaynaklı trafik sıkışıklığı; b) kavşak bölgesinde yaşanan trafik sıkışıklığı; c) toplu taşıtlardan kaynaklı trafik sıkışıklığı

2.2. Kaza Kara Noktalarının Tespiti ve Trafik Sıkışıklığı İçin Dijital Simülasyonlar

Çeşitli nedenlerden meydana gelen trafik kazaları canluların yaşamlarını tehlikeye sokabilmektedir. Bu kazalar ayrıca gerek ulaşımında neden olduğu sıkışıklık gerek ise çevreye verdikleri zararlardan dolayı ülkemiz için ekonomik anlamda neğatif bir etki oluşturmaktadır. Trafik sıkışıklığı ve trafik kazası Şekil 3'te gösterildiği üzere birbirlerinden etkilenebilmektedir. Trafik sıkışıklıklarını önlemek için kavşakların dijital ikizleri yapılarak sanal ortamda kavşaklar simüle edilip analizleri gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3: Trafik kazası ve sıkışıklık bağıntısı

2.3. Kaza Kara Noktalarının Tespiti

Trafik kaza kara noktalarının tespitinde CBS yazılımlarıyla ÇYK yöntemi kullanılmaktadır. ÇYK 'nın genel formülü Denklem 1'de gösterilmiştir [8].

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n \frac{K(x-x_i)}{h} \quad (1)$$

Denklem 1'de X ve Xi konum verilerini, n konum sayısını, h çalışma alanı genişliğini ve K ise çekirdek fonksiyonu katsayını göstermektedir [7]. ÇYK yönteminde belirli bir alanda gerçekleşen kazaların bölgesel bazı yoğunluklarına göre kaza kara noktalarının tespiti yapılmaktadır [4][9].

2.4. Trafik Sıkışıklığı İçin Dijital Simülasyon Çalışması

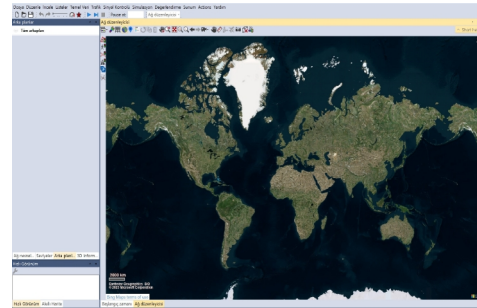
Bir yol kesitinin kapasitesi, herhangi bir zaman diliminde, genellikle 15 dakikalık kararlı trafik akımı süresince, yoldan mevcut trafik koşulları altında en fazla geçen araç sayısı olarak tanımlanır. Trafik hizmet hacmi de seçilen hizmet düzeyinin öngörülen işletme koşulları altında bir yol kesitinden bir yönde geçen en yüksek saatlik araç sayısıdır. Hizmet düzeyi, yolu kullananların yol yüzeyini nitel olarak değerlendirdiği bir sınıflandırma türüdür [10]. Tanımı yapılmış olan ulaştırma terimlerinden yola çıkarak trafik sıkışıklığı, incelenen yol kesiminin kapasitesinin taşıyabileceği en yüksek seviyelere geldiği yani yolun maksimum hizmet hacminde kullanıldığı yol durumudur. Bu koşullar altında trafikte hareket halindeki taşıt sayısı, trafik yoğunluğundan dolayı sifıra yakınsanır ve yolun hizmet düzeyi bu zaman diliminde düşmektedir. Yolun hizmet düzeyini sınıflandırırken çeşitli parametreler kullanılmaktadır. Bu parametrelerden birisi araç bazında kontrol gecikmesidir. Çizelge 1'de araç bazında kontrol gecikmesine yönelik hizmet düzeyleri gösterilmiştir [1].

Çizelge 1: Kavşaklar için hizmet düzeyleri
(Akçelik 2003) [1]

Hizmet Düzeyi	Araç bazında kontrol gecikmesi (sn)
A	10'dan az
B	10.1-20
C	20.1-35
D	35.1-55
E	55.1-80
F	80'den fazla

Dijital simülasyonla yapılan analiz yöntemlerinde, trafikte yaşanan bu sıkışıklıkları giderebilmek için dijital ortamda yol kesitinin bir ikizi oluşturulmaktadır. Aynı zamanda yol kesitlerinin hizmet düzeylerini iyileştirmek amacıyla çeşitli modeller oluşturulmaktadır. Dijital ikizleri oluşturmak için kullanılan çeşitli paket programlar bulunmaktadır. Bu programların bazıları:

- Aimsun
- Sidra
- Corsim
- PTV Vissim

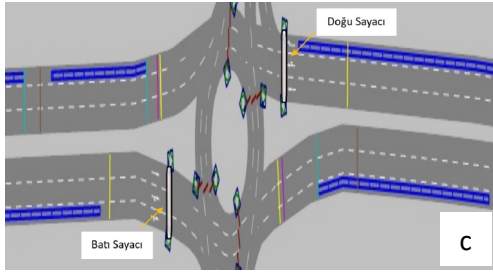
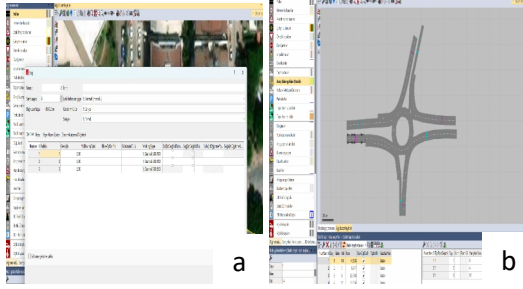


Şekil 4: Vissim arayüzü

Şekil 4'te arayüzü gösterilen Vissim paket programı ulaştırmada en çok kullanılan yazılımlardandır. Yaygın olarak kullanılmasının nedenleri arasında akıcı bir arayüzünün olması, 2 ve 3 boyutlu oluşturulan dijital simülasyonlarla bölgenin detaylı incelenebilmesi ve yolun değerlendirilebilmesi için gerekli olan ulaştırma parametrelerinin çeşitliliği gösterilir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

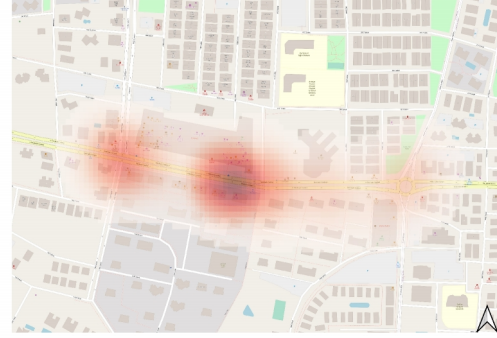
3.1. Kaza Kara Noktası Analizi Sonuçları



Şekil 5: Vissim ile yol tasarlama a) yol genişliği atama; b) araç güzergahlarını belirleme; c) çalışmada analizler için Vissim’de yerleştirilen sayaç yerleri

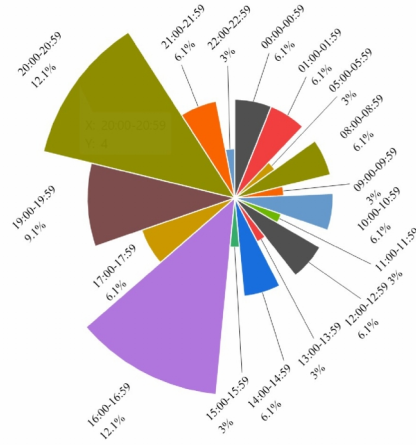
Vissim ’de çizilen yolun şerit genişliği, yaya alanının varlığı gibi kriterlerin programa giriliş penceresi Şekil 5’te gösterilmiştir.

Bu bildiriye Akdeniz Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı’nda lisansı bulunan Vissim programı kullanılarak, kazalarının yoğun olduğu ve trafik sıkışıklığı bulunan bir yol kesiminin dijital ortamda ikizi oluşturulmuştur. Mevcut durum ve alternatif çözüm önerileri için çeşitli dijital simülasyonlar oluşturulmuş ve bunlar arasında kıyaslamalar yapılmıştır. Bu kıyaslamalar yapılırken ulaşım performans parametreleri kullanılmıştır. En iyi çözüm önerileri simülasyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.



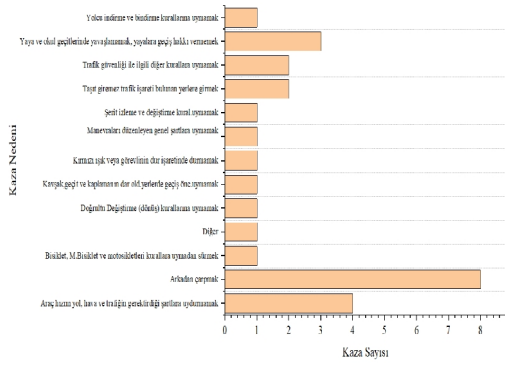
Şekil 6: Kaza kara noktaları

Şekil 6’deki haritada simülasyonu yapılan yol kesimi üzerinde, meydana gelen ölümlü/yaralanmalı trafik kazalarının (ÖYTK) yoğunlaştığı bölgeler gösterilmiştir. Buna göre alışveriş merkezinin çıkışı, bu yol kesiminde en fazla kazanın yaşandığı yer olarak saptanmıştır.



Şekil 7: Saatlik ÖYTK sayısı

Şekil 7’de çalışma kapsamında incelenen bölge için EGM’den alınan kaza verilerine göre saat bazında ÖYTK sayıları görülmektedir.



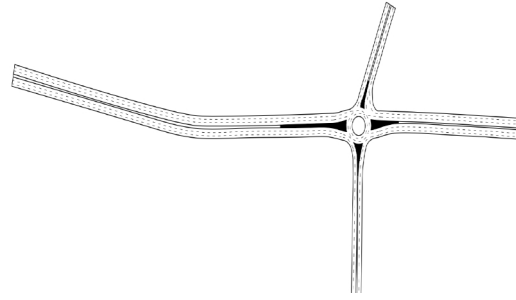
Şekil 8: ÖYTK sayıları ve nedenleri

Şekil 8’de ölümlü/yaralanmalı kazaların nedenleri kaza sayısına göre grafik olarak gösterilmiştir. Grafığe göre arkadan çarpma nedenli kazalar ilk sırada yer alırken, mevcut şartlara göre araç kullanmamak ve yaya veya okul geçitlerinde yayalara hak tanımamak ise ikinci ve üçüncü sıralarda yer almıştır.

3.2. Dijital Simülasyon Sonuçları

3.2.1. Mevcut Durum

İncelenen yol kesiminde trafik sıkışıklığını azaltıp trafikteki koşulları iyileştirerek gerek bölgenin rahatlatılmasına gerek de kaza sayısının azaltılmasına yönelik Vissim’de 4 alternatif model oluşturulmuş ve mevcut durum ile kıyaslamalar dijital simülasyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Gerçekleştirilen saha çalışmalarında, genellikle trafik sıkışıklığına neden olan sebeplerin şunlar olduğu gözlemlenmiştir: TerraCity AVM ve Muratpaşa Belediyesi önüne park eden araçlar, yayaların kural dışı bir biçimde sıklıkla karşıya geçerek trafik akımını kesintiye uğratması, toplu taşımaya ait otobüslerin ana yol üzerinde yolcu indirme-bindirme faaliyetleri için duraklarda durması vb. Dijital simülasyon modellerinin oluşturulmasında bu faktörler göz önüne alınmıştır. Antalya Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Planlama ve Raylı Sistemler Dairesi Başkanlığı’ndan alınan 17:00-19:00 saatlerine (trafiğin en fazla olduğu zaman dilimi) ait veriler kullanılarak, analizi yapılan kavşağın mevcut duruma ait Vissim’de oluşturulan dijital ikizi Şekil 9’da gösterilmiştir.



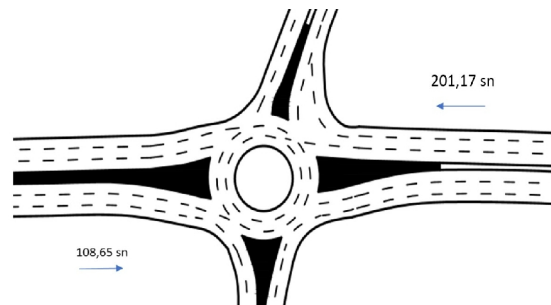
Şekil 9: Mevcut durum

Simülasyon çalışmasının yapıldığı yol kesimine ait mevcut trafik sıkışıklığını gösteren değerler Çizelge 2’de görülmektedir.

Çizelge 2: Kavşağın hizmet performansı parametreleri tablosu (Mevcut durum)

Kavşak Kolunun Yönü	Hizmet Düzeyi	Ort. kuyruk uzunluğu (m)	Maks. Kuyruk uzunluğu (m)	Gecikme Süreleri (sn)	
				Araç Gecikmesi	Durma Gecikmesi
Doğu	E	126,2	275,8	57,6	47,4
Batı	D	17,2	83,0	35,4	27,6

Çizelge 2’deki verilerden mevcut durum için trafik sıkışıklığının en fazla kavşağın doğu kolunda olduğu belirlenmiştir. Ana hat üzerinde araçlar için yaklaşık 842 metrelik mesafenin katedilmesi için gereken seyahat süreleri Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 10: Seyahat süresi (Mevcut durum)

Mevcut yol üzerinde trafik sıkışık olduğu bölgeden çıkan taşıtların hız değerleri aşağıdaki Çizelge 3'te görülmektedir. Vissim programında 10 dakika simülasyonun çalıştırılması sonucu belirlenen akım oranı değeri doğudan batıya 143, batıdan doğuya 76 araç olarak saptanmıştır.

Çizelge 3: Hız tablosu (Mevcut tasarım)

Güzergâh Yönü	Hız (km/h)
Doğudan batıya	53,2
Batıdan doğuya	48,6

3.2.2. Alternatif Senaryolar

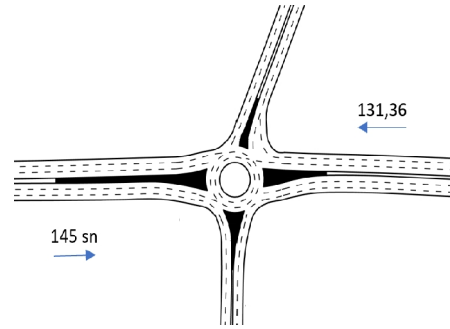
Mevcut durumdan dolayı trafikte oluşan ve kavşağın hizmet düzeyini etkileyen kuyruk mesafesi, gecikme süreleri ve araçların hızları dikkate alınarak 4 model üzerinde çözüm önerileri oluşturulmuştur. En düşük maliyetli olduğu düşünülen Model 1'de kavşağa 200 m kala araçlara park yasağı uygulanmasına ait simülasyon yapılmıştır. Model 2'de yayalar için üst geçit tasarlanmış ve otobüslerin durmasından kaynaklanan sıkışıklığı önlemek amacıyla otobüs durakları için ayrı bir cep oluşturulmasına ait simülasyon yapılmıştır. Model 3'te ana hat boyunca seyreden araçlar için alt geçit oluşturulmuş ve kanallama yöntemi ile trafik tekrar yönlendirilmiştir. Model 4'te de araçlar için üst geçit tasarımı yapılmıştır.

Model 1'de batı-doğu aksında kavşağa 200 m mesafelik yol kesiminde park yasağının uygulanması durumu analiz edilmiştir. Model 1'e göre kavşağa ait hizmet performans parametreleri Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4: Kavşağın hizmet performansı parametreleri tablosu (Model 1)

Kavşak Kolumun Yönü	Hizmet Düzeyi	Ort. kuyruk uzunluğu (m)	Maks. Kuyruk uzunluğu (m)	Gecikme Süreleri (sn)	
				Araç Gecikmesi	Durma Gecikmesi
Doğu - 200	D	68,6	191,4	50,2	50,8
Batı - 200	D	17,5	72,7	45,4	37,2

Kavşağa 200 metre kala uygulanan park yasağına göre ana hat üzerinde seyahat süreleri Şekil 11'de gösterilmiştir.



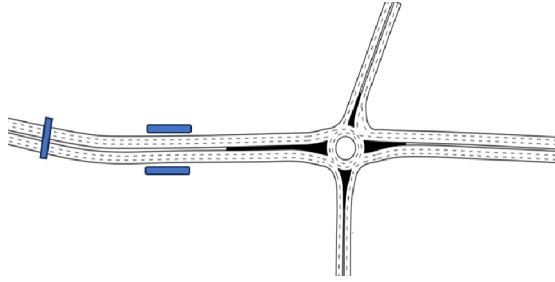
Şekil 11: Seyahat süresi (Model 1)

Model 1'e göre ana hat üzerinde seyahat eden araçların hız değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Vissim programında 10 dakika simülasyonun çalıştırılması sonucu belirlenen akım oranları ise doğudan batıya 232, batıdan doğuya 136 araç olarak saptanmıştır.

Çizelge 5: Hız tablosu (Model 1)

Güzergâh Yönü	Hız (km/h)
Doğudan batıya - 200	60,4
Batıdan doğuya - 200	53,2

Şekil 12'de dijital ortamda oluşturulan Model 2 gösterilmiştir.



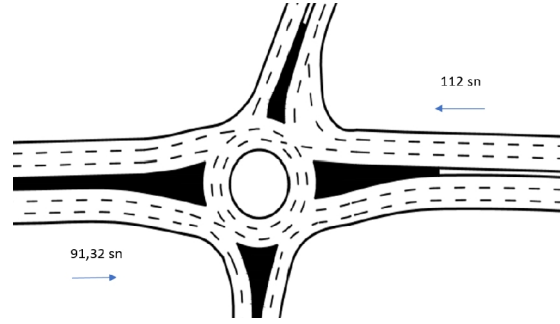
Şekil 12: Model 2

Yukarıda tasarımı gösterilen Model 2'de, otobüslerin yolcu alıp indirmesi sırasında trafik sıkışıklığına neden olmaması için otobüs durakları için cepler oluşturulmuş ve yayalar için üstgeçit yapılmıştır. Çizelge 6'daysa Model 2'ye göre tasarlanmış bu yolda bulunan kavşağa ait ulaştırma parametreleri gösterilmiştir.

Çizelge 6: Kavşağın hizmet performansı parametreleri tablosu (Model 2)

Kavşak Kolumun Yönü	Hizmet Düzeyi	Ort. kuyruk uzunluğu (m)	Maks. Kuyruk uzunluğu (m)	Gecikme Süreleri (sn)	
				Araç Gecikmesi	Durma Gecikmesi
Doğu	D	59,3	199,7	49,9	41,6
Batı	D	17,5	72,7	43,8	35,4

Model 2'de ana hat üzerinde seyreden taşıtların ortalama seyahat süresi Şekil 13'te gösterilmiştir.



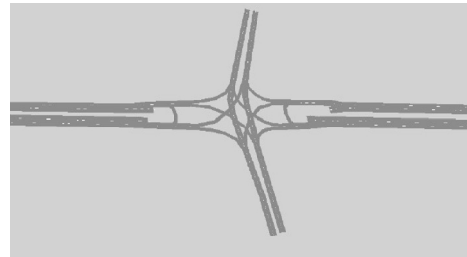
Şekil 13: Seyahat süresi (Model 2)

Vissim programında 10 dakika simülasyonun çalıştırılması sonucu belirlenen akım oranları doğudan batıya 227, batıdan doğuya 127 araç olarak bulunmuştur. Ayrıca ana hat güzergahı üzerinde seyreden taşıtların hızları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7: Hız tablosu (Model 2)

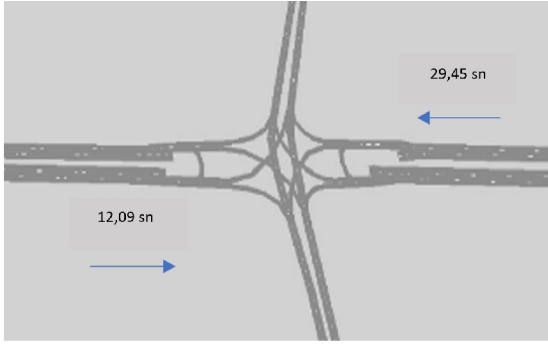
Güzergâh Yönü	Hız (km/h)
Doğudan batıya	64,44
Batıdan doğuya	53,63

Şekil 14'te dijital ortamda oluşturulan Model 3'e ait geometrik tasarımın görseli bulunmaktadır.



Şekil 14: Model 3'ün geometrik tasarımının görseli

Model 3'e göre tasarlanan bir yolda taşıtlar için bir alt geçit oluşturulmuş ve üstte ise dönel kavşak kaldırılarak kanallama içeren yeni bir tasarım yapılmıştır. Model 3 tasarımında ana hat üzerindeki araçların seyahat süreleri Şekil 15'te gösterilmiştir.



Şekil 15: Seyahat süresi (Model 3)

Çizelge 8'de Model 3 için ulaştırma parametrelerinin değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 8: Trafik sıkışıklığı tablosu (Model 3)

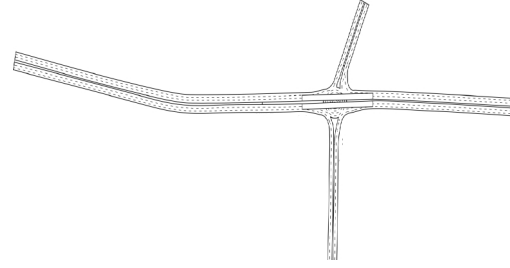
Kavşak Kolumunun Yönü	Hizmet Düzeyi	Ort. kuyruk uzunluğu (m)	Maks. Kuyruk uzunluğu (m)	Gecikme Süreleri (sn)	
				Araç Gecikmesi	Durma Gecikmesi
Doğu	B	0	0	17,7	9,8
Batı	A	0	0	0,001	0,6

Çizelge 9'da ise Model 3'teki yolda ilerleyen taşıtların hız değerleri verilmiştir.

Çizelge 9: Hız tablosu (Model 3)

Güzergâh Yönü	Hız (km/h)
Doğudan batıya	67,3
Batıdan doğuya	54,4

Araçların sinyalizasyona takılmadan devam edebilmeleri için tasarlanan üst yolun olduğu Model 4, Şekil 16'da gösterilmektedir.



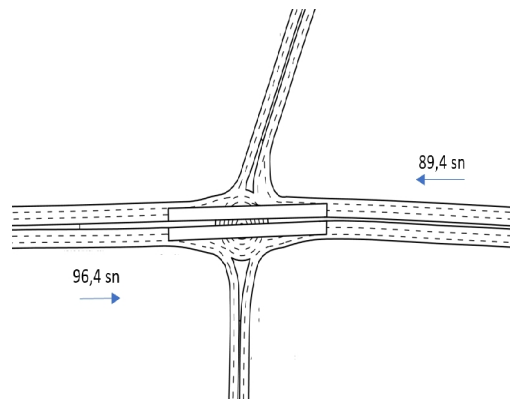
Şekil 16: Model 4

Model 4'e göre tasarlanmış bir yolda trafikte oluşan kuyruk uzunlukları ayrıntılı bir şekilde Çizelge 10'da sunulmuştur.

Çizelge 10: Trafik sıkışıklığı tablosu (Model 4)

Kavşak Kolumunun Yönü	Hizmet Düzeyi	Ort. kuyruk uzunluğu (m)	Maks. Kuyruk uzunluğu (m)	Gecikme Süreleri (sn)	
				Araç Gecikmesi	Durma Gecikmesi
Doğu	B	0	0	13,6	2,1
Batı	A	0	0	4,2	0,7

Model 4'e göre ana hat üzerinde seyahat süresi ise Şekil 17'de gösterilmiştir.



Şekil 17: Seyahat süresi (Model 4)

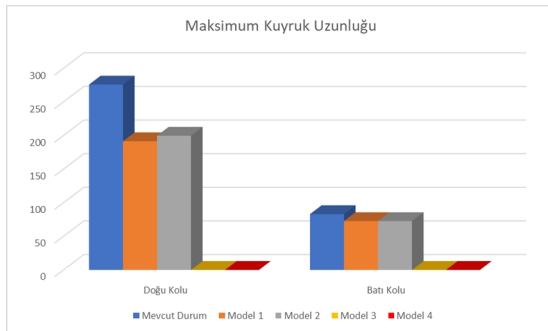
Model 4'e göre tasarlanan bir yolda ana hat boyunca taşıtların hız değerleri Çizelge 11'de verilmiştir. Vissim programında 10 dakika

simülasyonun çalıştırılması sonucu belirlenen akım oranları doğudan batıya 404, batıdan doğuya 295 araç olarak saptanmıştır.

Çizelge 11: Hız ve yoğunluk tablosu (Model 4)

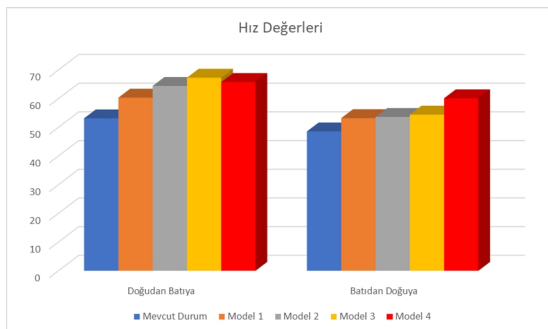
Güzergâh Yönü	Hız (km/h)
Doğudan batıya	65,8
Batıdan doğuya	60,1

Şekil 18'de tüm senaryolarda oluşturulan modellerden elde edilen sonuçlara göre maksimum kuyruk uzunlukları gösterilmiştir. Şekil 18'deki grafiğe göre Model 3 ve 4'te ana hat üzerindeki kuyruklanmalar tamamen ortadan kalmış, Model 1 ve 2 'de sırasıyla kuyruk uzunluğunda batı kolunda %13 ve %11, doğu kolunda ise sırasıyla %31 ve %28'lik bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 18: Maksimum Kuyruk Uzunlukları

Şekil 19'da görülen 4 modele ait hız değerlerindeki artış incelendiğinde, her bir model için mevcut duruma göre sırasıyla doğudan batıya %13, %17, %26, %23; batıdan doğuya ise %9, %15, %12, %23 hız değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir.



Şekil 19: Hız Değerleri

Çizelge 12: Hizmet düzeyleri

Hizmet Düzeyi	Mevcut Durum	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Doğu	E	D	D	B	B
Batı	D	D	D	A	A

Tüm simülasyon analizlerine göre hizmet düzeylerindeki değişimde Çizelge 12'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi yatırım maliyetlerinin yüksek olacağı düşünülen Model 3 ve 4'te hizmet seviyeleri E ve D düzeylerinden B ve A düzeylerine yükselmiştir.

4. SONUÇLAR

Dijital simülasyonun ulaştırma alanında örnek bir uygulamasının yapıldığı çalışmada, Vissim paket programıyla Antalya ili Muratpaşa ilçesinde trafik sıkışıklığının yoğun olarak yaşandığı bir kavşakta, değişik senaryolar için iyileştirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre daha düşük yatırım maliyetine sahip Model 1 ve 2'de kuyruk uzunluklarında %31'e kadar kısalma, taşıt hızlarında %17'ye kadar artış olduğu gözlemlenmiştir. Yatırım maliyetlerinin çok daha yüksek olduğu Model 3 ve 4'te ise kuyruk uzunluğu olmadığı, taşıt hızlarında ise %26 artış olduğu gözlemlenmiştir. Dijital simülasyon yöntemiyle olası geometrik düzenlemelerin trafik sıkışıklığına etkisini, birebir sahada uygulama yapmadan görsel olarak, animasyonlarında katkısıyla görmek mümkündür. Böylece trafikte ve geometrik düzenlemelerdeki olası değişikliklerin analizini yapmak ve sonuçlarını yorumlamak kolaylaşmaktadır. Dijital simülasyon analizlerinde en çok dikkat edilmesi gereken nokta, özellikle paket programlarla gerçekleştirilen çalışmalarda kalibrasyon işleminin doğru yapılmasıdır. Böylece gerçek saha verilerinin dijital ortamda doğru bir şekilde yansıtılması mümkün olmaktadır.

Teşekkür

Yazarlar, çalışma verileri için Emniyet Genel Müdürlüğü'ne ve Antalya Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Planlama ve Raylı Sistemler Dairesi Başkanlığı'na teşekkür ederler.

5. KAYNAKLAR

- [1] Akçelik, R. 2003. Guide to Traffic Engineering Practise: Traffic Signals 3rd ED. Part 7 Sydney
- [2] Anderson, T. K. (2009). Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 359-364.
- [3] Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ): Road traffic injuries. https://www.who.int/health-topics/road-safety#tab=tab_1 [Son erişim tarihi: 18.09.2023].
- [4] Hashimoto, S., Yoshiki, S., Saeki, R., Mimura, Y., Ando, R., & Nanba, S. (2016). Development and application of traffic accident density estimation models using kernel density estimation. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 3(3), 262-270.
- [5] Huang, F., Liu, P., Yu, H., & Wang, W. (2013). Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field measured traffic conflicts at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1014-1024.
- [6] Newaz, K. M. S., Hasanat-E-Rabbi, S., & Miaji, S. (2017, August). Spatio-temporal study of road traffic crash on a national highway of Bangladesh. In 2017 4th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS) (pp. 60-66). IEEE.
- [7] Silverman, B. W. (2018). *Density estimation for statistics and data analysis*. Routledge.
- [8] Stevanovic, J., Stevanovic, A., Martin, P. T., & Bauer, T. (2008). Stochastic optimization of traffic control and transit priority settings in VISSIM. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 16(3), 332-349.
- [9] Xie, Z., & Yan, J. (2013). Detecting traffic accident clusters with network kernel density estimation and local spatial statistics: an integrated approach. *Journal of transport geography*, 31, 64-71.
- [10] Yayla, N. 2004. *Karayolu Mühendisliği*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 285.

Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım: Antalya'da Akıllı Sinyalizasyonun Geleceği

Seyitali İLYAS¹ Dr.Öğr.Üyesi Yalçın ALBAYRAK²

¹ Akdeniz Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Akdeniz Üniversitesi
seyitaliant@gmail.com

²Akdeniz Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Akdeniz Üniversitesi
yalbayrak@akdeniz.edu.tr

Özet

Akıllı trafik yönetimi sistemleri, şehirlerin trafik sorunlarına çözümler sunma ve çevresel etkileri azaltma potansiyeline sahiptir. Bu uygulamaların yerel gereksinimlere göre uyarlanması, sürdürülebilir ulaşımın teşvik edilmesine ve şehirlerin gelecekte daha yaşanabilir ve çevreci bir hale gelmesine önemli katkılarda bulunacaktır. Bu çalışmada kent içi ulaşımın sürdürülebilirliğine odaklanarak tam adaptif kavşakların trafik yönetimindeki rolünü ve Antalya'daki benzer uygulamalar detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Ayrıca mevcut sistemin geliştirilmesi adına dijital dönüşümün çalışmaları kapsamında önerilerde bulunulmuştur.

1. GİRİŞ

Günümüz dünyası, doğal kaynakların tükenmesi, iklim değişikliği, çevresel kirlilik ve toplumsal eşitsizlik gibi birçok sorunla karşı karşıya kalmıştır. Bu sorunlar, insanlığın geleceği için büyük tehditler oluşturmaktadır ve bu tehditlere karşı önlem alınması bir zorunluluk olmuştur. İşte bu noktada, sürdürülebilirlik kavramı önem kazanmaktadır [1], [2].

Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak için bugünkü kaynakları kullanırken, çevreyi koruma ve toplumsal adaleti sağlama amacını taşıyan bir yaklaşımı ifade etmektedir [3].

Sürdürülebilirlik, yaşadığımız gezegenin ve insanlığın geleceği için kritik bir hedefdir. Gelecek nesillerin yaşanabilir bir dünya bulabilmesi için, bireyler olarak sürdürülebilirlik bilincinin geliştirilmesi, işletmeler ve toplumlar olarak sürdürülebilir uygulamalara öncelik verilmesi gerekmektedir. Bu noktada, nesnelere interneti (IoT) ve sürdürülebilir uygulamalar arasındaki bağlantı giderek önem kazanmaktadır [4].

Nesnelerin İnterneti, fiziksel nesnelere internet üzerinden birbirleriyle iletişim kurup, veri

paylaşabildiği bir teknoloji konseptini tanımlamaktadır. Bu nesnelere, sensörler, kameralar, GPS cihazları ve diğer cihazlar aracılığıyla çevrelerindeki olayları izleyebilmekte ve bu verileri internet aracılığıyla başka cihazlarla veya insanlarla paylaşabilmektedir. IoT, bu verilerin analiz edilmesi ve daha iyi kararlar alınmasını sağlayan birçok uygulama alanına sahiptir. Trafik yönetimi de bu alanlardan biridir [5], [6].

Karmaşık ve yoğun trafik şehirlerimizde birçok soruna yol açmaktadır. Trafik sıkışıklığı, kazalar, enerji israfı ve hava kirliliği gibi sorunlar, sadece kişisel rahatsızlık yaratmakla kalmayıp aynı zamanda ekonomik ve çevresel maliyetlere de neden olmaktadır. IoT teknolojisi, trafik yönetimi konusunda büyük bir potansiyel sunmuş ve bu sorunlara yenilikçi çözümler getirmiştir. Böylece daha güvenli, çevre dostu ve verimli ulaşım sistemlerinin temelleri atılmıştır. Bu sistemler, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma amacıyla geliştirilen akıllı ulaşım konseptine önemli bir katkıda bulunmuştur [7-9].

Dünyanın birçok şehrinde akıllı ulaşım çerçevesinde çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Avustralya Sidney'de 2017-2020 yılları arasında 600 milyon dolar yatırım yapılarak Akıllı Otoyol Sistemi projesini gerçekleştirilmiştir. Bu sistem, trafik kontrol odası operatörlerinin olası tıkanıklık seviyeleri hakkında kısa vadeli tahminler yapmasına, alternatif müdahale planlarını karşılaştırmasına ve tıkanıklığı azaltma stratejisi için en iyi seçimi yapmasına olanak tanımıştır. Amerika'nın Kaliforniya eyaletinin, San Diego şehrinde entegre koridor yönetim sistemi çalışmaları 2011 yılında başlamış olup halen devam etmektedir. Kontrol merkezlerindeki operatörler gelecek 15-30-45-60 dakikalık süreler için trafik hacmi, hız, hizmet seviyesi gibi verilere ulaşabilmektedirler. Böylelikle ulaşım ağında beklenilmeyen durumların uyarısı yapılabilmekte ve araçlar için alternatif yollar önerilmektedir. Alternatif planların tercih edilme durumlarında

verimlilik sonuçları önceden operatöre görsel olarak belirtilmektedir. Bu sonuçlar, operatörün herhangi bir stratejinin durumu iyileştirip iyileştiremeyeceğini ve bu alternatiflerden hangisinin en iyi olduğunu hızlı bir şekilde görmesini sağlamaktadır. Almanya'nın Wieasbaden şehrinde, trafikte dijitalleşme projesi 2019 yılında başlayıp 2021 yılında bitmiştir. Bu kapsamda trafik ile ilgili emisyonlarda azalmayı sağlamak için, trafik verileri gerçek zamanlı olarak kaydedilerek analiz edilmiştir. Bu sistemde 226 kavşaktan, kameralar ile elde edilen veriler birbiriyle ilişkilendirilerek gerçek zamanlı analizler yapılmakta olup operatörlerin emisyonu en az sonuç verecek senaryo tercihi yapmalarına yardımcı olmaktadır [10].

Günümüzde sürdürülebilirlik, trafik yönetimi ve akıllı şehir teknolojilerinin entegrasyonu ile şehirlerimizin ulaşım sistemleri daha etkili, güvenli ve çevre dostu bir hale gelmiştir. Bu çalışmada, Antalya'nın benimsediği yenilikçi yaklaşımlar ve akıllı kavşak uygulamalarının, Antalya'nın sürdürülebilir ulaşım vizyonunu ve akıllı trafik yönetimindeki öncülüğü detaylı bir şekilde ele alınmakta ve gelecekte yapılacak çalışmalarla ilgili önerilerde bulunulmuştur [11].

2. TRAFİK YÖNETİMİNDE AKILLI KAVŞAKLAR

Akıllı kavşaklar, trafiği düzenlemek ve yönlendirmek için teknolojinin gücünü kullanan karmaşık ulaşım sistemleridir. Bu sistemler, trafik ışıkları, kameralar, sensörler, radarlar ve yazılım uygulamaları gibi bir dizi teknolojik bileşeni bir araya getirmektedir. Akıllı kavşaklar, sürücülere ve trafik yöneticilerine birçok avantaj sunmaktadır [12], [13]. Akıllı kavşakların sağladığı bazı faydalar:

- **Trafik Akışını İyileştirme:** Akıllı kavşaklar, trafik verilerini gerçek zamanlı olarak analiz ederek trafik akışını optimize etmekte. Bu sayede trafik sıkışıklıkları azaltmakta ve yolculuk süreleri kısalmaktadır.
- **Kazaları Önleme:** Akıllı kavşaklar, kazaları önlemek için çevresel faktörleri izlemekte, tehlike algılama sistemleri ile sürücülere uyarabilmektedir.
- **Çevre Dostu:** Akıllı kavşaklar, trafik akışını optimize ederek yakıt tüketimini azaltmakta ve böylece hava kirliliği ve karbon ayak izini düşürmektedir.
- **Acil Durumlar İçin Hızlı Tepki:** Acil durumlarda, akıllı kavşaklar, ambulans, itfaiye veya polis araçlarına öncelik

tanıyabilmekte. Bu sayede acil müdahaleler daha hızlı gerçekleştirilebilmektedir.

- **Veri Toplama ve Analizi:** Akıllı kavşaklar, trafik hareketlerini izleyerek şehir yöneticilerine değerli veriler sunmaktadır. Bu veriler, şehir planlamasını ve trafik yönetimini geliştirmek için kullanılmaktadır.
- **Sürdürülebilirlik:** Akıllı kavşaklar, bisiklet yolları, yaya geçitleri ve toplu taşıma hatları gibi sürdürülebilir ulaşım seçeneklerini teşvik etmektedir.

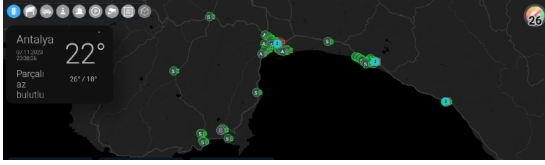
Akıllı kavşaklar, şehirlerin geleceğinde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bu teknolojinin tam anlamıyla etkili olabilmesi için yatırım ve entegrasyon gerekmektedir. Ayrıca, gizlilik ve güvenlik konuları da göz önünde bulundurulmalıdır, çünkü bu sistemler kişisel verileri toplamakta ve analiz etmektedir.

Sonuç olarak, akıllı kavşaklar, şehirlerimizin ulaşım sistemlerini daha sürdürülebilir, güvenli ve verimli hale getirme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiyi kullanarak, trafik sorunlarına çözüm bulmak ve şehirlerimizi daha yaşanabilir hale getirmek mümkün olmuştur [14], [15]. Ancak bu amaçla geliştirilen projelerin iyi planlanması ve toplumun katılımını sağlamak gerekmektedir.

2.1. Trafik Kontrol Merkezi ve Akıllı Kavşaklar Antalya Benzeşimi

2023 yılı, Antalya şehrinde trafik yönetimi açısından önemli gelişmelere sahne oldu. Bu yıl içerisinde Antalya da 40 adet Tam Adaptif Akıllı Kavşak ve 61 adet uzaktan erişimli kavşak tesis edilmiş, aynı zamanda bir Trafik Kontrol Merkezi'nin kurulumu gerçekleştirilmiştir. Trafik Kontrol Merkezi, tüm bu akıllı ve uzaktan erişimli kavşakları koordinasyonunu ve yönetimini gerçekleştirmektedir. Antalya Trafik Kontrol Merkezi, trafik akışını gerçek zamanlı olarak izleyebilme, trafik yoğunluğunu analiz etme ve trafik ile ilgili olaylara hızlı bir şekilde müdahale etme yeteneği sunmaktadır. Bu adımlar, trafik yönetimini eniyileme, trafik güvenliğini artırma ve şehirdeki trafik akışını daha etkin hale getirme amacıyla gerçekleştirilmiştir [15], [16].

Aşağıda Şekil 1'de Antalya da ki akıllı kavşakların kavşak kontrol merkezinden alınma görünümü gösterilmiştir. S harfi ile belirtilen çemberler uzaktan izlemeli, A harfi ile belirtilenler tam adaptif kavşakları temsil etmektedir.

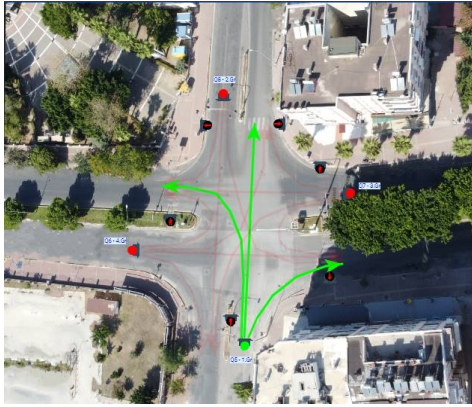


Şekil 1: Antalya Trafik Kontrol Merkezi Arayüzü

2.2. Tam Adaptif Trafik Yönetim Sistemi

Antalya da ki Tam Adaptif Kavşak yönetim sistemi incelendiğinde çeşitli uygulamaların gerçekleşmekte olduğu görülmüştür.

Aşağıda Şekil 3'te Antalya da Defterdarlık Bulvarı, Kazım Karabekir Caddesi kesişiminde bulunan Tam Adaptif Sinyalize Kavşak (Defterdarlık Kavşağı) grupları gösterilmiştir.

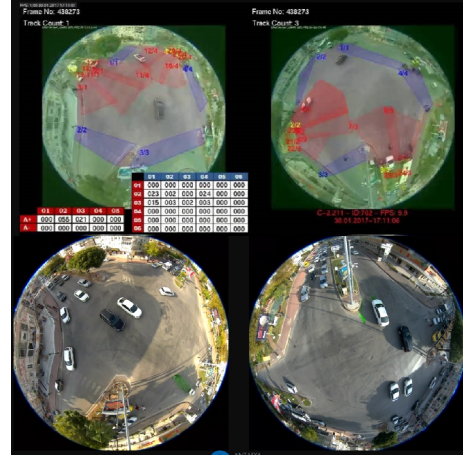


Şekil 2: Akıllı Kavşak Sinyal Gruplarının Gösterimi

2.1.1. Taşıtların algılama sistemi

Taşıtların algılama sistemi, trafik akışını sürekli olarak izlemekte ve bu verilere dayanarak sinyal vericilerin hangi renk yanacağını ve bu rengin ne kadar süre boyunca devam edeceğini anlık olarak belirlemektedir. Bu sayede trafik ışıkları, her an değişen trafik koşullarına ve taleplere hızlı bir şekilde uyum sağlayarak trafik akışını eniyilemekte ve bekleme sürelerini minimum seviyeye indirmektedir [18].

Aşağıda Şekil 2'de Tam Adaptif Akıllı Kavşağa ait kamera görüntüleri verilmiştir. Balık gözü kamera görüntüleri üzerinde oluşturulmuş olan sanal bölgeler araç tespiti ve araç sayımı yapılmasında kullanılmaktadır.



Şekil 3: Tam Adaptif Akıllı Kavşak Kamera Görüntüleri

2.1.2. Taşıtların Sınıflandırma

Tam Adaptif Kavşaklar kavşaktan geçen taşıtları otomobil, kamyon, otobüs, motosiklet gibi farklı kategorilere ayrılarak sayım yapmaktadır. Bu sınıflandırma sayesinde trafik kontrol merkezinin, kavşaklardaki taşıtların türlerini ve yoğunlukları hakkında daha ayrıntılı bilgilere sahip olmaktadır.

Şekil 4'te Defterdarlık kavşağına ait yön bazlı araç sınıflandırma çıktısı görülmektedir. Yön 1 TRT kavşağından geliş kolunu, Yön 2 Paşabahçe kavşağından geliş kolunu, Yön 3 Megapol kavşağından geliş kolunu, Yön 4 100 Yıl kavşağından geliş kolunu temsil etmektedir.



Şekil 4: Yön Bazlı Araç Sınıflandırma

Taşıtların sınıflandırma verileri, trafik akışını daha iyi analiz etmeye ve trafik yönetimini daha hassas bir şekilde ayarlamaya yardımcı olmaktadır. Taşıtların türlerine göre yeşil ışık süreleri eniyileme yapılarak trafik sıkışıklığını azaltmakta ve taşıtların daha hızlı ilerlemesi sağlanmaktadır. Örneğin, yoğun bir kamyon trafiği varsa, sistem kamyonların kavşakları daha hızlı geçmesini sağlamak için yeşil ışık sürelerini uzatmaktadır. Bu da taşıtların yakıt tasarrufu yapmasına ve karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır [19-21].

2.1.3. Trafik Kontrol Merkezi Kavşak Kontrol Paneli

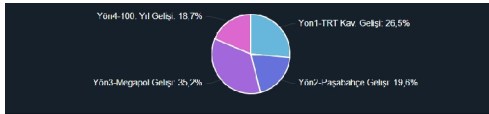
Trafik Kontrol Merkezi Kavşak Kontrol Paneli, bir şehirdeki çeşitli kavşaklarda trafik ışıklarını, geçiş hakları ve diğer trafik yönetim unsurlarını koordine etmek için kullanılmaktadır. Bu panel, genellikle trafik kontrol merkezi operatörleri tarafından izlenmekte ve kullanılmaktadır. Trafik ışıklarının en düşük ve en yüksek sürelerini ve diğer trafik düzenlemelerini bu panel aracılığıyla ayarlamak mümkündür. Ayrıca bu panel üzerinden akıllı kavşaklar hakkındaki istatistikî verilere erişilebilmektedir.

Şekil 5'te Defterdarlık kavşağına ait Kavşak Kontrol Paneli ekran görüntüsü verilmiştir. Burada Mevcut kavşağın adaptif çalışmasıyla yakıt tüketimi, karbon emisyonu açısından oluşturduğu iyileşme, kol bazlı araç sayımları grafiği, araç sınıflandırma grafiği gibi performans parametreleri gösterilmektedir.



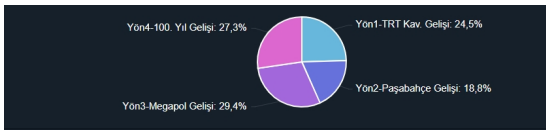
Şekil 5: Kavşak Kontrol Paneli

Şekil 6'da kavşak giriş kollarına göre toplam araç dağılımı verilmiştir. Buna göre Defterdarlık kavşağına en çok araç Yön 3'ten gelmektedir ve toplam araç sayısına göre bu oran %35,2'dir.



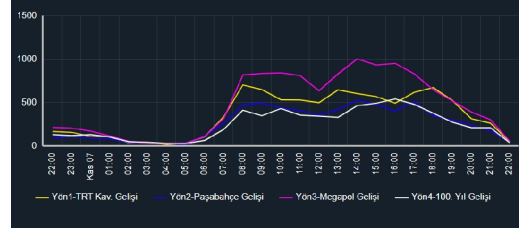
Şekil 6: Kavşak Giriş Kollarına Göre Toplam Araç Dağılımı

Şekil 7'de kavşak çıkış kollarına göre toplam araç dağılım grafiği verilmiştir. Buna göre Yön 3 istikameti %29,4 ile kavşağa gelen araçların en çok tercih ettiği güzergâh olduğu görülmüştür.



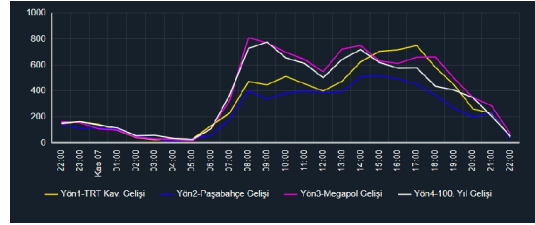
Şekil 7: Kavşak Çıkış Kollarına Göre Toplam Araç Dağılımı

Şekil 8'de kavşak giriş kollarına göre toplam araç sayımı gösterilmiştir.



Şekil 8: Kavşak Giriş Kollarına Göre Toplam Araç Sayımı

Şekil 9'da kavşak çıkış kollarına göre toplam araç sayımı gösterilmiştir.



Şekil 9: Kavşak Çıkış Kollarına Göre Toplam Araç Sayımı

Şekil 8 ve Şekil 9'da görüldüğü üzere sabah saatlerinden sonra kavşakta giriş ve çıkış kollarında araç sayısı artmakta, akşam saatlerinden sonra ise düşmektedir.

2.3. Uzaktan İzlemeli Kavşaklar

Antalya da bulunan 61 adet uzaktan erişimli kavşak, trafik yönetimine önemli katkılar sunmaktadır. Bu kavşaklar, merkezi bir kontrol birimi tarafından yönetilebilir özelliğine sahiptir. Sistem, merkezi kontrol birimine uzaktan erişim sağlamaktadır. Bu sayede trafik ışıklarının programları anında değiştirilebilmektedir. Trafik yoğunluğuna, zaman dilimlerine veya özel olaylara bağlı olarak sinyal süreleri ve programlar ayarlanabilmektedir. Ayrıca bu sistem, kavşaklar üzerindeki sensörler ve donanım bileşenleri aracılığıyla kavşakların durumunu sürekli olarak izleyerek herhangi bir arıza veya sorun algılandığında, bu bilgi kontrol merkezine otomatik olarak iletilmektedir. Merkezi kontrol birimi, anlık olarak kavşaktaki sorunları tespit ederek ve gerekli müdahaleyi hızla başlatılmaktadır.

2.4. Ulaşımın Geleceği Dijital İkizler

Dijital ikizler, gerçek dünyadaki nesnelerin, yapıların veya sistemlerin dijital bir kopyasını oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu kopya, gerçek dünya ile sürekli olarak senkronize edilmekte ve bu sayede gerçek dünyadaki değişiklikleri yansıtmaktadır.

Bu teknoloji, IoT (Nesnelerin İnterneti), büyük veri analizi, yapay zekâ ve diğer ileri teknolojilerin bir araya getirilmesiyle mümkün olmaktadır. Dijital ikizler, birçok endüstri için büyük bir potansiyele sahiptir ve trafik yönetimi de bu alanlardan biridir [22].

Trafik yönetimi alanında, dijital ikizler, şehirdeki trafik akışını, kavşakların durumunu ve yol şartlarını gerçek zamanlı olarak izlemek ve analiz etmek için kullanılmaktadır. Böylece enerji tüketimini azaltmak ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak amacıyla şehirlerin trafik modelleri ve simülasyonları oluşturularak yeni trafik yönetimi stratejileri test edilmekte ve eniyileme çalışmaları yapılmaktadır. Ayrıca büyük verilerin toplanarak, bu trafik verilerinin analiz edilmesi sonucunda trafikteki tehlikeli durumlar tespit edilmekte ve sürücüler veya trafik yöneticileri uyarılmaktadır. Bu, kazaları önlemeye yardımcı olmakta ve trafik güvenliğini artırmaktadır. Ancak dijital ikizlerin uygulanması ve yönetilmesi, yatırım, altyapı ve veri gizliliği gibi bazı zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojinin potansiyel faydaları, trafik yönetimini daha etkili ve verimli hale getirme açısından büyük bir öneme sahiptir [23-].

Bu bağlamda Antalya da Ulaşımında Dijital dönüşüm devam ettirilerek trafik yönetimi aşağıdaki maddelerde belirtilen hususların uygulanmasıyla iyileştirilebilecektir:

- V2V (Araçtan Araca) İletişim: Otonom araçların yaygınlaşması sağlanabilir, araçlar arasındaki iletişim ve kavşaklarla entegrasyon daha da önem kazanacaktır. Örneğin, bir araç aniden fren yaparsa, bu bilgi diğer araçlara iletilerek arkadan gelen araçların uygun bir şekilde tepki vermesi sağlanabilecektir.
- Trafik Yoğunluğu ve Akışı: Akıllı kavşaklar, trafik yoğunluğu ve akışı hakkında topladıkları verileri diğer kavşaklarla paylaşabilir. Bu sayede trafik akışı koordine edilecek ve trafik sıkışıklıkları azaltılacaktır.

- Güvenlik ve Acil Durumlar: Akıllı kavşaklar, acil durumlar ve kazalar için hızlı bir tepki sağlamak amacıyla iletişim kurabilir. Acil durum araçlarına öncelik tanımak için diğer araçlara ve trafik ışıklarına bilgi iletebilir.
- Toplu Taşıma İyileştirmeleri: Dijital ikizler, toplu taşıma sistemlerini izler ve eniyileme yapar. Bu, toplu taşımanın daha verimli hale getirilmesine ve kullanıcıların deneyiminin iyileştirilmesine yardımcı olacaktır.
- Veri Analizi ve Dijital İkiz: Mevcut sistem dijital ikiz sistemine dönüştürülerek, büyük verilerin analiz edilmesiyle beklenmeyen durumlarda trafik operatörlerinin kavşak kontrol merkezinden anlık olarak en iyi çözümü uygulaması sağlayabilir.

3. SONUÇLAR

Tam Adaptif Kavşaklar, trafik yönetim sistemi içerisinde şehir içi ulaşımı daha verimli ve çevre dostu hale getirmek için önemli bir araçtır.

Bu çalışmada Antalya da trafik yönetiminde Tam Adaptif Kavşak performansı Defterdarlık kavşağı örneğiyle, kavşak kontrol merkezinden alınan verilerle gözlenmiştir. Kavşağın Tam Adaptif olarak çalışma durumunun, sabit sinyal süreli olarak çalışma durumuna göre %28'lik bir performans iyileşmesi sağladığı görülmüştür.

Antalya, trafik yönetimi konusunda yenilikçi çözümleri benimseyerek geleceğe daha güvenli ve sürdürülebilir bir ulaşım sistemi kurma yolunda önemli adımlar atmıştır. Sonuç olarak Antalya da IoT uygulamalarının yaygınlaşmasıyla, akıllı kavşakların dijital ikiz kapsamında gerçekleştireceği dönüşüm ile trafik yönetimi ve ulaşımın daha etkili ve sürdürülebilir hale geleceği beklenmektedir.

4. TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmanın gerçekleşmesi adına '1649B032303124 'numaralı '2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Doktora Programı' kapsamında desteği için TÜBİTAK'a teşekkür ederler.

5. KAYNAKLAR

- [1] S. Nishioka, "A challenge for sustainability science: can we halt climate change?", Sustain Sci, 2023.

- [2] L. Tozer, "Urban climate change and sustainability planning: an analysis of sustainability and climate change discourses in local government plans in Canada", *Journal of Environmental Planning and Management*, c. 61, sy 1, ss. 176-194, 2018.
- [3] S. Holmes, "Climate change, sustainability, and competition law", *Journal of Antitrust Enforcement*, c. 8, sy 2, ss. 354-405, 2020.
- [4] A. Dakhnovich, D. Moskvina, ve D. Zegzhda, "A Necessary Condition for Industrial Internet of Things Sustainability", *Communications in Computer and Information Science*, c. 1544 CCIS, ss. 79-89, 2022.
- [5] Z. Li, M. V. Chitturi, L. Yu, A. R. Bill, ve D. A. Noyce, "Sustainability effects of next-generation intersection control for autonomous vehicles", *Transport*, c. 30, sy 3, ss. 342-352, 2015.
- [6] J. Lee, B. Park, K. Malakom, ve J. So, "Sustainability assessments of cooperative vehicle intersection control at an urban corridor", *Transp Res Part C Emerg Technol*, c. 32, ss. 193-206, 2013.
- [7] F. Zhu, Y. Lv, Y. Chen, X. Wang, G. Xiong, ve F. Y. Wang, "Parallel Transportation Systems: Toward IoT-Enabled Smart Urban Traffic Control and Management", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, c. 21, sy 10, ss. 4063-4071, 2020.
- [8] X. Qi, G. Mei, ve F. Piccialli, "Resilience Evaluation of Urban Bus-Subway Traffic Networks for Potential Applications in IoT-Based Smart Transportation", *IEEE Sens J*, c. 21, sy 22, ss. 25061-25074, 2021.
- [9] K. Lalitha ve M. Pounambal, "IoT-based traffic management", *Advances in Intelligent Systems and Computing*, c. 1054, ss. 155-161, 2020.
- [10] "Real-time transportation management – Aimsun". Erişim: 27 Mart 2023. <https://www.aimsun.com/real-time-transportation-management/>
- [11] Y. User, S. İlyas, ve G. Tinaztepe, "PERFORMANCE EVALUATION OF A HYBRID ROUNDABOUT USING A MICROSCOPIC SIMULATION.", *Baltic Journal of Road & Bridge Engineering (RTU Publishing House)*, c. 16, sy 3, 2021.
- [12] M. Amin, "Analysis of Smart Sensors Nodes for Decision Making and Classification in Irrigation System", *Ad Hoc & Sensor Wireless Networks*, 2020.
- [13] M. Kloppel-Gersdorf, F. Trauzettel, K. Koslowski, M. Peter, ve T. Otto, "The Fraunhofer CCIT Smart Intersection", *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, c. ss. 1797-1802, 2021.
- [14] C. Tang, X. Wei, ve J. Liu, "Application of sensor-cloud systems: smart traffic control", *Lecture Notes in Computer Science*, c. 11342 LNCS, ss. 192-202, 2018.
- [15] A. Almeahmadi, "Smart City Architecture for Noise Pollution Mitigation through the Internet of Things", *International Journal Of Computer Science And Network Security*, 2023.
- [16] A. Kemeç, G. Hüseyin, Antalya Büyükşehir Belediyesi Örneğinde Akıllı Kent Uygulamaları", *Journal of Public Administration and Policy*, 2021.
- [17] A. Makalesi vd., "Bursa ve Antalya'nın akıllı kentiçi ulaşım denemeleri", *Journal of Intelligent Transportation Systems and Applications*, c. 6, sy 2, ss. 238-252, 2023.
- [18] Z. Wang, J. Zhan, C. Duan, X. Guan, P. Lu, ve K. Yang, "A Review of Vehicle Detection Techniques for Intelligent Vehicles", *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst*, c. 34, sy 8, ss. 3811-3831, 2023.
- [19] T. K. Dang, J. Küng, ve T. M. Chung, Ed., "Future Data and Security Engineering. Big Data, Security and Privacy, Smart City and Industry 4.0 Applications", c. 1688, 2022.
- [20] V. L. Q. Phuong, N. V. Dong, T. N. M. Thu, ve P. N. Khang, "Combine Clasification Algorithm and Centernet Model to Predict Trafic Density", *Communications in Computer and Information Science*, c. 1688 CCIS, ss. 588-600, 2022.
- [21] E. Akdag, E. Bondarev, ve P. H. N. De With, "Critical Vehicle Detection for Intelligent Transportation Systems", *International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, VEHITS - Proceedings*, ss. 165-171, 2022.
- [22] S. Aydın, K. G. Nalbant, ve C. Altuntaş, "Dijital Dönüşümde Yapay Zeka Ve Avrupa Yeşil Mutabakatı Sürecinde Sürdürülebilir Yeşil Pazarlama Stratejileri", *İmgelem*, c. 8, sy 13, Eki. 2023.
- [23] V. Kharchenko, O. Illiashenko, O. Morozova, ve S. Sokolov, "Combination of Digital Twin and Artificial Intelligence in Manufacturing Using Industrial IoT", *Proceedings - 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT 2020*, ss. 196-201, May. 2020.
- [24] C. L. Stergiou, E. Bompoli, ve K. E. Psannis, "Security and Privacy Issues in IoT-Based Big Data Cloud Systems in a Digital Twin Scenario", *Applied Sciences (Switzerland)*, c. 13, sy 2, Oca. 2023.
- [25] X. Li, H. Liu, W. Wang, Y. Zheng, H. Lv, ve Z. Lv, "Big data analysis of the Internet of Things in the digital twins of smart city based on deep learning", *Future Generation Computer Systems*, c. 128, ss. 167-177, 2022.

Trafik Yoğunluğu ve Akıllı Ulaşım Çözümleri: Kentsel Refah ve Turizm Sektörüne Etkileri

Ümit Deniz Uluşar¹, Hüseyin Gökhan Akçay², Mert Bayraktar³

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Akdeniz Üniversitesi
umitulular@akdeniz.edu.tr,

²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Akdeniz Üniversitesi
hgakcay@akdeniz.edu.tr

³Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Akdeniz Üniversitesi
mertbayraktar07@outlook.com

Özet

Bu çalışmada, Antalya şehrinde yaşanan trafik yoğunluğu kaynaklı sorunlar, bu sorunların insan ve çevre sağlığı, ekonomik verimlilik, sosyal refah ve özellikle turizm üzerindeki etkilerini ele alınmaktadır. Araç sayısının ve nüfus yoğunluğunun artması ile birlikte artan trafik yoğunluğu kentsel ulaşım ağlarının etkili yönetilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Çalışmada, Antalya Büyükşehir Belediyesi'nin mevcut akıllı ulaşım stratejilerini değerlendirilerek veri toplama ve entegrasyon konusu değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, şehir genelinde trafik, hava kalitesi vb. verilerini toplayacak ve yapay zeka ile işleyecek bir planlama sistemi önerilmektedir. Bu öneri, trafik sıkışıklığını azaltmayı, zaman ve enerji tasarrufu sağlamayı ve Antalya'nın turizm sektörünü desteklemeyi hedeflemektedir.

1. GİRİŞ

Ulaşımında oluşan yoğunluk ve sonucunda oluşan hava kirliliği, insan ve çevre sağlığını, ekonomik verimliliği, sosyal refahı ve turizmi derinden etkilemektedir. Araç sayısının artması ve yüksek nüfus yoğunluğu gibi nedenlerle karbon emisyonlarının artması kentlerimiz için çözülmesi gereken öncelikli problemlerden bir tanesidir. Trafik yoğunluğunun ölçülmesi ve nedenlerinin bulunmasının karmaşıklığı, sürdürülebilir kentsel ulaşım ağları için gerekli olan etkili trafik yönetim sistemlerine olan ihtiyacın altını çizmektedir [1]. Hava kalitesi trafikte yaşanan sıkışıklıklar nedeniyle ortaya çıkan CO₂ salınımlarıyla doğrudan bağlantılıdır ve yapılan çalışmalarda özellikle COVID-19 nedeniyle araç trafiğinin azalması

sonucunda hava kirleticilerinde kayda değer azalmalar olduğu gözlemlenmiştir [2,3].

Türkiye'nin önde gelen turizm noktalarından biri olan Antalya, zengin tarihi, doğal güzellikleri ve doğusundan batısına çok geniş bir alandaki yerleşim çeşitliliği ve zenginliği ile tanınmaktadır. Dünyadaki en fazla turist ağırlayan 10 şehrinden biri olan Antalya için artan trafik yoğunluğu bölgenin turizm potansiyeli ve sürdürülebilirliği üstünde zarar verici bir etkiye sahiptir [4].

Pandemi ve sonrasında oluşan algıların etkisiyle yeşil ve sürdürülebilir turizmin turistler arasında en çok tercih edilen turizm türü olacağı ortaya konulmuştur [5]. Bu bilgi, trafik ve çevre yönetimi stratejilerinin, turizm sektörünün yeni ve gelişen talepleri karşılamak için nasıl uyarlanması gerektiğinin altını çizmektedir. Turizm endüstrisinin önünde artan bir çevresel bilinç bulunmaktadır. Turistler artık çevreye olan etkilerini minimize eden ve sürdürülebilir uygulamaları benimseyen işletmeleri önceliklendirmektedir [6].

Turizm çok geniş bir tedarikçi ağından oluşmaktadır ve bileşenlerinden ulaşım sera gazı emisyonunu en fazla yaratan unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevre bilincinin artması, sürdürülebilir turizm açısından turizm sektörünün özellikle üzerinde yoğunlaşmasını gerektirmektedir.

Bu çalışmada trafik yoğunluğunun olumsuz etkileri, trafiği oluşturan bileşenler ve sistemler arasında veri paylaşımının ve yapay zekanın trafik

yoğunluğunu azaltmada sağlayabileceği faydalar değerlendirilmiştir.

2. AKILLI TRAFİK YÖNETİMİ

Modern şehirlerin karşı karşıya olduğu trafik ve ulaşım problemlerine çözüm bulmada, yapay zeka destekli sistemler önemli bir rol oynamaktadır. Bu bölümde, trafiğin olumsuz etkileri, trafik yoğunluğunun nedenleri, trafiği oluşturan bileşenler, veri paylaşımının önemi, literatürdeki yapay zeka destekli ulaşım sistemleri ve Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından uygulanan akıllı trafik sistemlerine yönelik uygulamalar incelenmiştir. Ayrıca, blok zinciri teknolojisi ve yapay zekanın bu alanlarda nasıl yenilikçi çözümler sunduğu değerlendirilmiştir.

2.1. Trafiğin Turizm Üzerindeki Etkisi

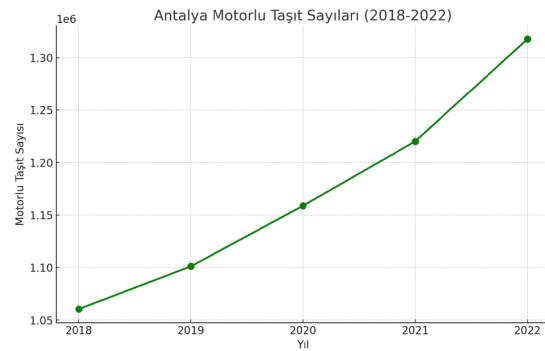
Türkiye'nin turizmin başkenti olarak nitelendirilen Antalya, 2023 yılında ağırladığı turist sayısı bakımından 2019'da kaydedilen 14 milyon 907 bin 862 turist rekorunu geride bırakarak 15 milyon sayısını aşmıştır. 2023 yılında Antalya'nın turizm verileri, 2022 yılının aynı dönemine göre (1 Ocak – 22 Ağustos) %20 artış kaydetmiştir. Bu artış, Ağustos ayının ilk 22 gününde, 2022 yılına göre %10 artarak 1 milyon 880 bin 693 turist sayısına ulaşmıştır [7]. Ciddi bir büyüme ivmesi yakalamış olan turizm beraberinde turistlerin şehir içi trafiği nedeniyle yaşadıkları memnuniyetsizliklerin konuşulduğu bir duruma doğru gitmektedir. Avrupalı turistlerin Antalya'ya ulaşmaları ortalama olarak 3,5 saat civarında bir zaman almakta, Manavgat veya Alanya gibi diğer turistik bölgelere ulaşmaları 4-5 saate yakın sürebilmektedir [8].

2.2. Trafik Yoğunluğunu Oluşturan Nedenler

Genel olarak karayolu trafik sıkışıklıkları tekrarlanan ve tekrarlanmayan tıkanıklıklar olarak iki temel kategoriye ayrılmaktadır [9] ve genelde trafik sıkışıklıklarının yarısından fazlası tekrarlanan durumlardan kaynaklanmaktadır [10]. Tekrarlanan trafik sıkışıklıklarının en büyük sebepleri, yetersiz altyapı, yetersiz trafik kontrolörleri, trafik akışındaki değişkenlik, darboğazlar ve yol kapasitesi problemleridir. Tekrarlanmayan sıkışıklar ise, trafik kazaları ve hava durumu sorunları, yollardaki fiziksel değişimler gibi öngörülemeyen sebeplerden oluşmaktadır [9].

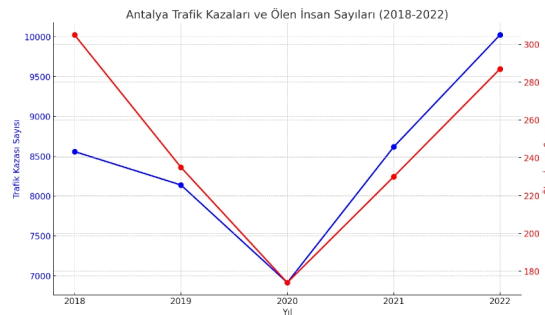
2.3. Trafik Yoğunluğunun Olumsuz Etkileri

Trafik yoğunluğu, şehirlerin sürekli artan nüfusu ve bu nüfusla paralel olarak yükselen araç sayısının kaçınılmaz bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle ana arterlerde ve işlek caddelerde, bu durum araçların hızlarının önemli ölçüde yavaşlamasına yol açmakta, bu sebeple günlük yaşamın akışı ve verimliliğini etkilemektedir. Trafik yoğunluğunun ekonomi ve halk sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Trafik kazaları, karayolu trafik gürültüsü, hava kirliliği, trafik sıkışıklığından kaynaklanan gecikmeler ve bunların maliyetleri bu olumsuzlukların başında gelmektedir. Şekil 1'de Antalya ilinde bulunan kayıtlı motor taşıtı sayısı gösterilmektedir. Göç, nüfus artışı gibi nedenlerden trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısı her geçen yıl artmaktadır.



Şekil 1: 2018-2022 yılları arasında Antalya ilinde trafiğe kayıtlı motorlu taşıtlı sayıları.

Araç sayısındaki bu artış trafik yoğunluğunu tetiklemektedir. Şekil 2'de yıllara göre Antalya ilindeki trafik kaza sayıları ve trafik kazalarından kaynaklanan ölüm sayıları görülmektedir. Bu ölüm sayıları trafik yoğunluğunun ciddiyetini başka bir açıdan ortaya koymaktadır.



Şekil 2: 2018 – 2022 yılları arasında Antalya ilinde gerçekleşen trafik kazaları ve ölen insan sayıları.

Nüfusun yoğun olduğu bölgelerde trafik sıkışıklığından kaynaklanan gecikmeler ve maliyet, şehir içi ulaşım sistemini önemli ölçüde etkilemektedir [11]. Ayrıca, araç yoğunluğu ve trafik sıkışmalarından kaynaklanan karayolu trafik gürültüsü, halk sağlığını olumsuz etkileyen önemli bir faktördür. Gürültü kirliliği, yüksek tansiyon ve miyokard enfarktüsü gibi sağlık sorunlarını tetiklemektedir, bu da vatandaşların sağlıklı ve huzurlu bir ortam arayışını etkilemektedir [12]. Antalya Gazi Bulvarı'nda gerçekleştirilen bir çalışmada, gürültüyü azaltacak en önemli tedbirin, ağır araç trafiğinin binalardan uzaklaştırılması veya trafikteki ağır araç oranının azaltılması olduğu belirtilmiştir [13].

2.4. Trafiği Oluşturan Bileşenler ve Veri Paylaşımı

Kent trafiğinin etkili bir şekilde yönetimi, trafiği oluşturan birçok farklı bileşenin koordinasyonunu gerektirmektedir. Bu bileşenler arasında araçlar, yol kullanıcıları, trafik yönetim sistemleri, altyapı ve çevresel faktörler bulunmaktadır. Her bir bileşen, trafik akışını ve yoğunluğunu etkiler ve bu nedenle trafik yönetiminde dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle, veri paylaşımının trafik akışını optimize etme, geleceğe yönelik öngörü algoritmalarıyla anlamlı ve tutarlı tahminleme, olası yoğunlukları azaltma ve dolayısıyla hava kirliliğini önleme konusunda sağladığı büyük faydalar bulunmaktadır. Ayrıca, bu verilerin analizi, trafik sıkışıklığının temel nedenlerini anlamada ve uzun vadeli çözümler geliştirmede yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, trafik bileşenleri arasında etkili veri paylaşımı, karbon ayak izini izlemeye imkan tanıyacak, çeşitli hizmet sağlayıcılar arasında güvenli veri alışverişini kolaylaştıracak ve kullanıcı memnuniyetini yükseltecek akıllı sistemlerin sürdürülebilirliği için hayati önem taşımaktadır.

Son yıllarda akıllı şehir altyapısının oluşturulması ve sensör teknolojilerinin ulaşım sistemlerinde kullanımı artmıştır. Çalışma [14]'de araçlarda kullanılan sensörler, sensörün desteklenmesi amaçlanan uygulama türüne göre altı kategoriye ayırmıştır. Bunlar, tanı, güvenlik, trafik,

yardımcılık, çevre ve kullanıcı sensörleridir. Araç sensörleri ve yol sensörlerinin kullanımı, trafik yoğunluğunun getirdiği olumsuz etkilere çözüm bulmada oldukça değerlidir. Araç sensörleri arasında Radio Detection And Ranging (RADAR) sensörü, basınç sensörü, Global Positioning System (GPS) sensörü, ultrasonik sensörler, yakınlık sensörleri, kameralar vardır. Bu araç içi sensörler, ortam koşullarını izlemek, sürücü ve yolcuları uyarmak, anormal sağlık koşullarının ve sürücü davranışlarının tespitine destek olmak amacıyla kullanılmaktadır [14]. Trafik kontrol sistemlerinde kullanılan sensörler, müdahaleci ve müdahaleci olmayan olarak iki şekilde gruplanmaktadır [15]. Müdahaleci sensörler, yollara monte edilen pasif manyetik sensörler, yol boyunca yerleştirilen pnömatik tüp sensörleri ve yollara gömülü tel bobinlerden oluşan endüktif sensörler olmak üzere üç gruba ayrılır. Müdahaleci olmayan sensörlerden bazıları ise, kamera, radar ve lazer sensörleridir.

Blok zinciri teknolojisi, akıllı ulaşım sistemlerini güvenli, anonim ve merkezi olmayan bir yapıda kurarak bu verilerin paylaşımını kolaylaştırmaktadır ve böylece ulaşım altyapılarının ve kaynaklarının daha efektif kullanıma katkıda bulunmaktadır [16]. Araçların birbirleriyle ve trafik yönetim sistemleriyle güvenli bir şekilde veri paylaşımı yapabilmesi, trafik akışını optimize etmek için büyük önem taşımaktadır. Blok zinciri teknolojisi araçlar arası iletişim (V2V) ve araç ile altyapı arasındaki iletişim (V2I) için güvenli bir platform sağlamaktadır [17]. Blok zinciri, araçlar arasındaki iletişimin takip bilgilerini saklayabilmektedir [18]. Ayrıca araç tescili ve trafik ihlalcilerinin takibi için de uygulanabilmektedir [19].

Blok zinciri teknolojisi ile akıllı sözleşmelerin kullanımı mümkündür. Akıllı sözleşmeler, blok zinciri protokolleri olarak işlev görür ve belirlenen sözleşme şartları yerine getirildiğinde otomatik olarak makineler tarafından uygulanır [20]. Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, ulaşım sistemlerinde hem idari süreçlerin verimliliğini artırma, hem de kullanıcı deneyimini iyileştirme anlamında kullanılabilir. Örneğin, otoyol geçiş ücretleri veya park cezaları, kullanıcıların dijital cüzdanlarından otomatik olarak tahsil

edilebilir ve araçların bekleme süreleri ortadan kaldırılabılır [21].

2.5. Yapay Zeka Destekli Ulaşım Sistemleri

Yapay zeka teknolojilerini kullanarak seyahatlerin daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde düzenlemesi mümkündür. Akıllı ulaşım sistemlerinde en önemli alanlar arasında rota optimizasyonu ve navigasyon gelmektedir. Kullanıcıların mobil cihazlarından elde edilen [22], veya yolların belli bölgelerine yerleştirilmiş ek cihazlardan elde edilen verilerden faydalanarak optimal rota seçenekleri öneren, trafik yoğunluğunu belirlemeye çalışan ve dolayısıyla taşıt emisyonlarını ve yakıt/enerji tüketimini azaltmayı hedefleyen uygulamalar geliştirilmiştir [23]. Ayrıca yol üzerindeki anomalileri tespit etmek ve yol kazalarını önlemek amacıyla sistemler önerilmiştir [24].

2.6. Antalya Büyükşehir Belediyesi Akıllı Ulaşım Uygulamaları

Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan 2020-2024 Stratejik Planı'nın 9. Amacı "Kentsel ulaşım uygulamalarını geliştirmek" olarak ele alınmıştır. Bu amaç 4 hedef üzerinden detaylandırılmıştır (Bkz. Tablo 1). Bu hedefler doğrultusunda yapılan tespitler, toplu taşıma araçlarının yetersiz kalması, bireysel taşıt kullanımının artması ve ulaşım trafiği sorunu, trafik akışını tek merkezden yönetecek sistemlerin eksikliği, otopark sayısı ve dağılımının yetersizliği, makine ve ekipman yetersizliği olarak belirtilmiştir. İhtiyaçlar, ulaşım sorunlarına çağdaş çözümler oluşturacak akıllı ulaşım sistemleri, Antalya Trafik İzleme ve Kontrol Merkezinin ve akıllı ulaşım sistemlerinin hayata geçirilmesi, bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması, mevcut yolların kalitelerinin artırılması, yaya üst geçit ve otoparkların artırılması, bakım onarım atölyeleri kurulması ve ekipman ve eleman sorunlarının giderilmesi olarak belirtilmiştir [25].

Tablo 1. Antalya Büyükşehir Belediyesi 2020-2024 stratejik plan kapsamında kentsel ulaşım uygulamalarına yönelik amaç ve hedeflerinden çalışma ile ilgili amaç ve hedefler (Antalya Büyükşehir Belediyesi, 2020)

Amaç 9: Kentsel ulaşım uygulamalarını geliştirmek.
Hedef 9.1: Toplu taşıma (otobüs, raylı sistem vb.) ve ara toplu taşıma (servis, taksi vb.) sistemlerinde

maksimum hizmet kalitesine ulaşmak.

Hedef 9.2: Kentsel ulaşım ağını makro ve mikro ölçekte bütüncül olarak planlamak ve yol ağını iyileştirmek.

Hedef 9.3: Yeni yollar açmak ve mevcut yol ağlarını güvenli ve konforlu hale getirmek.

Hedef 9.4: Kırsal bölgelerdeki yolların bakım ve onarımını yapmak ve yeni yollar açarak kentsel ulaşım standartlarını yükseltmek.

Bu bağlamda, Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından hayata geçirilen akıllı ulaşımaya yönelik projeler, elektronik denetleme sistemleri (EDS), elektronik trafik kontrol sistemi, akıllı kavşak uygulamalarıdır. Ayrıca, MatchUp projesi olarak sürdürülebilir ulaşım çözümleri kapsamında elektrikli scooter, elektrikli araç, elektrikli otobüs ve şarj istasyonlarının merkezi yönetimi konusunda çalışmalar vardır [26]. EDS, kırmızı ışık ihlali, hız koridoru ihlali ve park ihlali sistemlerinden oluşmaktadır [27]. Elektronik trafik kontrol sistemi kapsamında, akıllı trafik ışığı sinyalizasyonu ile acil servis araçlarına geçişlerde öncelik tanınması planlanmıştır [28]. Akıllı kavşak uygulamalarında, trafik sinyal süreleri, yapay zeka teknolojisi ile trafik yoğunluğunun durumuna göre ayarlanmaktadır. Bu uygulamanın örnekleri şehrin çeşitli bölgelerinde bulunmaktadır [29].

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Nüfus artışının ve turizm yoğunluğunun getirdiği trafik ve ulaşım sorunları artarak devam edecek bir durum olarak kendini göstermektedir. Mevcut uygulamaların yanında, çevresel etkileri azaltma ve sürdürülebilir ulaşım çözümlerine yönelik çalışmaların miktarının artırılması, gelişen teknolojinin sağladığı imkanların trafiğin rahatlatılması için farklı kullanımlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Trafiğin takibinin yapılmasında kullanılabilecek sistemlerin diğer şehir altyapıları ve hizmetleriyle entegrasyonu çalışılması gereken bir unsurdur. Özellikle turizm sezonunda, trafik yoğunluğunun dinamiklerini doğru bir şekilde tahmin edebilmek ve buna uygun çözümler sunmak için daha gelişmiş veri analizine ve yapay zeka uygulamalarına ihtiyaç vardır. Şehrin genelinde trafik akışı, yoğunluk ve hava kalitesi gibi temel verileri toplayacak ve işleyecek altyapının eksikliği, trafik yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir engel olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, Antalya'nın trafik ve ulaşım sorunlarını daha etkin bir şekilde

çözebilmesi için, kapsamlı ve gerçek zamanlı veri toplama ve analiz sistemlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu konularda üniversitelerde araştırma projelerinin oluşturulması ve gerekli fonların sağlanması gerekmektedir.

Tüm şehre yayılacak sensör kümelerinden elde edilecek verilerle anlamlı verileri toplanabilir. Bu sayede zamansal-mekânsal veri setleri elde edilerek zaman serisi analizleri, yapay zeka ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak sorun oluşmadan yada oluştuğu anda çözüm planlaması yapılabilir. Bu sayede yöneticilerin bu veriler ışığında gerekli adımları atabilmesi mümkün olacaktır.

Antalya şehrinin trafik yönetimini iyileştirmek, trafik yoğunluğunun neden olduğu olumsuz durumları azaltmak ve turizm potansiyelini maksimize etmek amacıyla, şehir genelinde trafik akışını, turistik bölgelerin yoğunluk durumunu ve hava kalitesi verilerini gerçek zamanlı olarak toplayacak sensörler ve kameralar ile donatılmış yapay zeka destekli bir güzergâh planlama sistemleri geliştirilebilir. Bu sistemlerden toplanan veriler, yapay zeka algoritmaları tarafından işlenerek, hem turistler hem de yerel halk için trafik yoğunluğunu dengeleyecek ve ulaşım sürelerini minimize edecek en uygun ve hızlı rotaların belirlenmesi konusunda destek sağlayabilir [30–32] ve problem çözümünde sezgisel çözümler kullanılabilir [33,34].

Antalya'nın Alanya ilçesinde yapılan bir çalışma, havaalanlarından otellere turist ulaşımını optimize edecek olası bir planlamanın, işgücü, yakıt tasarrufu, trafik sıkışıklığında azalma gibi etkilerinin yanı sıra Antalya şehrine yıllık 4 milyon dolar tasarruf sağlayacağını öngörmüştür [35].

Bu bağlamda, bu akıllı rota planlama sisteminin, trafik sıkışıklığını azaltarak zaman ve enerji tasarrufu sağlaması, hava kalitesini iyileştirmesi ve Antalya'nın ekonomisine ve turizm sektörüne önemli katkılarda bulunacağı öngörülmektedir. Ayrıca, bu sistemin, sürdürülebilir şehir planlaması ve çevre dostu turizm yaklaşımlarına önemli bir katkı sunarak, Antalya'nın yeşil turizm hedeflerine ulaşmasına yardımcı olması değerlendirilmektedir. Sonuç olarak yapay zekanın kullanılması, Antalya'da hem yerel halkın yaşam kalitesini hem de şehri ziyaret eden turistlerin deneyimini olumlu yönde etkilemesi, böylece şehrin global turizm endüstrisindeki rekabetçiliğini ve sürdürülebilirliğini artıracakları öngörülmektedir.

4. TEŞEKKÜR

Üçüncü yazar YÖK 100/2000 doktora bursu ile desteklenmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Afrin, T., and Yodo, N., "A Survey of Road Traffic Congestion Measures towards a Sustainable and Resilient Transportation System," *Sustainability*, Vol. 12, No. 11, 2020, p. 4660. <https://doi.org/10.3390/su12114660>
- [2] Jephcote, C., Hansell, A. L., Adams, K., and Gulliver, J., "Changes in Air Quality during COVID-19 'Lockdown' in the United Kingdom," *Environmental Pollution*, Vol. 272, 2021, p. 116011. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116011>
- [3] Gualtieri, G., Brilli, L., Carotenuto, F., Vagnoli, C., Zaldei, A., and Gioli, B., "Quantifying Road Traffic Impact on Air Quality in Urban Areas: A Covid19-Induced Lockdown Analysis in Italy," *Environmental Pollution*, Vol. 267, 2020, p. 115682. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115682>
- [4] Zhang, N., Ren, R., Zhang, Q., and Zhang, T., "Air Pollution and Tourism Development: An Interplay," *Annals of Tourism Research*, Vol. 85, 2020, p. 103032. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.103032>
- [5] umi faricha bascha, -, Adiana Mutamsari Witaningrum, -, Dwi Setiani Sumardiko, -, and Dian Yulie Reindrawati, S. S., "People's Intention to Visit Tourist Destinations during the Covid-19 Pandemic in Surabaya," *TIJAB (The International Journal of Applied Business)*, Vol. 5, No. 1, 2021, pp. 60–70.
- [6] Mazhenova, S., Choi, J. G., and Chung, J., "International Tourists' Awareness and Attitude about Environmental Responsibility and Sustainable Practices," *GLOBAL BUSINESS FINANCE REVIEW*, Vol. 21, No. 2, 2016, pp. 132–146. <https://doi.org/10.17549/gbfr.2016.21.2.132>
- [7] "Antalya'ya Hava Yoluyla Gelen Turist Sayısı 10 Milyonu Geçti." Retrieved 17 November 2023. <http://antalya.gov.tr/antalyaya-hava-yoluyla-gelen-turist-sayisi-10-milyonu-gecti>
- [8] "Antalya'ya gelen turistler bir gününü trafikte geçiriyor," Nov 11 2023. Retrieved 17 November 2023. <https://www.sozcu.com.tr/2023/ekonomi/antalyay-a-gelen-turistler-bir-gununu-trafikte-geciriyor-7858778/>
- [9] Falcochio, J. C., and Levinson, H. S., "Road Traffic Congestion: A Concise Guide," Springer International Publishing, Cham, 2015. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-15165-6>
- [10] "FHWA Operations - Reducing Recurring Congestion." Retrieved 17 November 2023. https://ops.fhwa.dot.gov/program_areas/reduce-recur-cong.htm
- [11] Wang, J., Chi, L., Hu, X., and Zhou, H., "Urban Traffic Congestion Pricing Model with the

- Consideration of Carbon Emissions Cost,” *Sustainability*, Vol. 6, No. 2, 2014, pp. 676–691. <https://doi.org/10.3390/su6020676>
- [12] Fyhri, A., and Aasvang, G. M., “Noise, Sleep and Poor Health: Modeling the Relationship between Road Traffic Noise and Cardiovascular Problems,” *Science of The Total Environment*, Vol. 408, No. 21, 2010, pp. 4935–4942. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.06.057>
- [13] Ece, M., Tosun, İ., Ekinçi, K., and Yalçındağ, N. S., “Modeling of Road Traffic Noise and Traffic Flow Measures to Reduce Noise Exposure in Antalya Metropolitan Municipality,” *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, Vol. 16, No. 1, 2018, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1007/s40201-018-0288-4>
- [14] Guerrero-Ibáñez, J., Zeadally, S., and Contreras-Castillo, J., “Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems,” *Sensors*, Vol. 18, No. 4, 2018, p. 1212. <https://doi.org/10.3390/s18041212>
- [15] Facchini, R., “Acoustic Sensor Network for Vehicle Traffic Monitoring.” Retrieved 17 November 2023. https://www.academia.edu/48449755/Acoustic_Sensor_Network_for_Vehicle_Traffic_Monitoring
- [16] Yuan, Y., and Wang, F.-Y., “Towards Blockchain-Based Intelligent Transportation Systems,” presented at the 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2016. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795984>
- [17] Kamal, M., Srivastava, G., and Tariq, M., “Blockchain-Based Lightweight and Secured V2V Communication in the Internet of Vehicles,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 22, No. 7, 2021, pp. 3997–4004. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3002462>
- [18] Jiang, T., Fang, H., and Wang, H., “Blockchain-Based Internet of Vehicles: Distributed Network Architecture and Performance Analysis,” *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 6, No. 3, 2019, pp. 4640–4649. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2874398>
- [19] Aswathy, S. V., and Lakshmy, K. V., “BVD - A Blockchain Based Vehicle Database System,” Singapore, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5826-5_16
- [20] Dannen, C., “Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain Programming for Beginners,” Apress, Berkeley, CA, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2535-6>
- [21] “Design and Development of an Intelligent Transportation Management System Using Blockchain and Smart Contracts | Cluster Computing.” Retrieved 10 November 2023. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10586-022-03536-z>
- [22] Yang, J., Han, Y., Wang, Y., Jiang, B., Lv, Z., and Song, H., “Optimization of Real-Time Traffic Network Assignment Based on IoT Data Using DBN and Clustering Model in Smart City,” *Future Generation Computer Systems*, Vol. 108, 2020, pp. 976–986. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.12.012>
- [23] Al-Dweik, A., Muresan, R., Mayhew, M., and Lieberman, M., “IoT-Based Multifunctional Scalable Real-Time Enhanced Road Side Unit for Intelligent Transportation Systems,” presented at the 2017 IEEE 30th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2017. <https://doi.org/10.1109/CCECE.2017.7946618>
- [24] Ghadge, M., Pandey, D., and Kalbande, D., “Machine Learning Approach for Predicting Bumps on Road,” presented at the 2015 International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT), 2015. <https://doi.org/10.1109/ICATccT.2015.7456932>
- [25] “Antalya Metropolitan Municipality - Strategic Plan.” Retrieved 17 November 2023. <https://www.antalya.bel.tr/Institutional/Strategic-Plan>
- [26] Eriş, Ö. F., “Antalya - Matchup Projesi,” AKILLI ŞEHİRLER. Retrieved 17 November 2023. <https://www.akillisehirler.gov.tr/proje-envanteri/antalya-matchup-projesi/>
- [27] Uzer, O., and Özasan, A., “Bursa ve Antalya’nın akıllı kentiçi ulaşım denemeleri,” *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, Vol. 6, No. 2, 2023, pp. 238–252. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1257238>
- [28] Çelik, P., and Topsakal, Y., “Akıllı Turizm Destinasyonları: Antalya Destinasyonunun Akıllı Turizm Uygulamalarının İncelenmesi,” *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, Vol. 14, No. 3, 2017, pp. 149–166. <https://doi.org/10.24010/soid.369951>
- [29] Fural, M., “Antalya Büyükşehir Belediyesinde akıllı kent uygulamaları,” masterThesis. Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2019.
- [30] Toth, P., and Vigo, D., “1. An Overview of Vehicle Routing Problems,” *The Vehicle Routing Problem*, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002, pp. 1–26. <https://doi.org/10.1137/1.9780898718515.ch1>
- [31] Christofides, N., “The Vehicle Routing Problem.”
- [32] Conrad, R. G., and Figliozzi, M. A., “The Recharging Vehicle Routing Problem.”
- [33] Sivanandam, S. N., and Deepa, S. N., “Genetic Algorithm Optimization Problems,” *Introduction to Genetic Algorithms*, edited by S. N. Sivanandam and S. N. Deepa, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, pp. 165–209. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73190-0_7
- [34] Blum, C., “Ant Colony Optimization: Introduction and Recent Trends,” *Physics of Life Reviews*, Vol. 2, No. 4, 2005, pp. 353–373. <https://doi.org/10.1016/j.plev.2005.10.001>
- [35] Karagula, K., and Gungor, I., “A Case Study of Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem: Touristic Distribution Application in Alanya,” *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications (IJOCTA)*, Vol. 4, No. 2, 2014, pp.67–76. <https://doi.org/10.11121/ijocta.01.2014>

Antalya'da Mevcut Yapıların Depreme Direnci ve Bilinçli Kentsel Dönüşüm

Ramazan Özçelik, Ferhat Erdal

İnşaat Mühendisliği Bölümü

Akdeniz Üniversitesi

rozcelik@akdeniz.edu.tr, eferhat@akdeniz.edu.tr

Özet

Ülkemizin deprem gerçeğini son yüzyılda meydana gelen büyük depremler açıkça ortaya koymuştur. Günümüzde her ne kadar depreme dayanıklı yapı tasarımı ve inşa edilmesi belirli bir standart seviyeye gelmesine rağmen özellikle 2000 yılı öncesi yapıların büyük bir kısmı can ve mal güvenliği açısından büyük risk oluşturmaktadır. Söz konusu yapılar için güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma olmak üzere iki farklı çözüm yöntemi bulunmaktadır. Özellikle tarihi eserlerde ise güçlendirme tek alternatif çözüm yöntemi olarak görülmektedir. Yapıların gerek güçlendirilmesi ve gerekse yıkılıp yeniden yapılması olası deprem sonrası yıkıcı etkilerin sınırlandırılması veya engellenmesi bakımında yeterli olup en önemli kistas ise konu hakkında kararlı bir şekilde icraata geçilmesidir.

1. GİRİŞ

Deprem bir doğa olayı olmakla beraber depremin önlenmesi mümkün değildir. Bu doğa olayının önlenmesi mümkün olmamasına rağmen deprem kaynaklı hasarın ve yıkımın en aza indirilmesi söz konusudur. Özellikle mühendislik alanında meydana gelen gelişmeler ile depremin ne zaman ve hangi büyüklükte olacağı belirli bir olasılık dahilinde tahmin edilebilir hale gelmiştir. Bunun yanında farklı yapısal sistemler ve malzemelerin geliştirilmesi ile depremlerin can ve mal kaybına etkisi en az seviyelere indirilmiştir. Her ne kadar gerek mühendislik ve teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler daha etkin risk azaltma olanağı sağlasa da ülkemizde meydana gelen depremler büyük can ve mal kayıplarına sebep olmuşlardır. Son yüz yıl içerisinde meydana gelen büyük depremler toplumsal hafızamızda derin izler bırakmıştır. Bu depremlerde Çizelge 1'de görüldüğü üzere 130.000'den fazla can kaybı yaşanmıştır. Can ve mal kaybına sebep olan söz konusu depremlerin oluşma mekanizmaları, büyüklükleri ve olası etkilerinin belirlenebilmesi için ülkemizde kapsamlı akademik çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaktadır. Dolayısı ile

ülkemizde deprem mühendisliği açısından büyük gelişmeler olmuş ve bu gelişmelerin ışığında bugüne kadar 1944, 1949, 1953, 1962, 1968, 1975, 1998, 2007 ve halen yürürlükte olan 2019 yıllarında olmak üzere deprem yönetmeliği dokuz kez revize edilmiştir. Ülkemizdeki ilk deprem yönetmeliğinin hazırlanması gerektiği Çizelge 1'de de gösterilen 27 Aralık 1939 tarihinde meydana gelen Erzincan depremidir.

Çizelge 1: Meydana gelen büyük depremler

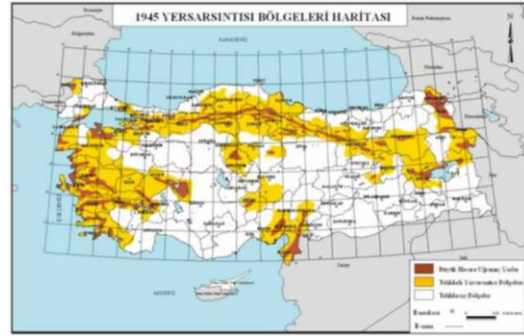
Zaman	Yer	Can Kaybı
06 Şubat 2023	Kahramanmaraş	50.783
30 Ekim 2020	Ege Denizi	117
23 Ekim 2011	Van	604
08 Mart 2010	Elazığ	41
01 Mayıs 2003	Bingöl	177
03 Şubat 2002	Afyonkarahisar	44
12 Kasım 1999	Düzce	894
17 Ağustos 1999	Kocaeli	17.118
27 Haziran 1998	Adana	146
1 Ekim 1995	Afyonkarahisar	90
13 Mart 1992	Erzincan	653
30 Ekim 1983	Erzurum	1.155
24 Kasım 1976	Van	3.840
6 Eylül 1975	Diyarbakır	2.385
22 Mayıs 1971	Bingöl	878
28 Mart 1970	Kütahya	1.086
22 Temmuz 1967	Bolu	89
19 Ağustos 1966	Muş	2.394
26 Mayıs 1957	Bolu	52
18 Mart 1953	Çanakkale	265
3 Ocak 1952	Erzurum	41
13 Ağustos 1951	Çankırı	50
17 Ağustos 1949	Bingöl	450
31 Mayıs 1946	Muş	839
1 Şubat 1944	Bolu	3.959
27 Kasım 1943	Çankırı	4.000
20 Haziran 1943	Adapazarı	336
20 Aralık 1942	Tokat	3.000
10 Eylül 1941	Van	192
27 Aralık 1939	Erzincan	33.000
19 Nisan 1938	Kırşehir	160
1 Mayıs 1935	Kars	200
7 Mayıs 1930	Türkiye-İran sınırı	2.514
13 Eylül 1924	Erzurum	60

Bu deprem neticesinde büyük can ve mal kayıpları yaşanmış ve 1940 yılında Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi olarak adlandırılan İtalyan yönetmeliği Türkçeye çeviri yapılarak yürürlüğü girmiştir. Ülkemizde yürürlüğe giren deprem yönetmelikleri şu şekildedir;

1. 1940, Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi
2. 1944, Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi (1944)
3. 1949, Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği
4. 1953, Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
5. 1962, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1962)
6. 1968, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1968)
7. 1975, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1975)
8. 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998)
9. 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY- 2007)
10. 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)

Yukarıda bahsedilen deprem yönetmelikleri Çizelge 1'de verilen depremler sonrası revize edilmiş ve günümüzde oldukça kapsamlı olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 kullanılmaktadır. Her bir yönetmelik yeni tanımlamalar ve tasarım ilkeleri ortaya koymuştur. Bu kapsamda betonarme yapılar ile ilgili ilk tanımlamalar ve sınırlar ABYYHY-1968 yönetmeliği ile yürürlüğe girmiştir. Bunun yanında gerek teknolojik gelişmeler ve gerekse meydana gelen depremlerden edinilen bilgi ve tecrübeler ile deprem bölgeleri haritaları 1945, 1947, 1963, 1972 ve 1996 yıllarında olmak üzere beş kez revize edilmiştir. Günümüzde ise Deprem Tehlike Haritası-2018 kullanılmaktadır (Şekil 1). Antalya merkez ve batı ilçeleri Şekil 1-c'de görüleceği üzere 1996'daki Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 1. ve 2. derece deprem bölgeleri içerisinde yer almasına rağmen daha önceki

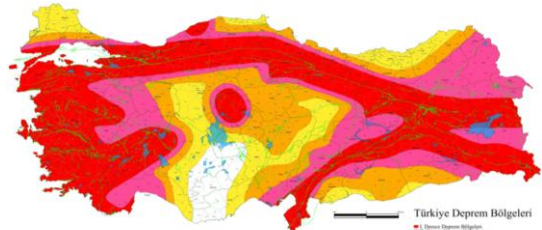
Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 4. Dereceye olarak görülmektedir.



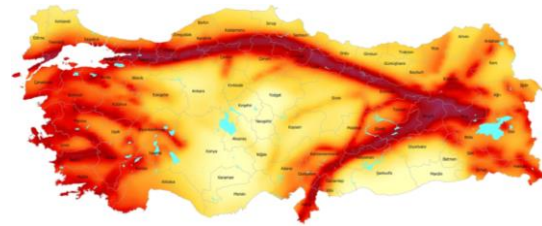
a) 1945 tarihli Türkiye'nin ilk resmi deprem bölgeleri haritası [1]



b) 1972 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası



c) 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası



d) 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası

Şekil 1: Deprem Bölgeleri Haritaları

2. DEPREMDE YAPISAL DAVRANIŞ

Depreme karşı kusurlu yapıların davranışları son depremlerde gözlenen hasarların benzer olması ile açıkça ortaya çıkmaktadır. 17 Ağustos 1999 Kocaeli, 23 Ekim 2011 Van, 30 Ekim 2020 Ege Denizi ve son olarak 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinde meydana gelen yapısal hasarların hemen hemen aynı olması yukarıda bahsedilen yönetmelik revizyonlarının ve deprem bölgeleri haritalarının tam olarak uygulanmadığının açık bir göstergesidir. Bunun en somut örnekleri mevcut yapıların riskli yapı ve deprem performans analiz çalışmalarında kendini göstermektedir. Söz konusu analizler için yapılan saha çalışmalarında ABYYHY-1975 yönetmeliğine göre inşaatı yapılan yapılarda düşük dayanımlı beton (5-10Mpa) ve kolon boyuna donatı oranının yönetmeliğin belirttiği sınırlar içerisinde olmadığı görülmüştür.

2.1. Yapısal Kusurlar

Deprem esnasında yapıların yıkılmasına veya ağır hasar almasına sebep olan yapısal kusurlar şu şekilde sıralanabilir;

- Düşük dayanımlı beton (5-10 MPa).
- Yetersiz boyuna ve enine donatı
- Geniş etriye aralıkları
- 90 derece bükülmüş etriye kolları
- Güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesine uyulmaması
- Kolon-kiriş bölgesinde sargılama yapılmaması
- Proje hataları, yetersiz yatay yük hesapları, yatay yük taşıma sistemindeki süreksizlikler veya yetersizlikler.
- Yumuşak kat, aşırı çıkımlar, kısa kolon, bitişik nizam

Söz konusu kusurların yol açtığı hasar ve yıkım hemen hemen bütün depremlerde benzerlik gösterdiği Şekil 2'de görülmektedir.

2.2. Yeterli Performansa Sahip Binalar

Kahramanmaraş-2023 depremlerinde meydana gelen yıkım ve yapısal hasar seviyelerine ait birçok parametre bulunmaktadır. Ancak belli standartlarda yapılan yapılarda ise hasar ve performans seviyelerinin oldukça yeterli olduğu açıkça görülmüştür. Şekil 3'de Kahramanmaraş-2023 depremlerinde yeterli performans gösteren yapılardan örnekler gösterilmektedir.



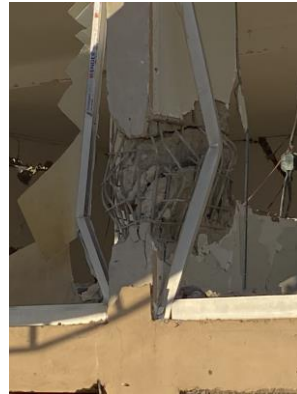
Van-2011



Kahramanmaraş-2023



Van-2011



Kahramanmaraş-2023

Şekil 2: Deprem Hasarları

Söz konusu yapıların yapı yükseklikleri de dikkate alındığında yapısal performanslarının yeterli seviyede olduğu ve can güvenliğini sağladığı görülmüştür. Her ne kadar yapısal olmayan elemanlarda meydana gelen ağır hasarların olduğu görülse de bu hasarların taşıyıcı sisteme etkisi bulunmamaktadır.



Kahramanmaraş (Elbistan)



Adıyaman

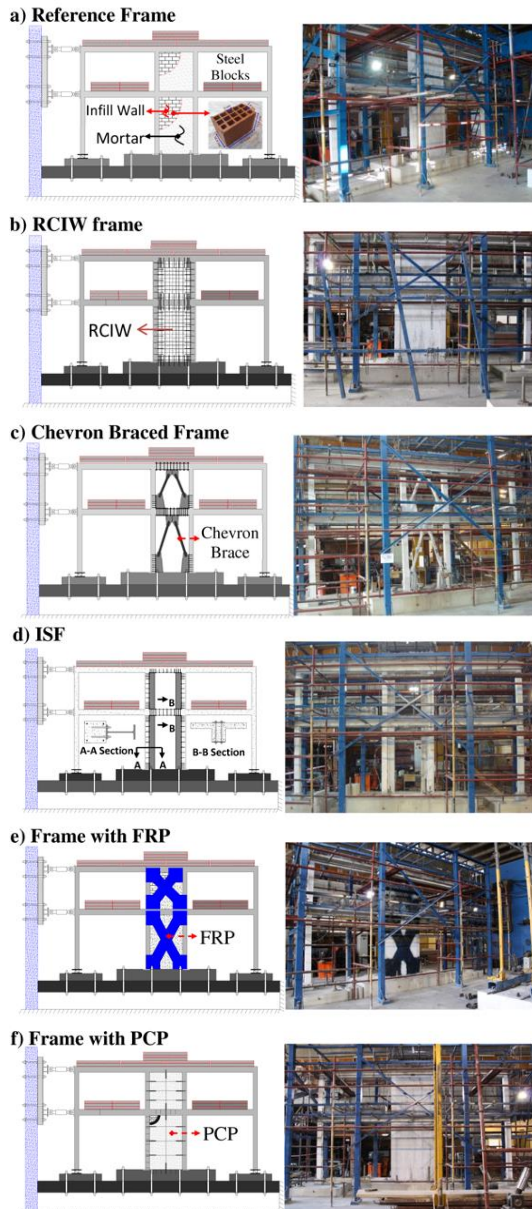
Şekil 3: Kahramanmaraş-2023 depremlerinde yeterli yapısal performans gösteren yapılar

3. ANTALYADA DEPREM VE KENTSEL DÖNÜŞÜM SÜRECİ

Ülkemizdeki birçok şehir gibi Antalya'da da nüfus artışı hızla devam etmektedir. Barınma sorunu ve konut ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısı ile yapılaşmanın da buna paralel olarak artış gösterdiği bilinmektedir. Hem mevcut yapıların oluşturduğu hem de yeni yapılaşmanın olası riskleri Antalya ölçeğinde büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Antalya'nın depremselliği

Şekil 1'de gösterilen deprem bölgeleri ve deprem tehlike haritalarından da görülmektedir. Bu kapsamda daha anlaşılır olması bakımında 1996 Deprem Bölgeleri Haritasına göre Antalya merkez II. Derece, batı ilçeleri I. Derece ve doğu ilçeleri ise III. Ve IV. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Ülkemizdeki diğer bütün şehirlerde olduğu gibi mevcut kusurlu yapılar Antalya içinde can ve mal kaybı açısından risk oluşturmaktadır. Daha öncede bahsedildiği gibi deprem yönetmeliklerinin revize edilmesi ve geliştirilmesi konusunda elde edilen başarı sahada uygulama bakımında tam anlamı ile başarılamamıştır. Ülkemizde olduğu gibi Antalya'da da inşa kalitesindeki en belirgin kalite artışı hazır beton ve yapı denetim sisteminin devreye girmesi ile başlamıştır. Böylelikle 2000 yılından itibaren yapısal kusurların temelini oluşturan malzeme kalitesi ve projelendirme aşamaları kademeli olarak belirli bir standartta ulaşmıştır. Günümüzde depreme dayanıklı yapı tasarımı ve saha uygulamaları 2000 yılından önceye göre oldukça gelişmiş ve belli bir kaliteye ulaşmış olmasına rağmen özellikle 2000 yılı öncesi yapılar büyük risk oluşturmaktadır. Bu yapılar için güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma olmak üzere iki temel çözüm bulunmaktadır. Bu kapsamda ülkemizde 2000-2010 yılları arasında çok yoğun akademik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar ile günümüzde kullanılan güçlendirme yöntemleri geliştirilmiş ve deprem yönetmeliğine eklenmiştir (Şekil 4). Bunun yanında riskli yapıların yıkılıp yeniden yapılması diğer bir alternatif olarak görülmektedir. Yapıların yıkıp yeniden yapma sürecinin belirli bir standart ve bölge/mahalle içerisinde yapılması durumunda bu işlem kentsel dönüşüm olarak adlandırılabilir. Aksi halde bireysel olarak yapıların yıkılıp aynı şekilde yapılması bina dönüşümü olarak adlandırılmalıdır. Bu konuda istenilen durum ise gerek altyapı ve gerekse üst yapı ile kentin belirli bir bölgesinin tamamen dönüştürülmesidir. Ancak ekonomik olarak geniş alanlara ait bir kentsel dönüşüm pek mümkün görülmemektedir. Dolayısı ile kentsel dönüşüm adı altında bina dönüşümleri daha hızlı şekilde devam etmektedir. Antalya genelinde riskli olarak değerlendirilebilecek başka bir değişle 2000 yılı öncesinde inşa edilmiş ve 3-9 kat aralığına sahip 40.000 yapı bulunduğu, bu yapılarda ise yaklaşık olarak 230.000 bağımsız bölüm olduğu tahmin edilmektedir. Her bir bağımsız bölümün yaklaşık 100m² olduğu düşünülürse 23.000.000m² dönüşüm veya güçlendirilmesi gereken yapı alanı karşımıza çıkmaktadır. Bu yapıların yıkılıp yeniden yapılması durumunda ise günümüz şartlarında 15.000 TL/m² birim fiyat ile yaklaşık 345 milyar TL'lik bir bütçeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun

yanında 2000 yılı sonrası inşa edilen yapıların bir bölümünün riskli çıkma ihtimalinin de dikkate alınması durumunda bu sayının artacağı ve bununla dönüşüm maliyetinin 345 milyar TL'nin iki katından daha fazla seviyelere ulaşabileceği düşünülmektedir. Dolayısı ile bu bütçenin karşılanması kısa vadede mümkün görülmemektedir. Bu durumda yapılması gereken mevcut yapı stokumuzdaki en riskli yapıların belirlenmesidir. Başka bir ifade ile Antalya'da mevcut olan yaklaşık 250-300 bin yapı stoku içinden en riskli 1000 yapının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4: ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümünde Yapılan Deneysel Çalışmalar [2]

Mevcut yapı stoku için hızlı değerlendirme teknikleri elde edilecek olan verilerin işlenmesi sonucunda her bir yapıya ait performans dereceleri elde edilebilmektedir. Bu performans dereceleri ile can ve mal kaybı açısından en riskli 1000 yapı ve daha sonrasında sırası ile en riskli yapıların hangileri olduğu yapı stokunun içerisinde belirlenebilir. Söz konusu hızlı değerlendirme işlemi ise inşaat mühendislerinin sahadan veri alması ile yapılabilir. Her bir yapıya ait ve o yapının deprem davranışına etki edecek olan kat sayısı, düzensizliklerin olup olmaması, bitişik nizam, yapı yılı vb muhtemel verileri saha çalışması ile elde edilerek yapıların performans dereceleri elde edilebilmektedir. Bunun yanında mevcut yapı stokuna ait inceleme yapılan bölgelerdeki zemin özelliklerinin de belirlenmesi yapı performans derecelendirmesi için gereklidir.



Şekil 5. Kırçami bölgesi

Antalya'nın yapılaşması adına önemli olan konulardan biriside imara açılacak bölgelerin bilimsel olarak değerlendirilmesidir. Bu kapsamda Kırçami olarak adlandırılan ve oldukça geniş bir alanda yapılacak olan imar çalışmasının bilimsel temellere dayanması gerekmektedir (Şekil 5). Söz konusu alanda yapılacak olan imar çalışmasında ilk olarak Mikrobölgeleme etüt çalışmasının yapılması gerekmektedir. Mikrobölgeleme etüt çalışması ile olası deprem senaryolarının daha net elde edilmesi mümkün hale gelecek olup tasarımcı mühendislerin daha doğru statik hesaplar yapmasına olanak sağlayacaktır. Dolayısı ile Kırçami bölgesinde hangi kata sahip yapıların daha güvenli ve ekonomik olacağı daha doğru şekilde belirlenebilecektir.

4. SONUÇLAR

Ülkemizde kullanılan deprem yönetmelikleri deprem mühendisliği alanında meydana gelen gelişmelere paralel olarak geliştirilmiş ve revize edilmiştir. Ancak bu değişim saha

uygulamalarında tam olarak görülememiştir. 2000 yılı ile birlikte hazır beton ve yapı denetim sisteminin inşa sektörüne dahil edilmesi ile birlikte uygulama kalitesinde de ilerleme sağlanmış olunmasına rağmen istenilen seviyeye gelinememiştir. Ülkemizin farklı bölgelerinde meydana gelen son depremlerde yapı kusurlarının hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Söz konusu yapı kusurlarını içeren yapılar için güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma olmak üzere iki temel çözüm yöntemi bulunmaktadır. Ancak Antalya'nın kentsel dönüşümü için gerekli olan bütçe karşılanabilir seviyede değildir. Dolayısı ile yapı stoku içerisindeki yıkıp yeniden yapılacak olan en riskli yapıların belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlem ise hızlı değerlendirme teknikleri kullanılarak yapılacak olan saha çalışması neticesinde elde edilecek verilerin işlenmesi sonucunda yapılara ait yapı performans derecelerinin belirlenmesi ile mümkün hale gelecektir. Antalya genelinde yapılacak olan imar çalışmalarında bilimsel verilere öncelik verilmelidir. Bu kapsamda imara açılacak olan bölgelerde öncelikle mikrobölgeleme etüt çalışmasının yapılması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Pampal, S. ve Özmen B.,. Türkiye'nin Deprem Gerçeği Deprem Bölgeleri Haritaları ve Yönetmeliklerinin Tarihsel Gelişimi. 1028 s., Ankara, 2007.
- [2] Ozelik R. Kurt E, Binici B, Kurç O, Canbay E, Ozcebe G. Comparison of Seismic Retrofit Methods for Nonductile RC Structures by Using Pseudo Dynamic Testing Procedures, 10.International Congress on Advances in Civil Engineering 2012

Antalya Riskli Yapı Stokunun Belirlenmesi İçin Yöntemler

Ferhat Erdal¹, Ramazan Özçelik²

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü
Akdeniz Üniversitesi
eferhat@akdeniz.edu.tr

²İnşaat Mühendisliği Bölümü
Akdeniz Üniversitesi
rozcelik@akdeniz.edu.tr

Özet

Ülkemiz dünyadaki önemli deprem kuşaklarından birinde yer aldığından dolayı geçmişten günümüze pek çok depreme maruz kalmıştır ve her büyük deprem sonrası ağır can kayıpları yaşanmıştır. Mevcut yapı stokunun büyük bir kısmını oluşturan betonarme yapıların yaklaşık olarak yarısı Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik olan DBYBHY-1998'den önce yapıldığı için yapıldığı zamanın teknolojik seviyesine göre hazırlanmış olmasına rağmen yetersiz malzeme, kötü işçilik, uygun olmayan detaylandırma ve yetersiz tasarım sonucu ortaya çıkan zayıf performans nedeniyle günümüz şartlarını sağlamamaktadır. Bunda Riskli yapı stokumuza ait genel bilgiler ile mevcut binaların deprem performansları ve risk değerlendirmesi üzerinde durulan bu çalışmada, oluşabilecek riskin azaltılması konusunda öneriler sunulmaktadır. Bu yöntemler ile Antalya ilinde bulunan mevcut yapı stokunda detaylı incelenecek binaların önceliğine karar verilebilmektedir.

1. GİRİŞ

Ülkemizdeki toplam yapı stokunun yaklaşık olarak % yüzde 9,1'lik kısmının inşa edildiği tarih bilinmemektedir [1]. Türkiye İstatistik Kurumunun bina ve konut nitelikleri hakkında yapmış olduğu bu çalışmada insanların ikamet ettiği konutların bulunduğu binaların inşa yılı incelendiğinde, %47,4'ünün 2001-2021, geriye kalan %43,5'inin 2000 ve öncesinde inşa edildiği ifade edilmektedir.

Yaşanan depremler, yapı stokumuzun büyük çoğunluğunu meydana getiren az ve orta katlı betonarme yapıların deprem performansı yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Bu anlamda mevcut yapı stokunu deprem riski açısından 2000 öncesi ve 2000 sonrası yapılar olarak ikiye ayırmak gerekmektedir. Yapı tasarımı, malzemesi ve inşaatı açısından yapılan değişikliklerin bu tarihten sonra inşa edilen yapıların deprem risklerini önemli

ölçüde etkilediği görülmektedir. ABYBHY-1998 yönetmeliğinin [2] yürürlüğe girmesinden sonra 17 Ağustos 1999'da meydana gelen Marmara depremi ülkemizdeki deprem gerçeğini ortaya koymuştur. Yaşanan depremler yapılarımızın riski konusunda farkındalığın belirgin ölçüde artmasına sebep olup ülke çapında deprem riski konusunda birçok çalışmanın başlatılmasını sağlamıştır. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları standardı (TS500), Marmara Depreminden sonra revize edilerek yapılarda hazır beton ve belli kalitede çelik donatı kullanımını zorunlu hale gelmiştir [3]. 2001 yılında yürürlüğe girerek 19 pilot ilde uygulanan ve 2011 yılında tüm ülkede zorunlu hale gelen yapı denetimi kanunu ile yönetmeliklerine uygun kaliteli yapıların yapılması için proje ve yapı denetimi sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmada yapı stokumuzun büyük bir kısmını oluşturan betonarme binaların deprem davranışlarını geçmiş depremlerde gözlenen performans açısından irdelerek yapılarımızın riskleri değerlendirmiştir. Antalya ilindeki mevcut betonarme yapı stokunda bulunan binalar incelenerek yapısal risklerin azaltılması konusunda öncelikli binaların belirlenmesi yönünde uygulanabilir yöntemler önerilmektedir.

2. MEVCUT YAPILARINDAKİ HASARLARIN NEDENLERİ

Ülkemizde yakın zamanda yaşanmış olan büyük depremler (Bingöl-2003, Van-2011, Elazığ-2020, İzmir-2020, Kahramanmaraş-2023) yapılarımızı tasarım depremlerinin altında etkilere maruz bırakmalarına rağmen ortaya çıkan zayıf performans yukarıda bahsedilen yetersizlikler nedeniyle özellikle DBYBHY-1998 yönetmeliği öncesi yapıların riski konusunda önemli uyarılarda bulunmuştur. Mevcut yapı stokunun özellikleri ve

davranışı düşünülduğünde ve farklı araştırmacılar tarafından bu tarihten önce inşa edilmiş olan yapıların deprem performansları ayrıntılı incelendiği zaman binalarda gözlemlenen tipik hasar nedenleri aşağıdaki şekilde sıralanmıştır [4-7].

- Binaların yürürlükteki yönetmelik ve standartlara uygun tasarlanmamaları
- Binalarda kullanılan betonun dayanım ve içerik olarak yetersiz olması.
- Birleşim bölgelerinde sargılama olmaması
- Yetersiz işçilik olması
- Planda ve düşeyde düzensizlikler
- Uygun olmayan yapısal sistem seçimi
- Denetim eksikliği
- Deprem etkilerinin güncel yönetmeliklere göre daha düşük olması

Ülkemizdeki yapı stokunda gözlenen yaygın hasarlardan ilki giriş katlarının diğer katlara göre daha yüksek olmasının yanı sıra bu katın ticari amaçlı kullanılması ve dolgu duvar bulunmaması nedeniyle yumuşak/zayıf kat oluşumudur (Şekil 1). Ayrıca tasarım yaparken kısa kolon etkisinin dikkate alınmaması sonucu meydana gelen hasarın başında gelmektedir (Şekil 1).



(a) Yumuşak/zayıf kat



(b) Kısa kolon

Şekil 1: Deprem sonucu yumuşak/zayıf kat ve kısa kolon hasarları

Ülkemizdeki üst katlarda alan kazanmak amacıyla ağır çıkımlar hesaplarda doğru dikkate alınmamasının yanı sıra çerçeve sürekliliğini bozarak hasara yol açmaktadır (Şekil 2a). Farklı bir şekilde planda yapısal elemanların simetrik olarak dağıtılmamasından dolayı dış akslarda yer alan elmanlar daha yüksek kuvvetlere maruz kalarak burulma düzensizliği nedeniyle hasar almaktadır (Şekil 2b).



(a) Üst kat çıkma

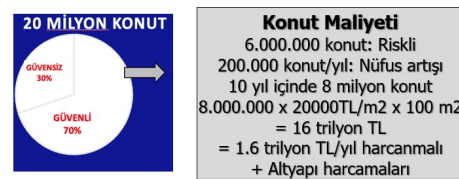


(b) Burulma düzensizliği

Şekil 2: Deprem sonucu ağır çıkma ve burulma düzensizliği hasarları

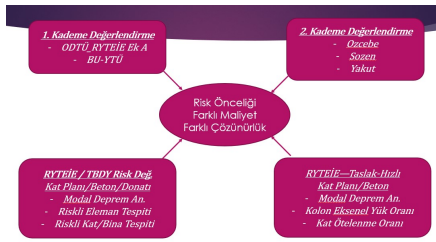
3. YAPISAL RİSKİN AZALTILMASI

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının verilerine göre ülkemizde 20 milyon bağımsız bölüm içerisinde yaklaşık 6 milyon riskli konut bulunmakta ve bu riskli yapı stokumuz nedeniyle depremlerden sonra karşılaştığımız ağır kayıplar depremlere karşı riskleri azaltıcı tedbirler almadığımız sürece karşımıza çıkmaya devam edecektir. Şekil 3’de görüleceği üzere gelecek 10 yıl içerisinde 8 milyon konut için ortalama hesapla 1.6 trilyon TL/yıl harcanması gerekmektedir. Bu veriler tamamen dönüşümün mümkün olmadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 3: Riskli yapı stoku ve konut maliyet hesapları

Depremde düşük performansla sahip yapılar nedeniyle riskli tüm şehirlerimizde riskin azaltılması için uygulanacak yaklaşımın zaman, ekonomi ve uygulama kolaylığı sağlaması gerekmektedir. Bu yüzden, mevcut yapı stokundaki riskin azaltılması için öncelikli olarak ağır hasar alacak veya yıkılacak binaların belirlenmesi gereklidir. Ülkemizdeki yapı stokunun yaklaşık olarak yüzde 5'i civarında olması beklenen bu binaların tespiti için yapıların tek tek ayrıntılı olarak incelenmesi mümkün olmadığından bir öncelik sıralamasına koyularak tasniflenmesi gereklidir. Bu binalar yüksek riskli, orta riskli ve düşük riskli olarak gruplanabilir. Bu şekilde tasniflenen yüksek riskli binaların daha sonra hızlı, pratik ve gerçekçi yöntemlerle daha ayrıntılı incelenmesi ile dönüştürülmesi, güçlendirilmesi veya yıkılmasına karar verilebilir (Şekil 4). Büyük yapı stokları düşünüldüğünde genel yaklaşım aşamalı risk tespiti yöntemlerinin uygulanmasıdır [8].



Şekil 4: Risk tespiti için yöntemler [11]

İlk aşamada Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterildiği üzere sokak taraması yapılarak toplanan verilerin değerlendirilmesi ile yüksek riskli binaların içinde bulunması beklenen küme belirlenir [11]. Bu binalar daha sonraki aşamalarda daha ayrıntılı verilerle ileri yöntemler kullanılarak değerlendirilir ve en riskli binalar belirlenir.

İnceleme Yapan Kişi		İsim Soyadı	Tarih	Otomatik
BİNA BİLGİSİ				
Yapı Kimlik No	Girilecek	İl	Zmir	Fotoğraf
İlçe	Bayraklı	Mahalle	Otomatik	
Cadde/Sokak	Otomatik	Diş Kapı No	Otomatik	
Ada	Otomatik	Parsel	Otomatik	
Enlem	Otomatik	Boylam	Otomatik	
Giriş Kat Kullanım	Ticari / Konut/Metruk	Üst Kat Kullanım	Ticari / Konut/Metruk	
Bina Kullanım Sınıfı	BKS			
Betonarme/Perde	BAC / BACP	Serbest Kat Adedi	1-7	
Bina Görsel Kalitesi	İyi/Orta/Kötü	Yumuşak/Zayıf Kat	Var/Yok	
Düşey Süreksizlik	Var/Yok	Planda Düzensizlik	Var/Yok	
Ağır Çıkmlar	Var/Yok	Kısa Kolon Etkisi	Var/Yok	
Kısa Kolon Sayısı	Var/Yok	Kısa Kolon yüksekliği		
Ağır Cephe Elamanı	Var/Yok	Çıkma Cephe Sayısı	1-4	
Asma Kat	Var/Yok			
Yapı Nizamı	Ayrık/Orta Bitişik/ Köşe Bitişik	Döşeme Seviyesi	Aynı/Farklı	
Çarpışma Tipi	Merkez/Diş Merkezli	Komşu Bina rijitlik/kütle	Aynı/Farklı	
Topoğrafya Eğimi	Düz/Yamaç/Tepe	Yapısal Hasar/Çatlak	Var/Yok	
İlave Notlar				

Şekil 5: Risk tespitinde ilk kademe veri formu-1

İnceleme Yapan Kişi		Ali Veli	Tarih	Otomatik
BİNA BİLGİSİ				
Yapı Kimlik No	İşlenmiş	Bina İsmi	İşlenmiş	Fotoğraf
İl	Zmir	İlçe	Bayraklı	
Mahalle	İşlenmiş	Cadde/Sokak	İşlenmiş	
Diş Kapı No	İşlenmiş	Yapım Yılı	İşlenmiş	
Ada	İşlenmiş	Pafta	İşlenmiş	
Parsel	İşlenmiş	Zemin Sınıfı	İşlenmiş	
Enlem	Otomatik	Boylam	Otomatik	
Giriş Kat Kullanım	Ticari / Konut/Metruk	Üst Kat Kullanım	Ticari / Konut/Metruk	
Taşıyıcı Duvar Tipi	Dolu Tuğla, Düşey Delikli Tuğla, Yatay Delikli Tuğla, Dolu Briket, Boşluklu Briket, Gazbeton, Tas, Kerpiç	Yığma Bina Türü	Donatısız Yığma, Donatılı Yığma, Kuşatılmış Yığma, Karma (BA-Yığma)	
Serbest Kat Adedi		Yapısal Çatlak	Var/Yok	
Duvar Malzeme/ İşçilik Kalitesi	İyi/Orta/Kötü	Duvar-Duvar ve Duvar-Döşeme Bağlantıları	İyi/Kötü	
Yapı Nizamı	Ayrık/Orta Bitişik/ Köşe Bitişik	Döşeme Seviyesi	Aynı/Farklı	
Planda Düzensizlik	Düzenli/Düzensiz/Aşırı Düzensiz	Yatay Hatlı	Var/Yok	
Zemin Kat Ön Cephe Plan Genişliği (m)		Zemin Kat Ön Cephe Toplam Boşluk Miktarı (m)		
Zemin Kat Yan Cephe Plan Genişliği (m)		Zemin Kat Yan Cephe Toplam Boşluk Miktarı (m)		
Düşey Boşluk Düzensizliği	Düzenli/Az Düzenli/ Düzensiz	Cepheye Göre Kat Farklılığı	Var/Yok	
Yumuşak/Zayıf Kat	Var/Yok	Döşeme Tipi	BA/Diğer	
Harç Malzemesi	Çimento/Diğer	Çatı Malzemesi	Toprak/Diğer	

Şekil 6: Risk tespitinde ilk kademe veri formu-2

Birinci aşama hem hızlı tespit hem de bina envanteri oluşturulması açısından önemlidir. Şehirlerin, öncelikle belirlenen mahalleler özelinde yapı stoku özellikleri sokak taraması ile kat adedi, giriş kat kullanım durumu ve çıkmlar hızlıca belirlenecektir [11-12]. Çizelge 1, 2 ve 3'de gösterildiği üzere Türkiye deprem tehlike haritasında girilecek koordinat, zemin özellikleri gibi parametrelere bağlı olarak risk önceliği esaslı önerilen ülkemize özgü birçok yöntem mevcuttur [11-12].

Çizelge 1: Zemin sınıflarına ve deprem bölgelerine göre tehlike bölgeleri [12]

Tehlike Bölgesi	Deprem Bölgesi	Zemin Sınıfı
I	1	Z3 / Z4
II	1	Z1 / Z2
	2	Z3 / Z4
III	2	Z1 / Z2
	3	Z3 / Z4
IV	3	Z1 / Z2
	4	Tüm Zeminler

Çizelge 2: 1. Kademe RYTEİE yöntemi [12]

Olumsuzluk parametre no	Olumsuzluk parametresi	Durum 1		Durum 2	
		Paramet re değeri, O ₁	Paramet re değeri, O ₂	Paramet re değeri, O ₁	Paramet re değeri, O ₂
1	Görünen kalite	İyi	0	Orta (Kötü)	1 (2)
2	Yumuşak kat	Yok	0	Var	1
3	Düşeyde düzensizlik	Yok	0	Var	1
4	Ağır çıkma	Yok	0	Var	1
5	Planda düzensizlik	Yok	0	Var	1
6	Kısa kolon	Yok	0	Var	1
7	Yapı Nizamı	Ayrık	0	Bitişik / Köşede bitişik	1
8	Tabii zemin eğimi	Yok	0	Var	1

Çizelge 3: 1. Kademe Değerlendirme Tablosu [12]

Toplam kat sayısı	Yumuşak kat	Görünen kalite	Ağır çıkma	Kat seviyesi/Bağımsız bina durumu				Düseyde düzensizlik	Planda düzensizlik / Burulma	Kısa kolon	Tabii zemin etkisi
				Aynı		Farklı					
				Orta	Kenar	Orta	Kenar				
1, 2	-10	-10	-10	0	-10	-5	-15	-5	-5	-5	-3
3	-20	-10	-20	0	-10	-5	-15	-10	-10	-5	-3
4	-30	-15	-30	0	-10	-5	-15	-15	-10	-5	-3
5	-30	-25	-30	0	-10	-5	-15	-15	-10	-5	-3
6, 7	-30	-30	-30	0	-10	-5	-15	-15	-10	-5	-3

İlk aşama tamamlandığında yüksek riskli olarak belirlenen binaların Şekil 2'de gösterilen ikinci aşama değerlendirme için basit ölçümlerle sadece zemin kat rölöveleri çıkarılır [9-12].

Özcebe Yöntemi	Yakut Yöntemi
<ul style="list-style-type: none"> • Kat sayısı (n) • Yatay rijitlik indeksi (mmstfi) • Yatay dayanım indeksi (mmst) • Fazla bağıllık katsayısı (mrs) • Yumuşak kat indeksi (ssi) • Ağır çıkma indeksi (ar) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kat Sayısı • Bina Kullanım Sınıfı • Zemin Sınıfı • Kolon/perde boyutları • Zemin/birinci kat alanı • x&y dolgu duvar uzunluğu/kalınlığı

Şekil 7: Risk tespitinde ikinci kademe yöntemler

Kolon yerleşim ve boyutları ile tahribatsız yöntemlerle elde edilen donatı detaylarının yanı sıra donatı türü ve beton dayanımı gereklidir. Donatı türünü belirlemek için birkaç elemanda sıyırma yapmak yeterlidir. Beton dayanımı belirlemenin en güvenilir yolu karot almaktır. Beton numunelerinin alınması ilgili zorlayıcı durumlarda ultrason veya diğer tahribatsız yöntemlere başvurulabilir. Bina düzensizlikler de dikkate alınarak modeli oluşturulur. Daha sonra Binici vd. tarafından önerilen yöntemde ayrıntılı olarak belirtildiği gibi ortalama eksenel yük oranı ve kat arası ötelenme oranına bağlı olarak bir risk değerlendirmesi yapılır [11-12].

Binici vd. tarafından önerilen yöntemde, saha çalışması ile binanın giriş kat rölövesi çıkarılır ve beton dayanımı belirlenir. Daha sonra, giriş kat rölövesine bağlı olarak binanın üç boyutlu modeli düşey yükler ve servis depremi altında analiz edilir. Bina katlarında elde edilen ortalama eksenel yük oranı ve buna karşılık gelen maksimum kat ötelenme oranı, düşeyde eksenel yük oranı yatayda ise ötelenme oranı eğrisi ile temsil edilen sınır değerler ile karşılaştırılarak bina risk durumu hakkında bir değerlendirme yapılır [12].

Yapılan tüm işlemlerden sonra binanın riskli çıkması durumunda güçlendirilmesi için gereken kaba maliyet hesabı yapılarak bina yaşı, zemin

durumu ve kat adedi dikkate alınarak güçlendirilmesine veya binanın dönüştürülmesine karar verilir. Bu aşamada yapılacak analizler ile yaklaşık güçlendirme maliyeti çıkarılması da mümkündür.

3.1. Antalya ili risk verileri

Antalya ili mekânsal adres kayıt sistemine göre kentte 460 bin civarında yapı olduğu ve bu yapıların yaklaşık olarak %12'si Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1975'ten önce yapıldığı belirtilmektedir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007'den sonra yapılan yapıların oranı ise yaklaşık olarak %50 oranında olduğu aktarılmaktadır. Antalya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından 2021 yılında hazırlanan raporda ise kent merkezinde 10831 yapının riskli ilan edildiği ifade edilmiştir [13].

3.2. Antalya ili risk tespiti için öneriler

Yapısal riskin azaltılması bölümünde detaylı olarak anlatılan risk tespiti tayininde kullanılan yöntemler Antalya ili özelinde uygulamak istenildiğinde 1. ve 2. Kademe yöntemler ile risk dağılımı yapılabilir (Şekil 8).



Şekil 8: Antalya için risk tayini aşamaları

İlk aşamada Antalya ili merkez ilçelerinin ayrı ayrı sokak taramasında teorik ve tatbiki eğitim, tablet programı, kontrol programı, sahada çalışacak ekiplerin dağılımı ve sahada çalışacak kişilerin kontrolünü sağlayacak uzman ekipler olacaktır. İkinci aşamada ise pafta tarama, pafta dijitalleştirme, düşey taşıyıcı veri tabanı yine ekipler oluşturularak tamamlanacaktır. Son olarak doğrulama setleri deprem analizleri yapılarak tamamlanarak hızlı risk tespiti yapılacaktır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında Antalya ilinde bulunan mevcut yapı stokunda detaylı incelenecek binaların önceliğine karar vermede kullanılacak yöntemler incelenmiş ve aşağıdaki çıkarımlar elde edilmiştir.

- Mevcut basit kademe yöntemler ile bina riskini yaklaşık belirlenmektedir.
- Bina tasarımı ve performans tahmini bir mühendislik problemidir.
- Bölgesel risk dağılımı, genel kayıp tahminleri 1. ve 2. kademe basitleştirilmiş yöntemler ile yaklaşık yapılabilir.
- Deprem riskinin azaltılmasında finansal modellerin oluşturulması için iş birliği gerekmektedir. Artan nüfus, büyüyen şehirler, ekonomik yetersizlikler dikkate alınmalıdır.
- Ülkenin acil ihtiyacı can kaybını sıfıra indirecek önlemleri almaktır.

Bu kapsamda öncelikli hedef yöntemlerin verilerine göre belirlenen en kötü binaların tespit edilmesi ve hızlı bir şekilde dönüştürülmesi olmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- [1] TÜİK (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. tuik.gov.tr
- [2] ABYBHY (1998). Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- [3] TS500 (2000). Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
- [4] METU (2020). The Samos (İzmir-Seferihisar Offshore) Earthquake [30 October 2020 Mw=6.6] Field Observations On Seismic and Structural Damage, "Earthquake Engineering Research Center, Middle East Technical University", Report No: METU/EERC 2020-03.
- [5] ODTÜ (2011). 23 Ekim 2011 Mw 7.2 Van Depremi: Sismik ve yapısal hasar gözlemleri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Rapor No: METU/EERC 2011-04.
- [6] Yakut, A. Sucuoğlu, H. Binici, B. Canbay, E. Donmez, C. İlki, A. Caner, A. Celik, O. C. ve Ay, B. Ö. (2022) "Performance of structures in İzmir after the Samos island earthquake". Bulletin of

- Earthquake Engineering. Sayı:20, Yıl: 2022, 7793–7818
- [7] Yakut, A. Gulkan, P. Bakir, S. Yilmaz, MT. (2005). "Re-examination of damage distribution in Adapazari: Structural considerations". Engineering Structures. Sayı: 27(7), Yıl: 2005, 990-1001.
- [8] ABYBHY (2007). Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye
- [9] Yakut, A. (2004). "Preliminary seismic performance assessment procedure for existing RC buildings". Engineering Structures. Sayı: 26(10), Yıl: 2004, 1447-1461.
- [10] Yakut, A. Ozcebe, G. Yucemen, MS. (2006). "Seismic vulnerability assessment using regional empirical data". Earthquake Engineering and Structural Dynamics. Sayı: 35(10), Yıl: 2006. 1187-1202.
- [11] Yakut, A. Binici, B. (2023). "Ülkemizdeki Riskli Yapıların Genel Özellikleri Ve Deprem Performansı". Çevre, Şehir ve İklim Dergisi. Sayı: 4, Yıl: 2023
- [12] Binici, B. Yakut, A. Canbay, E. Akpınar, U. Tuncay, K. Identifying buildings with high collapse risk based on samos earthquake damage inventory in İzmir, (2022). Bulletin of Earthquake Engineering , Sayı: 20, Yıl: 2022, 7853–7872
- [13] T.C. Antalya Valiliği AFAD (2021). "İl Afet ve Risk Azaltma Planı (İRAP)"
- [14] TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.

Antalya'da Afet Zararlarını Azaltmaya Yönelik Şehir Planlama

Engin Kepenek¹, Elif Can Bestelci¹

¹Şehir ve Bölge Planlama Bölümü veya Mimarlık Fakültesi
Akdeniz Üniversitesi
enginkepenek@akdeniz.edu.tr, elifbsp@gmail.com

Özet

Kentsel dayanıklılık, bir topluluğun en savunmasız üyeleriyle anlamlı bir katılım da dahil olmak üzere, şehirlerin kapasitelerine ve risklerine bütünsel olarak bakmalarını gerektirmektedir. Kentsel direnç planlama yaklaşımını Eraydın (2013) "iletimsel planlama ve parçacı planlamanın birleşimi" olarak tanımlamakta ve tüm grupların ilişkisinin uyum için önemini vurgulamaktadır.

Günümüzdeki kentsel paradigmlar sonucu oluşan küresel iklim değişikliği ve afet risklerine karşı kentsel dirençliliğin kentsel riskler temelinde tanımlanması, kentün gelecekteki mekânsal kurgusuna yönelik dirençli kent planlaması bağlamında dayanıklı ve dayanıksız bölgelerin incelenmesidir. Bu amaç kapsamında, orman, su kaynakları ve yeşil alan bakımından zengin, aynı zamanda kentleşmenin getirdiği negatif etkilerinin de yaşandığı, Türkiye'nin tarım, turizm, tarih ve en önemli kıyı kentlerinden biri olan Antalya'da kentsel dayanıklılık kavramının afet dirençli kent bağlamında bileşenleri ortaya konarak direnci daha az olan bölgelerin tespit edilerek, bu bölgelerin daha dirençli hale getirilmesi hedeflenmektedir.

Çalışma kapsamında, betimsel çıkarımlara imkan sağlayan "içerik analizi" metodu ile tespit edilen farklı kriter ve göstergelerin birlikte ele alınması ile, Antalya kenti özelinde belirlenen göstergeler "Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)" yöntemi ile uzman görüşleri doğrultusunda ağırlıklandırılmış, kent bilgi sistemleri yardımı ile de dayanıksız bölge olabilecek bölgeler mekânsal haritalarda gösterilmiştir.

Çalışmanın Antalya kentinin sürdürülebilir, dayanıklı kentsel gelişimi ve planlanmasının sağlaması hususunda faydalı bir yöntem öneri olabileceği, sonraki kentsel çalışmalar için fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.

1. GİRİŞ

Ülkemizde deprem birinci sırada olmak üzere, afetler sebebiyle oluşan ekonomik kayıp %76 oranında deprem, %10 oranında heyelan, %9 oranında sel ve %4 oranında kaya düşmesi kaynaklı olup, %1 oranında diğer afet türleri yer almaktadır (Habitat III Raporu 2016). Türkiye kentlerinde son yıllarda sıkça yaşanan aşırı yağış nedeni ile gerçekleşen sel felaketlerinde ve 2023

yılı içerisinde yaşanan büyük deprem felaketlerinde kentlerimizin ne kadar kırılgan olduğu bir kez daha açık biçimde görülmüştür. Çarpık kentleşme, yeşil alan azlığı ve altyapı sorunları nedeniyle bu afetlere karşı dayanıklılık sorunları yaşanırken küresel ısınma ile dünyayı bekleyen daha büyük olumsuz senaryolar bulunmaktadır.

Günümüzdeki kentsel paradigmlar sonucu oluşan afet risklerine karşı kentsel dirençliliğin kentsel riskler temelinde tanımlanması, kentün gelecekteki mekânsal kurgusuna yönelik dirençli kent planlaması bağlamında dayanıklı ve dayanıksız bölgelerin incelenmesidir. Bu amaç kapsamında, orman, su kaynakları ve yeşil alan bakımından zengin, aynı zamanda kentleşmenin getirdiği negatif etkilerin de yaşandığı, Türkiye'nin tarım, turizm, tarih ve en önemli kıyı kentlerinden biri olan Antalya'da kentsel dayanıklılık kavramının sürdürülebilirlik bağlamında bileşenlerini ortaya koyarak tanımlamak direnci daha az olan bölgelerin tespit edilerek, bu bölgelerin daha dirençli hale getirilmesi için kıt kaynakların verimli kullanılacağı rasyonel çalışmalara önem verilmelidir.

Sunulan bu çalışma kapsamında, betimsel çıkarımlara imkan sağlayan "içerik analizi" metodu ile tespit edilen farklı kriter ve göstergelerin birlikte ele alınması ile, Antalya kenti özelinde belirlenebilecek ve verisine erişilebilecek olan 5 temel başlık ile 30 alt gösterge oluşturulmuştur. Belirlenen göstergeler "Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)" yöntemi ile uzman görüşleri doğrultusunda ağırlıklandırılmış, Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı programlar yardımı ile mekânsal haritalar oluşturulmuştur.

Çok sayıda verinin işlenerek nicel bulguların değerlendirildiği bu çalışmada kurum ve kuruluşlarda elde edilmesi gereken bazı verilere erişilememesi, her bir gösterge için aynı döneme ait verilerin bulunamaması, bazı verilerin sadece il bütünü bazında toplanıyor ya da hiç toplanmıyor olması sebebiyle bazı göstergeler kullanılamamış

ya da sadece mahalle bazında bulunabilen veriler değerlendirilebilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Araştırmanın temel materyalini Antalya 5 merkez ilçe sınırları oluşturmaktadır. Kentsel dayanıklılık bağlamında, araştırma alanı olarak belirlenen merkez 5 ilçede, afetlere karşı en az dirençli bölgeler tespit edilmiştir.

Antalya kentinin kentsel dayanıklılığının değerlendirildiği bu çalışmada, afetlere dayanıklı Antalya kenti oluşturma kriterlerinin neler olması gerektiği temel sorunsalı oluşturmaktadır. Bu sebeple yöntemde ilk olarak kentsel dayanıklılığın kente özgü göstergelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Göstergelerin oluşturulabilmesi için literatür taramaları ile birlikte önceki yıllarda yapılmış endeks-gösterge çalışmaları incelenmiştir.

Kentsel dayanıklılığı belirlemek üzere “içerik analizi” yöntemi ile Kentsel Direnç ve Sürdürülebilirlik ile ilgili yapılan çalışmalarda belirlenen indeks ve göstergeler incelenmiş, tespit edilen farklı ölçüt ve göstergeler bir arada ele alınarak, çalışmada kullanılacak göstergeler belirlenmiştir. Antalya kenti özelinde, verisine erişilebilecek olan 5 temel başlıkta 30 alt gösterge oluşturulmuştur. Belirlenen göstergeler Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden olan Saaty (1991) tarafından geliştirilen, kişilerin daha etkin karar vermelerinin amaçlandığı, kişi ve kuruluşların çok kriterli karar süreçlerinde problemdeki karışıklığı gidermek için önerilen bir karar verme tekniği olan “Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)” yöntemi ile değerlendirilerek ikili matrisler sonucu ağırlıklandırma çalışması yapılmıştır. Amaç, temel göstergeler ve alt göstergeler belirlendikten sonra, ölçüt ve alt ölçütlerin kendi aralarındaki önem derecelerinin belirlenmesidir.

AHP yöntemi ile farklı meslek gruplarından kamu çalışanı, Sivil Toplum Kuruluşları (STK) temsilcileri ve akademisyenlerden oluşan 20 meslek uzmanı ile yapılan anket sonucunda kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir.



Şekil 1: Kentsel Dayanıklılık Gösterge Seti.

Çalışma kapsamında çok düşük ağırlık oranına sahip, ya da birlikte değerlendirilen göstergeler çıkarılarak, sonuçlar normalize edilmiştir. AHP yöntemiyle gösterge ağırlıklarının belirlenmesinden sonra, yapılan ağırlıklandırmalara göre mekânsal puanlamalar oluşturulmuştur.

Her bir değişken için Kent Bilgi Sistemleri yardımı ile tematik haritalar elde edilmiştir. Değişkenlerin aynı dilde yorumlanabilmeleri için fishnet yöntemi ile oluşturulan 500*500 karolajlar içerisine gelen değerler baz alınarak, mekânsal birleştirme ile tek bir katman içinde veriler toplanmıştır. Her bir değişken için belirlenen düzey aralıklarının derecelendirilmesi ile değişkenler arasında ortak dil birlikteliği sağlanabilmektedir. Son olarak ise her bir ölçüt için puanlar hesaplanarak her ana kriter için ayrı ayrı ve toplam kentsel dayanıklılık dereceleri belirlenmiş, Antalya 5 Merkez ilçe kapsamında kentsel dirençliliği seviyelerini ifade eden bölgelemeler yapılmıştır.

Küresel problemlerin her kentte farklı etkiler yaratması nedeniyle dayanıklılık “kente özgü” tanımlanması gerekmekte olup, her kent için ayrı ayrı, “neye karşı dayanıklılığın geliştirilmesi gerektiğinin” tanımlanmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda dayanıklılığın birbirinden farklı fakat birbirini tamamlayıcı üç bileşenini netleştirmek önemlidir: “Neye karşı dayanıklılık” (acilen ele alınması gereken en önemli kırılganlıklar/ sorunlar nelerdir), “nerede” (öncelikle nerede/hangi ölçekte

dayanıklılık sağlanmalı) ve “nasıl” (dayanıklılık için kent planlama çerçevesinin temel bileşenleri neler olmalı) (Galantini, 2020).

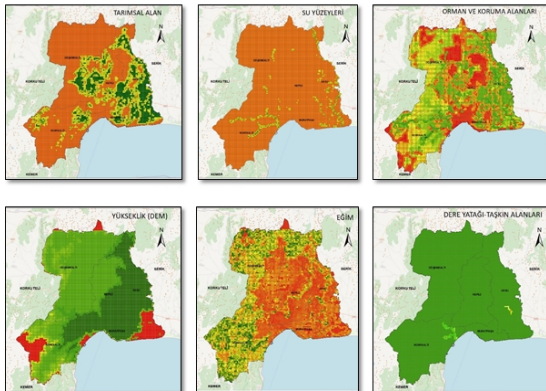
Bu kapsamda Antalya kentinde dayanıklılığın üç bileşenini netleştirmek ve sorulara cevap vermek verebilmek amacıyla gösterge seti oluşturulmuş, analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır. Antalya kentinin sürdürülebilir planlama yaklaşımları dirençli kent ölçütleri ile (1) Doğal Çevre, (2) Yapılaşmış Çevre (3) Erişilebilirlik, (4) İklim Uyum-Enerji (5) Sosyo-Ekonomik olarak belirlenen ana göstergeler ve bunların alt bileşenleri ile değerlendirmesi yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

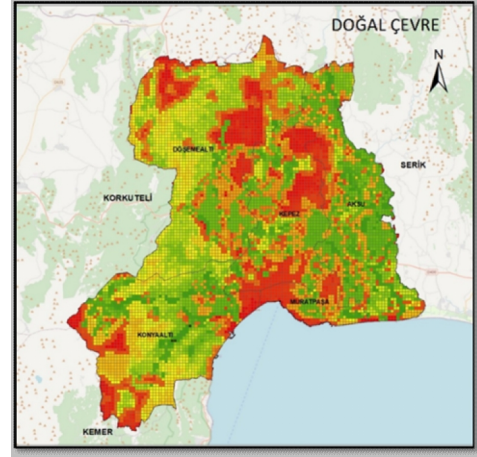
Antalya 5 merkez ilçe kapsamında 5 ana başlıkta oluşturulan alt göstergeler Kent Bilgi Sistemleri temelli ArcGIS programı ile oluşturulan mekânsal haritalarda, çalışma kapsamında kategorize edilmiş ve derecelerine göre puanlamalar yapılmıştır. Her kriter için 0-3 arasında puanlama yapılmıştır. Her kriter için hesaplanan puanlar, AHP yöntemi ile oluşturulan kriterlerin ağırlıkları ile çarpılarak, toplam dayanıklılık indeksi hesaplanmıştır. Analizlerde yeşil bölgelerden kırmızı bölgelere doğru gidildikçe dayanıklılık indeksi azalmaktadır.

2.1. Doğal Çevre

Doğal Çevre kapsamında; Tarım Alanları, Su Yüzeyleri, Orman ve Doğal Koruma Alanları, Yükseklik, Eğim ve Dere Taşkın Alanları bakımından daha kırılgan olan bölgelerin belirlenmesi için her bir alt kriter fishnet analizi yapıldıktan sonra, uzman görüşleri ile belirlenen ağırlıklar aracılığıyla doğal çevre başlığı altında kentsel dayanıklılık seviyeleri belirlenmiştir.



Şekil 2: Doğal Çevre Alt Kriterleri Fishnet Analizi.

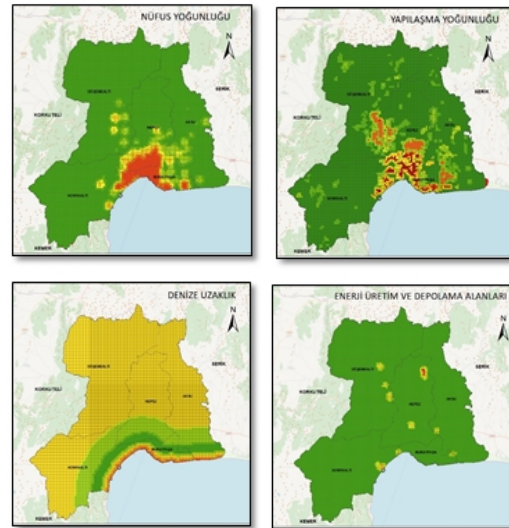


Şekil 3: Doğal Çevre Fishnet Analizi.

Analiz sonuçlarına göre, Muratpaşa ilçesi merkez bölgesi, kıyı alanları ile Kepez ve Döşemealtı ilçelerindeki kuzey bölgeler en az puan alarak en dayanıksız bölgeler olmuştur.

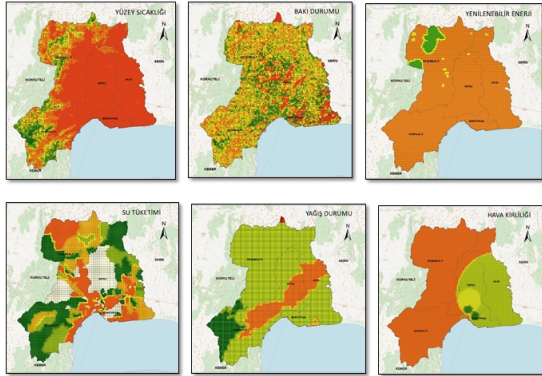
2.2. Yapılaşmış Çevre

Yapılaşmış çevre kapsamında; Nüfus Yoğunluğu, Yapılaşma Yoğunluğu, Denizden Uzaklık, Toplanma Alanları, Enerji ve Depolama Alanları bakımından daha kırılgan olan bölgelerin belirlenmesi için alt kriter ile fishnet analizi yapıldıktan sonra, uzman görüşleri ile belirlenen ağırlıkları aracılığıyla yapılaşmış çevre başlığı altındaki kentsel dayanıklılık seviyeleri belirlenmiştir.



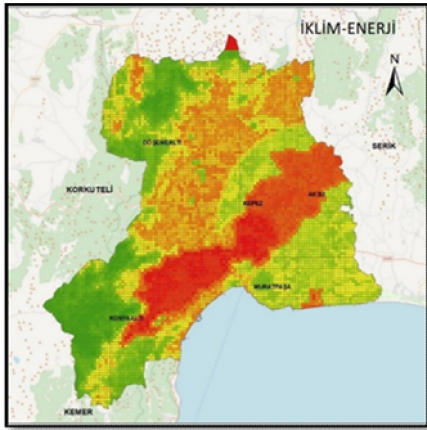
Şekil 4: Yapılaşmış Çevre Alt Kriterleri Fishnet Analizi.

görüşleri ile belirlenen ağırlıklar aracılığıyla İklim Uyum-Enerji başlığı altında kentsel dayanıklılık seviyeleri belirlenmiştir.



Şekil 8: İklim Uyum Enerji Alt Kriterleri Fishnet Analizi

Çalışma kapsamında hazırlanan yüzey sıcaklığı analizi kapsamında, NOAA verilerine göre 2021 küresel ortalama sıcaklık değeri olan 14,7 derece değeri baz alınarak, bu sıcaklığa yakın değerler en dayanıklı, üzerindeki bölgeler kırılabilir bölgeler olarak değerlendirilmiştir. Yerleşim yoğunluğunun bulunduğu bölgelerin çoğunluğunun yüksek yüzey sıcaklığı değerlerine sahip olduğu, en yüksek puana sahip ve en düşük sıcaklığa sahip alanların daha çok orman alanlarında ve yüksekliği fazla olan alanlarda bulunduğu görülmektedir.



Şekil 9: İklim Uyum Enerji Fishnet Analizi.

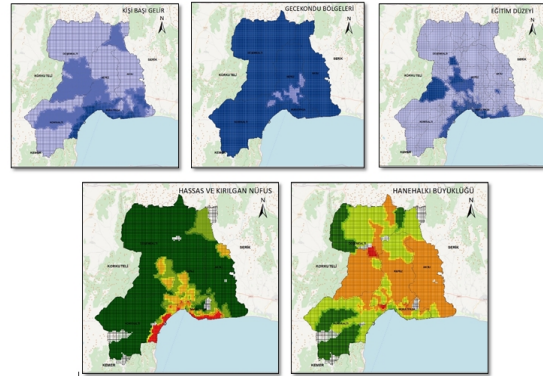
Alpaslan (2019)'ın çalışmasında Antalya kentinin, kıyı kenti olması nedeniyle kent merkezi yazın ve kışın pozitif kentsel ısı adası etkisi gösterirken, yüzey sıcaklıkları açısından çevresindeki bazı kırsal alanlardan daha soğuk görünmekte olduğunu belirtmektedir. Analiz sonucunda, ağırlık indeksi değeri yüksek olan, yağış miktarının düşük olduğu Konyaaltı, Kepez ve Aksu bölgelerinin iç kısımlarını içeren güney batı-kuzey doğu hattı ve

Döşemealtı'nın kuzey hattı boyunca dayanıklılık değerlerinin daha düşük olduğu, orman alanlarının yoğunluklu olduğu, yağış değerleri yüksek alanların İklim Uyum-Enerji açısından daha dayanıklı olduğu söylenebilir.

2.5. Sosyo-Ekonomik

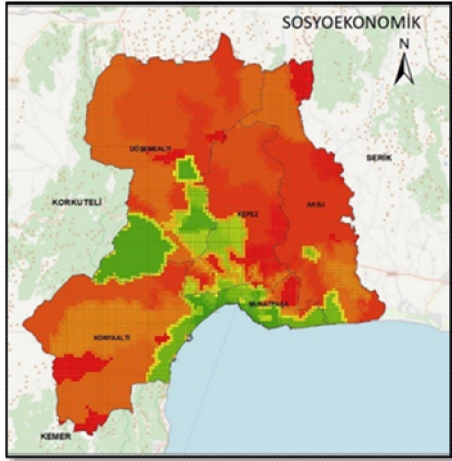
Afetler ve kentsel dayanıklılığın tespiti boyutlarından biri de sosyo ekonomik kriterlerden oluşmaktadır. Afetlerin oluşumu çoğunlukla algılandığı şekliyle meteorolojik veya jeolojik değişikliklerle sınırlı olmayıp, ekonomik, sosyal birçok alanı ilgilendirmektedir.

Çalışmada, gelir durumu, eğitim durumu, o bölgedeki hassas ve kırılabilir nüfus yapısı, hane halkı büyüklükleri önemli kriterler olarak ele alınmıştır. Daha kırılabilir olan bölgelerin belirlenmesi için her bir alt kriter için fishnet analizi yapıldıktan sonra, uzman görüşleri ile belirlenen ağırlıklar aracılığıyla kentsel dayanıklılık oranları belirlenmiştir.



Şekil 10: Sosyo Ekonomik Alt Kriterleri Fishnet Analizi.

Ekonomik açıdan hassas nüfus gruplarının, herhangi bir tehlikeye maruz kaldıklarında oluşan yeni koşullara uyum sağlama kapasitesi sınırlıdır. Ruhsatsız ve plansız bölgelerde yaşayan nüfuslar, pek çok afet riskine karşı daha savunmasızdır.

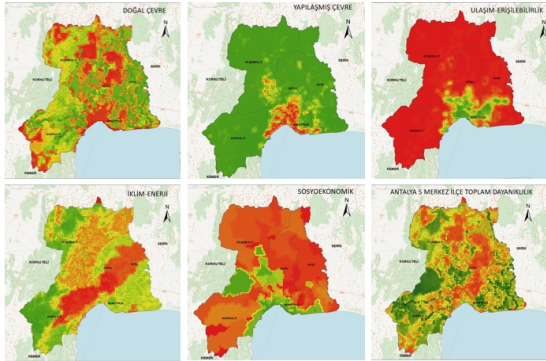


Şekil 11: Sosyo Ekonomik Alt Kriterleri Fishnet Analizi.

Yapılan analiz sonucunda, sosyo ekonomik açıdan Konyaaltı, Muratpaşa ve Aksu'nun kıyı bölgeleri ile Döşemealtı'nın bir bölümünün daha dayanıklı olduğu, daha kırılgan bölgelerin ise Kepez ilçesinde yoğunlaştığı görülmektedir.

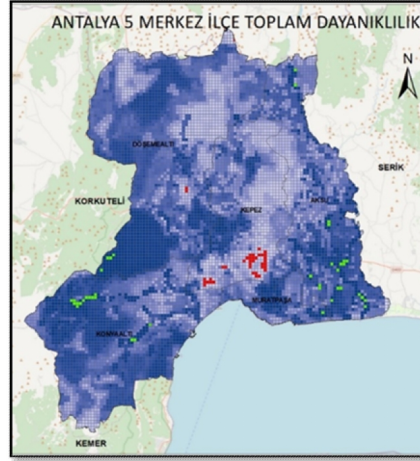
2.6. Toplam Dayanıklılık Analizi

Fishnet analizi yapılarak her bölgenin toplam dayanıklılık puanı ArcGIS programı spatial join ile hesaplanmıştır.



Şekil 12: Temel Kriterler ve Toplam Dayanıklılık İndeksleri.

Toplam dayanıklılık indekslerine baktığımızda Döşemealtı, Kepez ve Muratpaşa Merkez Bölgesine S biçimde bir hatta dayanıklılığın en düşük seviyede olduğu, bu bölge içerisinde ise en düşük dayanıklılık seviyesine Kepez ilçesinin sahip olduğu belirlenmiştir. Konyaaltı, Döşemealtı, Aksu ilçelerindeki orman ve tarım alanlarının en dayanıklı bölgeler olduğu görülmektedir.



Şekil 13: Dayanıklılık İndeksleri.

İndeks değerlerini ayrıntılı incelediğimiz zaman kırmızı ile belirtilen Kepez İlçesi Şafak, Yeşilyurt, Avni Tolunay, Erenköy, Gazi, Habipler, Baraj, Sütçüler, Güneş Beşkonaklılar, Düdenbaşı mahalleleri ile Döşemealtı Yeniköy mahallesinin bir bölümünde yer alan alanlar 0,57-0,70 arası puan ile en düşük dayanıklılık indeks değerine sahip iken, yeşil ile gösterilen Konyaaltı ilçesi Geyikbayırı, Yukarıkaraman ve Doıran mahallelerinin bir bölümü ile Aksu ilçesi Boztepe, Çalkaya, Mandırlar, Kundu Mahalleleri 1,40-1,58 puan ile en yüksek dayanıklılık indeksine sahip olan alanlar olarak görülmektedir (Şekil 13).

Kıyı kenti olma özelliği bulunan ve fiziki yapısı gereği düşük rakım değerleri sebebiyle Antalya'da olası deniz yükselmesi, sel ve taşkın durumlarında ya da olası diğer afetlerde kentsel boşlukların varlığı mekanı daha dayanıklı hale getirmektedir. Bu sebeple, nüfus ve yapılaşma yoğunluğunun yüksek, kentsel boşlukların az olduğu alanlar dayanıklılığın düşük olan alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İncelenen göstergeler doğrultusunda kentin özellikle yapılaşmış çevresinin kırılganlığının çok yüksek olduğu görülmektedir. Kentin yapılı çevresinde görülen en önemli problemlerden bir tanesi plansız gelişen bölgelerdir. Bu bölgeler kentsel hizmetlerin çoğunun ulaşmadığı, kişi başı gelir ve eğitim düzeyinin düşük olduğu, yapı kalitesinin düşük olduğu alanlar olmaları nedeni ile afet risklerin karşı diğer alanlara göre daha kırılganlardır. Kentsel yapılı çevrenin en önemli donatı alanlarından biri olan açık ve yeşil alanların yetersizliği ve homojen dağılımının olmaması da dayanıklılığın azalmasında öne çıkan diğer bir faktördür. Açık yeşil alanların varlığının yetersiz

ve çoğu yerleşime erişilebilir olamaması sonucu, kentte geçirimsiz yüzeylerin artması, boşluk doluluk dengesinin bozulması, kentsel ısı adası etkisi görülmesi etkilerini arttırmaktadır. Bu etkilerin azaltmasına yönelik ulaşım sisteminin iyileştirilmesi, sağlıklı hale getirilmesi, yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması ve farklı erişim türlerinin kentte kurgulanması konusunda tüm merkezi ve yerel paydaşların plan ve politika geliştirmesi gerekmektedir.

Antalya'nın dirençliliği hususunda OECD tarafından yapılan çalışmada (2016) da belirtildiği gibi ekonomik anlamda turizmin çeşitlendirilmesi, kent in tarım, kıyı kenti, tarihi kimlikleri de göz önüne alınarak alternatif turizm potansiyellerinin değerlendirilmesi gerekmektedir, çevresel açıdan kentte hızla artan nüfusa karşılık altyapının geliştirilmesi, açık yeşil alanların ile kentsel boşlukların artırılması, sosyal açıdan, ruhsatsız yapılaşmanın en kısa sürede yerinde dönüşümünün sağlanarak, kent in en dayanıksız alanlarını oluşturan bu bölgelerin teknik ve sosyal altyapısının iyileştirilmesi için politika ve planların geliştirilmesi ve acilen uygulamaya konulması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Alpaslan, Ö. (2019). Enerji Etkin Planlama Kapsamında Antalya Kenti İçin Bir Yöntem Yaklaşımı, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, Antalya
- [2] Anonim 1.
<http://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/resilient-cities-antalya.pdf>, [son erişim tarihi: 24.07.2022]
- [3] Antalya İl Afet Risk Azaltma Planı (IRAP), (2021). Antalya Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü
- [4] Antalya Sürdürülebilir Enerji Ve İklim Eylem Planı (SECAP), (2022). Antalya Büyükşehir Belediyesi
- [5] Antalya Deprem Master Planı 1. Çalıştay Sonuç Raporu (2022). Antalya Büyükşehir Belediyesi
- [6] Aydın, M.B., Erdin H.E. ve Kahraman E.D. (2017). Mekânsal Yapı Özellikleri Açısından İklim Değişikliğine Karşı Risk Taşıyan Bölgelerin Saptanması, TMMOB Şehir Plancıları Odası Planlama Dergisi
- [7] Balamir, M. (Prof.Dr.) (2011). Uluslararası Afetler Politikasının Ana Ekseni: Kentsel Sakınım, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Odtü, Ankara
- [8] Balta, M.Ö. (2013). Kentsel Risklerin Planlama Temelinde Analizi ve Dirençli Kent Planlama Yaklaşımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul
- [9] Eraydın, A. (2013). "Resilience Thinking" For Planning. In Resilience Thinking In Urban Planning (Pp. 17-37). Springer, Dordrecht.
- [10] Gerçek, D. Ve Güven, İ.T. (2016). Kentsel Dirençliliğin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Analizi: Deprem Ve İzmit Kenti, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 8, No: 1 (51-64)
- [11] Godschalk, D. R. (2003). Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. Natural Hazards Review, 4(3), 136-143.
- [12] Türkiye Habitat III Ulusal Raporu (2014). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara,
- [13] Habitat III Policy Paper 8 (2016). Urban Ecology And Resilience
- [14] Saaty, T., (1991). Some Mathematical Concepts of the Analytic Hierarchy Process, Behaviormetrica, No: 29, s. 1-9.
- [15] Yaman- Galantini, Z.D. (2020). "Kentlerin Beklenmedik Tehditlere Cevap Verme Kapasitesi Önemli", Belediye Haftalık Bülten Sayı 22, Röportaj

Antalya Yüzey Yer Değişikliklerinin Uydu Teknolojileriyle İzlenmesi

Nusret Demir^{1,2}

¹Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü
Akdeniz Üniversitesi

nusretdemir@akdeniz.edu.tr

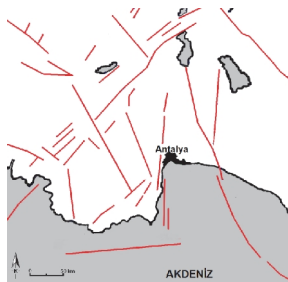
²Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Bilimsel ve Teknik Komisyonu
Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Özet

Bu çalışmada Antalya kent merkezinin 2015-2022 yılları arasında yüzey yer değişikliklerinin incelenmesi aktif uzaktan algılama yöntemlerinden interferometrik SAR ile analizi ile gerçekleştirilmiştir. Araç olarak LICSBAS aracı kullanılmış olup, uydu verisi olarak Avrupa Uzay Ajansı'na ait Sentinel 1 yapay açıklıklı radar verileri işlenmiştir. Hem alçalan hem yükselen mod veri alınımından elde edilen görüntüler kullanılmıştır. Bu bildiri sadece 2015-2016 yıllarına ait olan sonuçlar ele alınmış olup, ilgili sunumda tüm yıllar detaylarıyla ele alınacaktır.

1. GİRİŞ

Antalya şehri modern çağda genellikle çevre coğrafyada bulunan depremlerden etkilenmiştir. Dipova ve Cangir(2011) Antalya çevresinde meydana gelen büyük depremlerin genellikle Fethiye- Burdur Fay Zonu ve Helenik-Kıbrıs Yayı boyunca sık gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Dipova ve Cangir'in çalışmasında Antalya'nın aktif ve potansiyel fay zonları gösterilmiştir [1].



Şekil 1: Antalya Çevresi Aktif ve Potansiyel Fay Zonları (Dipova ve Cangir(2011)-Erlik (1999)'dan değiştirilerek kullanılmışlardır [1-2].

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası'nın hazırlamış olduğu Antalya'nın depremselliği raporunda da Antalya, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre, sismik aktivitesine göre iki bölgeye ayrılmıştır. Özmen (2007) çalışmasında Batı ve kuzey-batı kesimi, sismik aktivitesi fazla

olan 1. ve 2. derece deprem bölgesi, doğu ve kuzey-doğu kesimi ise sismik aktivitesi daha az olan 3. ve 4. derece deprem bölgesi olarak belirlendiğini ifade etmektedir [3].

Bu çalışmada Antalya'nın yer değiştirme hareketlerinin aktif uzaktan algılama yöntemlerinden olan Interferometrik SAR (InSAR) yöntemiyle incelenmesi ele alınmıştır.

Antalya ilinde meydana gelen çökme ve yükselme miktarları 2015 yılından itibaren 2022 Şubat ayına kadar mevcut tüm Sentinel 1 uydu verileri ve LICSBAS[4] aracı kullanılarak hesaplanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Avrupa Uzay Ajansı(ESA)'nın Copernicus Programı kapsamındaki Sentinel 1 Yapay Açıklıklı Radar (SAR) verileri kullanılmıştır. Sentinel-1, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından yürütülen Copernicus programı kapsamındaki ilk uydu sistemidir. A ve B olmak üzere iki uydudan Sentinel-1 uyduları, gece ve gündüz tüm hava koşullarında veri toplama sağlayan bir C-bandı sentetik açıklıklı radar (SAR) cihazı taşır. Bu cihaz, 5 metreye kadar mekânsal çözünürlüğe ve 400 kilometreye kadar bir alana sahiptir. Ancak 2021 Aralık ayında Sentinel 1 B devre dışı kalmıştır.

Sentinel-1A uydusu kutuplara yakın, Güneş eşzamanlı bir yörüngede döner. Yörüngenin 12 günlük bir tekrar döngüsü vardır. Bu, Sentinel-1'in Dünya'nın herhangi bir noktasını her 12 günde bir görüntülemesini sağlar.



Şekil 2: Sentinel 1 Uydusu (ESA) [5]

Sentinel 1 uydusu C bandına sahip olup 5.405 GHz frekansında ~ 5.5465763 cm uzunluğunda dalga boyu ile çalışmaktadır. Hem alçalan hem de yükselen modunda veri alımı gerçekleştirmektedir.

Sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntüleri, bir nesneden yansıyan radar dalgalarının genlik ve fazlarının kayıtlı olduğu görüntülerdir. Faz, nesneye olan mesafeye bağlı bir değerdir. Genlik ise nesnenin yansıma değerlerinin karşılığıdır.

İnterferometrik SAR (InSAR), iki SAR görüntüsünün faz farkı kullanılarak yeryüzünde bulunan hedeflerin mesafelerindeki farkı hesaplayan bir yöntemdir. İnterferogram, iki SAR görüntüsü arasındaki faz farkının bir haritası olarak görülebilir. İnterferogram, hedef alanının yüksek farkı hakkında bilgi verir. Bunun yanı sıra, iki görüntü arasında meydana gelen menzil mesafesinde meydana gelebilecek değişimler hakkında da bilgi verir.

Örneğin, bir depremden sonra, InSAR, depremin neden olduğu yüzey hareketlerini ölçmek için kullanılabilir.

InSAR, arazi değişikliklerini izlemek, doğal afetlerin etkilerini değerlendirmek ve iklim değişikliğinin etkilerini izlemek için çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

SBAS yöntemi, iki SAR görüntüsünün faz farkını kullanarak yüzey deformasyonunu ölçer. SBAS, kısa baz mesafelerine sahip SAR çiftleri kullanır. Bu, interferogramların daha tutarlı olmasını sağlar.

SBAS, her piksel için, SAR kazanımlarının zamansal çözünürlüğü ile zemin deformasyonunun

zaman serisini üretir. Bu, zemin deformasyonunun zaman içindeki değişimini izlemeyi sağlar.

SBAS ayrıca, deformasyon zaman serisine düz bir çizgi uydurmak suretiyle, doğrusal bir yüzey deplasmanı oranı haritası oluşturur. Bu harita, yüzey deformasyonunun yönünü ve hızını gösterir.

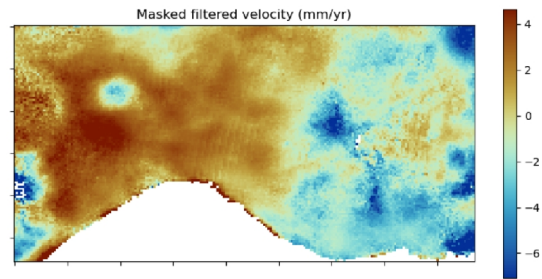
SBAS yöntemi, arazi değişikliklerini izlemek, doğal afetlerin etkilerini değerlendirmek ve iklim değişikliğinin etkilerini izlemek için kullanılabilir.

SBAS yönteminin uygulanması için LICSBAS aracı kullanılmıştır. LICSBAS, COMET-LiCS web portalında ücretsiz olarak bulunan LiCSAR ürünlerini (yani, sarılmamış interferogramlar ve tutarlılık) kullanarak InSAR zaman serisi analizini gerçekleştirmek için Python ve bash'ta açık kaynaklı bir pakettir [4].

3. BULGULAR

Bu çalışmada Sentinel 1A ve Sentinel 1B'nin 2015 Ocak ayından 2022 Şubat ayına kadar tüm verileri hem alçalan hem de yükselen modu için işlenmiştir.

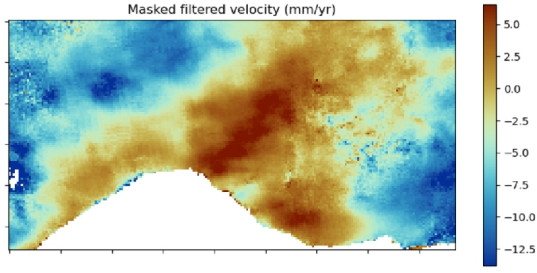
2015-2016 Ocak ayları arası için LICSBAS paketi kullanarak elde edilen yer değiştirme haritası aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3: 2015-2016 Ocak ayları arası yer değiştirme hızı, Alçalan modu.

Şekilde görüleceği üzere batı kısmı az miktarda çökme hareketine maruz kalmıştır.

Aynı işlem yükselen alım modu için de tekrarlanmıştır.



Şekil 4: 2015-2016 Ocak ayları arası yer değiştirme hızı, Yükselen Modu.

Aynı alan yükselen modu ile gerçekleştirildiğinde çökme miktarlarının 12.5 mm' ye ulaştığı görülmektedir.

4. SONUÇLAR

InSAR yöntemi yer yüzey değiştirmelerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Geniş alanlardaki deformasyonların izlenmesinde fayda sağlamaktadır. Özellikle fay zonlarının gözlenmesinde etkili olduğu değerlendirilmektedir. İleri bir çalışma olarak Antalya için belirlenmiş fayların komşuluklarında yer değiştirmelerin analizi ele alınacaktır.

5. KAYNAKLAR

[1] Dipova, N. ve Cangir, B., " Antalya İli Yerleşim Alanının Depremselliğinin Araştırılması ", Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 35 (2) 93-114, 2011.

[2] Erdik, M., Biro, Y., Onur, T., Sesetyan, K. ve Birgören, G."Assessment of earthquake hazard in Turkey and neighboring regions - GSHAP", Annali di Geofisica, 42, 6, 1999.([1]'den alıntılandı.)

[3] Özmen, T."Deprem ve Antalya", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi, 2007.

[4] LICSBAS InSAR zaman serisi analizi yazılımı, <https://github.com/yumorishita/LiCSBAS>, Erişim Tarihi:14.11.2023

[5] Sentinel 1 Uydusu, Avrupa Uzay Ajansı, https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2014/02/sentinel-1/14276532-1-eng-GB/Sentinel-1_pillars.jpg, Erişim Tarihi:14.11.

“TMMOB ANTALYA İL KOORDİNASYON KURULU KENT SEMPOZYUMU” SONUÇ BİLDİRGESİ

TMMOB (Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği) Antalya İKK (İl Koordinasyon Kurulu) olarak 7-8 Aralık 2023 tarihinde Makina Mühendisleri Odası Antalya Şube Konferans Salonunda “*Cumhuriyetin 100. Yaşında Hayalimizdeki Antalya*” ana teması ile “Antalya Kent Sempozyumu” gerçekleştirilmiştir. Sempozyum kapsamında 3 farklı konu başlığında 4 oturum ve “iklim değişikliği ve çevre” konu başlığı ile 2 panel düzenlenmiştir. Oturum konuları aşağıda sıralanmıştır;

- Göçün etkileri ve yönetimi oturumu,
- Depreme dirençli kentleşme oturumu,
- Ulaşım ve trafik yönetimi oturumu.

Söz konusu oturum ve panellerde; konusunda uzman bilim insanlarının yapmış olduğu sunumlar neticesinde, sorunlar bilimsel zeminde ortaya konularak çözüm önerileri sunulmuştur. Sempozyuma yerel yönetim temsilcileri, yerel yönetimlere talip olanlar, kentimiz konusunda hassasiyet taşıyan mühendis, mimar ve şehir plancılar ile halkımız ve öğrenciler katılım göstermiştir.

Sempozyumda sunulan bildirimler dizgi ve baskı işlemi sonucu sempozyum kitapçığı halinde kamuoyu ile paylaşılacak olmakla birlikte sempozyum oturumlarında yapılan konuşma ve tartışmalar neticesinde her bir konu başlığı için özetle aşağıda sıralanan tespit ve öneriler yapılmıştır.

Antalya İlinde nüfus artış hızı Türkiye ortalamasının belirgin şekilde üzerindedir. Ana nedeni, uzun yıllar iç göç hareketleri olan bu artışa son yıllarda dış göçler de katkı vermeye başlamıştır. Bu kapsamda “*Göçün Etkileri ve Yönetimi*” oturumunda yapılan tespit ve öneriler aşağıda sıralanmıştır;

1- Hızlı nüfus artışı sebebiyle, kentsel arazi örtüsü merkezden çevresindeki kırsal alanlara doğru genişlemekte ve özellikle mülkiyeti kamuya ait olan orman alanları, tarım arazileri veya imara açılmamış bölgeler üzerinde potansiyel kentleşme baskısını artırmaktadır. Çıkartılan imar afları ve kamu arazileri üzerinde izinsiz uygulamalar neticesinde hazine arazileri özel mülkiyete geçebilmekte ve bu da kaçak yapılaşmaya zemin hazırlamaktadır. Antalya’da yaşanan göç dalgası kontrolsüz kentsel yayılmayı arttırmış, son 30 yılda kentsel arazi kullanım oranı 8 katın üzerinde artmıştır. Bu durum ildeki taşınmaz fiyatlarının da yükselmesine neden olmuştur. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için büyükşehir belediyesi ve ilçe belediyelerinin bünyelerinde çarpık yapılaşma ile mücadele birimleri kurarak kararlar alması ve gerekli politikaları üretmesi beklenmektedir.

2- Nüfus artışı, kentleşme hızını ve doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırmakta, sınırlı kaynakların daha fazla tüketilmesine neden olmaktadır. Nüfus artışı ile birlikte yerel

yönetimler içme ve kullanma suyu temini, atık suların arıtılması, katı atıkların bertarafı gibi yatırımlar için daha fazla kaynak ayırmak zorundadır. Bu kapsamda aşağıda sıralanan önlemler ivedilikle alınmalıdır;

- Yağmur suyu akışının kontrolü, yağmur suyu kirliliğinin azaltılması, sel tehdidinin azaltılması, su rezervlerinin beslenmesinde artış, ortam sıcaklığının azaltılması ve hava kalitesinin iyileştirilmesi olarak özetlenebilecek “Yeşil Altyapı” yaklaşımı hayata geçirilmelidir. Bunun yanı sıra kent merkezlerindeki yeşil alanların arttırılması ısı adalarının etkisini azaltacaktır.

- Antalya'nın içme ve kullanma suyu ihtiyacının büyük oranda karşılandığı yeraltı su kaynaklarının kirlenmeden korunması, alınabilecek önlemler arasında en sürdürülebilir olanıdır. Bu amaçla yeraltı su kaynakları ile doğrudan ilişkili olan düdenler etrafında oluşturulmuş olan koruma alanlarının gözden geçirilmesi ve bu bölgelerde kirliliğe neden olacak her türlü faaliyet engellenmelidir.

- Arıtılmış atık suların özellikle sulama amaçlı tekrar kullanılması imkanları araştırılarak, bu seçenek mutlaka, kısa-orta vadede tüm arıtma tesislerini kapsayacak şekilde hayata geçirilmelidir.

- Sürdürülebilir katı atık yönetimi için “kaynağında azaltmak” önemlidir. Bu nedenle kontrolsüz üretilen atıkların yönetimi yerine kaynağında daha az atık üretilmesi teşvik edilmelidir ve gerekli mevzuat hazırlanmalıdır.

3- Göç, enerji kesintilerine ciddi şekilde etki edebilen bir faktördür. Göç anında, genellikle talep aniden artar ve enerji altyapısının zayıflıkları gün yüzüne çıkar. Enerji kesintileri ekonomik kayıplara neden olabildiği gibi acil durum hizmetleri ve sağlık hizmetleri de bu tür kesintilerden olumsuz etkilenebilir. Ancak, iş birliği ve yatırım ile bu sorunları aşmak mümkündür. Enerji altyapısının güçlendirilmesi ve modernizasyonu, bu sorunların çözümünde önemlidir ve öncelikli olarak ele alınmalıdır.

Antalya şehir merkezinden geçen aktif fay bulunmasa da antik kentlerde gözlenen deprem ile ilişkili hasarlar, tarihsel kayıtlar ve aletsel dönemde elde edilen veriler, Antalya çevresinde 6'dan daha büyük depremler üretme potansiyeli bulunan aktif fayların başta Kıbrıs yayının kuzeybatısında, Antalya kuzeyinde ve batısında yer aldığını işaret etmektedir. Bu kapsamda “*Depreme Dirençli Kentleşme*” oturumlarında yapılan tespit ve öneriler aşağıda sıralanmıştır;

1- Aktif fayların bulunmadığı alanlarda depremin yıkıcı hasarlara neden olabileceği ve bu nedenle Antalya çevresinde başta zemin büyütmesinin etkin olduğu zeminler olmak üzere tüm zeminlerde yönetmeliklere uygun yüksek kalitede yapıların üretilmesi zaruridir.

2- Akdeniz’ de deniz altında kalan fayların uzunlukları ve yayılımları bilinmediğinden ne kadar büyüklükte deprem üretebilecekleri de bilinmemektedir. Tıpkı

Marmara Denizi'nde olduğu gibi en büyük tehdit denizde olabileceği için, jeolojik deniz araştırmaları önemlidir ve ivedilikle çalışmalara başlanması gerekmektedir.

3- 2000 yılı öncesi yapıların büyük bir kısmı can ve mal güvenliği açısından büyük risk oluşturmaktadır. Söz konusu yapılar için güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma olmak üzere iki farklı çözüm yöntemi bulunmaktadır. Yapıların gerek güçlendirilmesi ve gerekse yıkılıp yeniden yapılması olası deprem sonrası yıkıcı etkilerin sınırlandırılması veya engellenmesi bakımından yeterli olup en önemli kıstas ise konu hakkında kararlı bir şekilde icraata geçilmesidir.

4- Antalya'nın kentsel dönüşümü için gerekli olan bütçe bekleneceği üzere oldukça yüksek olacaktır. Dolayısı ile yapı stoku içerisindeki yıkıp yeniden yapılacak olan en riskli yapıların belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlem ise hızlı değerlendirme teknikleri kullanılarak yapılacak olan saha çalışması neticesinde elde edilecek verilerin işlenmesi sonucunda yapılara ait yapı performans derecelerinin belirlenmesi ile mümkün hale gelecektir. Antalya genelinde yapılacak olan imar çalışmalarında bilimsel verilere kesinlikle öncelik verilmelidir. Bu kapsamda imara açılacak olan bölgelerde öncelikle mikro bölgeleme etüt çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

5- Antalya'nın depreme karşı dirençliliğinin sağlanabilmesi için 2000 yılı öncesi inşa edilmiş yapılarda deprem riskleri belirlenirken yerinde yapılacak çalışmalara ilave olarak güncel mekânsal veriye dayalı uzaktan algılama gibi uydu teknolojileri de ele alınmalıdır.

6- Antalya'nın dirençliliği hususunda ekonomik anlamda turizmin çeşitlendirilmesi, kentin tarım, kıyı kenti, tarihi kimlikleri de gözetilerek alternatif turizm potansiyellerinin değerlendirilmesi gerekmekte, çevresel açıdan kentte hızla artan nüfusa karşılık altyapının geliştirilmesi, açık yeşil alanların ile kentsel boşlukların arttırılması, sosyal açıdan, ruhsatsız yapılaşmanın en kısa sürede yerinde dönüşümünün sağlanarak, kentin en dayanıksız alanlarını oluşturan bu bölgelerin teknik ve sosyal altyapısının iyileştirilmesi için politika ve planların geliştirilmesi ve acilen uygulamaya konulması gerekmektedir. Bu kapsamda kentte yapının değil kentin dönüştürülmesi üzerine imar planı çalışmaları ivedilikle yapılmalıdır.

7- Depreme karşı alınması gereken önlemlerin bir diğerı yıkılmayan binaların iç mekanlarını oluşturan yapısal olmayan elemanların tespit edilmesi ve raporlanmasıdır. Bu yapısal olmayan elemanlarının dayanımının artması için türü boyutu ve konumunun belirlenerek malzeme seçimlerinin uygun olması, bağlantı elemanları ve detaylarının çözümülenip doğru uygulanması ile oluşabilecek riskler azaltılarak depremden korunabilir. Bu konuda geliştirilen yazılım ve mobil uygulama ile raporlama yapılabilir, risk raporu çıkarılabilir ve gerekli önlemler alınabilir.

Antalya ilinde artan nüfusa baēlı olarak araç sayılarının fazlaşması, trafik kazası sayılarında ve trafik sıkışıklığında artışa neden olmaktadır. Bu kapsamda “Ulaşım ve Trafik Yönetimi” oturumunda yapılan tespit ve öneriler aşağıda sıralanmıştır;

1- Ulaştırma biliminde simülasyon teknikleri, mevcut verilerden faydalanılarak gelecekte trafikte yaşanacak sorunların dijital ortamda analiz edilmesine imkân sağlamaktadır ve çözümün bir parçası olarak muhakkak kullanılmalıdır.

2- Akıllı trafik yönetimi sistemleri, şehirlerin trafik sorunlarına çözümler sunma ve çevresel etkileri azaltma potansiyeline sahiptir. Tam adaptif kavşaklar, trafik yönetim sistemi içerisinde şehir içi ulaşımı daha verimli ve çevre dostu hale getirmek için önemli bir araçtır ve muhakkak değerlendirilmelidir.

3- Yapay zekâ algoritmaları çözümün bir parçası olarak muhakkak düşünölmelidir. Antalya şehir genelinde trafik, hava kalitesi vb. birçok veri toplanmalı ve yapay zekâ algoritmaları ile işleyecek bir planlama sistemi oluşturulmalıdır.

4- Günümüz kentlerinde sürdürülebilir ulaşım planlaması bağlamında ortaya çıkan en büyük problem kentlerin otomobil odaklı olarak planlanması ve geliştirilmesidir. Sağlıklı ve sürdürülebilir bir kentsel ulaşımın hayata geçirilebilmesi için kamu kaynakları büyük oranda öncelikle toplu taşıma olmak üzere bisiklet ve yaya erişimini cazip hale getirilebilecek alt ve üstyapı düzenlemelerine ayrılmalıdır.

Pandemiden daha ağır ve daha uzun süreceēi öngörölebilen iklim krizinin ilk sonuçları maalesef afetler şeklinde acı tecrübelerle yaşanmaktadır. Bu durum aslında küresel bir sorun olsa da yerelden de alınması gereken birçok önlemin olduēu bilinmektedir. Bu kapsamda “İklim Deēişikliği ve Çevre” panellerinde yapılan tespit ve öneriler aşağıda sıralanmıştır;

1- İklim deēişikliğine uyum sağlamak için gerekli yasal düzenlemelerin ve yatırımların ivedi bir şekilde hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu süreçte ihtiyaç duyulan finans kurulacak ayrı bir fondan karşılanmalıdır.

2- Antalya turizmin başkenti olarak ticari binaların yoğun olduēu bir şehirdir. Bu binaların iklimlendirilmesi ve sıhhi sıcak su üretiminde enerji olmak üzere su tüketiminde de kontrolsüz kaynak kullanımı söz konusudur. Yapılacak yasal düzenlemeler ve kota tanımlamaları ile bina sahip ya da işletmecileri tedbir almaya ve verimli kaynak kullanımına yönelik yatırımlar yapmaya zorlanmalıdır.

3- Elektrikli araçların sayısının her geçen gün artması elektrik güç sistemi yönetimini etkilediēi gibi enerjinin verimli kullanımına da etki etmektedir. Elektrikli araçların şarj ihtiyacının giderilmesi için dağıtım sistemi operatörlerinin akıllı şarj yönetim sistemi uygulamalarını devreye almaları dağıtım sisteminin daha verimli yönetimi için önemlidir. Ayrıca en az hat kaybı için farklı ölçekte güneş enerji santralleri elektrikli araç şarj bölgelerine yakın veya aynı bölgeye konumlandırılmalıdır.

4- Antalya'nın artık güneş enerjisi başkenti olması gerekmektedir ve bu konuda örnek uygulamalar yapılması için yerel yönetimlere önemli görevler düşmektedir. Özellikle güneş enerjisi santralleri için belediyelerden alınması gereken izinlerde prosedürü uzatan belgeler söz konusudur. Prosedürler yatırımcıyı teşvik edecek şekilde kısaltılmalıdır.

5- Antalya' nın içme suyu ihtiyaçlarını karşılayan Kırkgöz su kaynakları debisi Devlet Su İşlerinin verilerine göre dramatik şekilde düşmektedir. Yağışların azalması, kontrolsüz sondajların artması, sulama projelerinin ve kooperatiflerin tarımsal sulamaya olan talebinin artması, nüfus artışı kaynaklı olarak içme suyu amaçlı sondajların artması sonucu Kırkgöz kaynakları kentin ihtiyacı karşılayamayacak duruma gelerek kuruma noktasına gelecektir. Bu sebeple kaynağı etkileyen havzada kaçak sondajlar engellenmeli, tarım ve hayvancılık politikaları gözden geçirilmeli, artan nüfus göz önünde bulundurularak alternatif içme suyu kaynakları devreye sokulmalıdır.

6- Güvenilir gıdayı temin edebilmenin yolu tüm paydaşlar olarak mücadele vermektir. Kentimizde konaklama işletmeleri başta olmak üzere evlerimizde ve tüm gıda tüketim noktalarında israfın önüne geçecek önlemler alınmalıdır.

7- İklim değişikliğine uyumlu bitkisel üretim için il düzeyinde hazırlanan kuraklık eylem planları hayata geçirilmeli, küçük ölçekli tarım arazilerinin birleştirilmesi sağlanmalı, mevcut sulama sistemleri yenilenerek suyu daha verimli kullanan damla ve yağmurlama sistemleri yaygınlaştırılmalı ve atık suların tarımsal üretimde kullanılabilmesi için gerekli teşvikler sağlanmalıdır.

8- Kentleri dirençli kılmak ve insan kaynaklı etkileri en aza indirebilmek için kent peyzajlarında her ölçekte yapmamız gereken bazı temel önlemler bulunmaktadır. Özellikle kentlerin mavi yeşil altyapı kurgusu, su yönetimi, yeşil alanların nitelik ve nicelik yönünden geliştirilmesi, bina ölçeğinden kent ölçeğine kadar bütüncül ve peyzaj tabanlı şehircilik bakış açısıyla planlanması kentlerin ve dolayısıyla insanların geleceği açısından büyük önem taşımaktadır.

Söz konusu tespit ve önerilerimizi kamuoyunun bilgisine sunarız.

TMMOB ANTALYA İL KOORDİNASYON KURULU
ANTALYA KENT SEMPOZYUMU YÜRÜTME KURULU



TMMOB Antalya İl Koordinasyon Kurulu Kent Sempozyumu
“Cumhuriyet’in 100. Yaşında Hayalimizdeki ANTALYA”
7-8 Aralık 2023