



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**KIYI BÖLGELERİNDE OLUŞACAK**  
**TSUNAMİ ETKİLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ**  
**SİSTEMLERİ İLE MODELLENMESİ:**  
**AKDENİZ-MEZİTLİ (MERSİN) ÖRNEĞİ**

**Doğa FİDAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Haziran-2022**

**KONYA**

**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Doğa FİDAN tarafından hazırlanan “Kıyı Bölgelerinde Oluşacak Tsunami Etkilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Modellenmesi: Akdeniz-Mezitli (Mersin) Örneği” adlı tez çalışması 30/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Osman ORHAN

.....

#### Danışman

Prof. Dr. Fatih İŞCAN

.....

#### Üye

Doç. Dr. Ela ERTUNÇ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Doğa FİDAN

Tarih: 29.05.2022

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# KIYI BÖLGELERİNDE OLUŞACAK TSUNAMİ ETKİLERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE MODELLENMESİ: AKDENİZ-MEZİTLİ (MERSİN) ÖRNEĞİ

**Doğa FİDAN**

**Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Fatih İŞCAN**

**2022, 91 Sayfa**

**Jüri**

**Prof. Dr. Fatih İŞCAN  
Doç. Dr. Ela ERTUNÇ  
Dr. Öğr. Üyesi Osman ORHAN**

Doğal afetler, gerekli önlemler alınmadığı takdirde bölgedeki normal yaşamı ve insan faaliyetlerini olumsuz etkileyen olaylardır. Tsunami felaketi çok sık görülen bir doğal afet olmamasına karşın tsunami dalgaları kıyı bölgelerini pek çok yönden olumsuz etkileyebilmektedir. Trajik can kayıpları ve yaralanmalar, büyük çaplı maddi hasarlar, su baskınları, sürüklenen enkaz yığıntıları, petrol veya diğer maddelerden kaynaklanan çevre kirliliği, buna bağlı olarak hastalıkların yayılması bunlardan birkaçıdır. Afet yönetimi, doğal afetlerin toplum üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için geliştirilen bir yönetim sistemidir. Toplumlar, Afet yönetimi sayesinde; analizler ve değerlendirmeler yaparak, muhtemel bir afetin yol açacağı ekonomik sosyal ve fiziksel yıkımın büyüklüğünü ve aynı zamanda afetin getireceği olumsuz etkilerden en az zararlı kurtulmanın yollarını öğrenmektedirler. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) sağladığı konumsal bilgilerin yanında farklı türden veriler ile çalışma ve depolama olanağı, modelleme, simülasyon, karar destek, anlık görselleştirme yetenekleri sayesinde günümüzde pek çok alanda kullanımını arttırmıştır. CBS çeşitli sorunları ele almak, politikaları yönetmek, yenilikçi yönetsel yaklaşımları ortaya koymak, planlar yapmak, stratejiler geliştirmek ve sürdürülebilir çözümlere ortaya koymak için afet yönetiminde kullanılması zorunlu bir teknoloji haline gelmiştir.

Bu çalışmada yıkıcı bir doğal felaket olan tsunaminin etkilerinin CBS kullanılarak modellenmesi amaçlanmıştır. Uygulama bölgesi olarak Akdeniz'e kıyısı önemli bir liman kenti olan Mersin İl'inin Mezitli İlçesi seçilmiştir. Belirlenen üç farklı potansiyel konumda farklı olası parametrelerde tetiklenen tsunami dalgalarının yayılımı DELFT3D modelleme ve simülasyon yazılımında işlenmiştir. Tsunami dalgalarının ilerleyişleri ve yayılımları 60 dakikalık zaman dilimlerinde görselleştirilmiş, dalgalarının maksimum ve minimum dalga genlikleri gözlemlenmiştir. Tsunami dalgalarının karada ilerleyişi CBS ortamında analiz edilmiş ve üç farklı durum için su baskını haritaları üretilmiştir. Ayrıca arazi kullanım sınıflarının alansal olarak su basma yüzdeleri hesaplanmış ve ilçede potansiyel su baskını bölgelerinin tespiti yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Afet yönetimi, CBS, Doğal afetler, Tsunami

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **MODELING OF TSUNAMI EFFECTS IN COAST REGIONS WITH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS: THE CASE OF MEDITERRANEAN-MEZITLI (MERSIN)**

**Doğa FİDAN**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Geomatics Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Fatih İŞCAN**

**2022, 91 Pages**

**Jury  
Prof. Dr. Fatih İŞCAN  
Assoc. Prof. Dr. Ela ERTUNÇ  
Asst. Prof. Dr. Osman ORHAN**

Natural disasters are events that adversely affect normal life and human activities in the region if necessary precautions are not taken. Although a tsunami disaster is not a very common natural disaster, tsunami waves can negatively affect coastal areas in many ways. Tragic loss of life and injuries, large-scale property damage, floods, environmental pollution caused by drifting materials, oil or other substances, and the spread of diseases are a few of them. Disaster management is a management system developed to reduce the negative effects of natural disasters on society. Societies, thanks to disaster management; By making analyzes and evaluations, they learn the extent of the economic, social and physical destruction that a possible disaster will cause, as well as the ways to get rid of the negative effects of the disaster with the least damage. Geographic information systems (GIS) have increased its use in many areas today, thanks to the spatial information it provides, as well as the ability to work and store different types of data, modeling, simulation, decision support, instant visualization. GIS has become a mandatory technology to be used in disaster management to address various problems, manage policies, introduce innovative methodological approaches, make plans, develop strategies and reveal sustainable solutions.

In this study, it is aimed to model the effects of the tsunami, which is a devastating natural disaster, using GIS. Mezitli District of Mersin Province, which is an important port city on the Mediterranean coast, was chosen as the application area. The propagation of tsunami waves triggered at different possible parameters at three different potential locations was processed in DELFT3D modeling and simulation software. The progression and propagation of tsunami waves were visualized in 60-minute time periods, and the maximum and minimum wave amplitudes of the waves were observed. The progress of tsunami waves on land was analyzed in GIS environment and flood maps were produced for three different situations. In addition, the areal flooding percentages of the land use classes were calculated and the potential flooding areas in the district were determined.

**Keywords:** Disaster management, GIS, Natural disasters, Tsunami

## ÖNSÖZ

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleri ile çalışmamı yönlendiren değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Fatih İŞCAN'a, eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi borç bilirim.

Doğa FİDAN  
KONYA-2022



# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>5</b>
2.1. Ulusal ve Uluslararası Yapılan Çalışmalar .....	5
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri .....	16
2.3. Doğal Afetler .....	17
2.3.1. Depremler .....	18
2.3.2. Kütle hareketleri .....	20
2.3.3. Volkanik faaliyetler .....	22
2.3.4. Taşkın ve sel .....	22
2.3.5. Çığ.....	24
2.3.6. Fırtına ve tayfun.....	25
2.3.7. Kuraklık .....	26
2.3.8. Erozyon.....	26
2.3.9. İklim değişikliği.....	27
2.3.10. Orman yangınları .....	27
2.4. Tsunamiler .....	28
2.4.1. Tsunami kaynak mekanizmaları .....	31
2.4.1.1. Göktaşı düşmesi.....	32
2.4.1.2. Volkanik patlamalar.....	32
2.4.1.3. Deniz tabanındaki heyelanlar.....	32
2.4.1.4. Sismik tsunami kaynak mekanizmaları .....	33
2.4.2. Tsunamileri tetikleyen sismik mekanizmalar ve genel tanımlar .....	33
2.5. Afet Yönetimi .....	37
2.5.1. Afet öncesi aşama .....	39
2.5.2. Afet esnasında.....	39
2.5.3. Afet sonrası aşama .....	40
2.6. Afet Yönetimi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri .....	40
2.6.1. Önleme aşamasında coğrafi bilgi sistemleri .....	43
2.6.2. Risklerin değerlendirilmesi aşamasında coğrafi bilgi sistemleri .....	44
2.6.3. Hazırlıklı olma aşamasında coğrafi bilgi sistemleri .....	45
2.6.4. Müdahale aşamasında coğrafi bilgi sistemleri.....	46
2.6.5. İyileşme ve normalleşme aşamasında coğrafi bilgi sistemleri.....	47
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>48</b>
3.1. Uygulama Alanı.....	48

3.2. Doğu Akdeniz'deki Sismik Tsunami Kaynakları.....	52
3.3. Tsunami Parametrelerinin Derlenmesi .....	54
3.4. Tsunami Modelleme .....	62
3.4.1. Tsunami modelleme durum “A” .....	64
3.4.2. Tsunami modelleme durum “B” .....	66
3.4.3. Tsunami modelleme durum “C” .....	68
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>71</b>
4.1. Potansiyel Su Baskını Bölgelerinin Tespiti Durum “A” .....	71
4.2. Potansiyel Su Baskını Bölgelerinin Tespiti Durum “B” .....	74
4.3. Potansiyel Su Baskını Bölgelerinin Tespiti Durum “C” .....	76
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>80</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>85</b>





## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

ABD: Amerika Birleşik Devletleri  
AFAD: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı  
AS: Ege Denizi  
BS: Karadeniz  
CBS: Coğrafi Bilgi Sistemler  
DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu  
DEM: Sayısal Yükseklik Modeli  
DSFZ: Ölü Deniz Fay Zonu  
EKY: Ege-Kıbrıs Yayı  
EMS: Doğu Akdeniz  
GEBCO: Okyanusların Genel Batimetri Haritası  
GITEC: Avrupa Kıyılarında Tsunamilerin Oluşumu ve Etkisi  
IHO: Uluslararası Hidrografi Örgütü  
IOC: Uluslararası Oşinografi Komisyonu  
İHA: İnsansız Hava Aracı  
KAF: Kuzey Anadolu Fayı  
KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu  
Km: Kilometre  
MS: Marmara Denizi  
Mw: Moment Büyüklüğü  
TRANSFER: Avrupa Bölgesi İçin Tsunami Riski ve Stratejileri Projesi  
USGS: Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu  
WGS 84: World Geodetic System 1984  
WMS: Batı Akdeniz

## 1. GİRİŞ

Doğal afetler, sürekli olarak tekrar eden, gerekli önlemler alınmadığı takdirde bölgedeki normal yaşamı ve insan faaliyetlerini olumsuz etkileyerek entelektüel, sosyal, ekonomik, çevresel, politik, kültürel ve fiziksel kayıplara yol açan olaylardır. Tarihsel süreç içerisinde insanoğlu sel, deprem, yangın vb. gibi pek çok çeşitli doğal afetlerle karşılaşmış ve doğal afetlerin sonuçları ölümler, çevre sorunları, ekonomik kayıplar olmuştur. Doğal afetlerin olumsuz etkilerinden en önemlisi şüphesiz insan hayatının sona ermesi olmakla birlikte ekonomileri olumsuz etkileyip insan yaşamını bir şekilde sekteye uğratmasıdır (Islam ve Chik, 2011). Bu gibi durumlarda toplumlar, bölgeler veya uluslar kendi kaynaklarının yetersiz kalması durumunda dış yardımlara muhtaç duruma gelebilmektedir. Afetlere karşı ölüm ve yaralanmaların sayısı geçmişe göre azalmakla birlikte, mal kayıpları ise dramatik olarak artış göstermektedir.

Tsunami yıkıcı doğal afetlerden biridir. Tsunamiye neden olan etmenler; sığ merkezli depremler, heyelanlar, volkanik-nükleer patlamalar ve meteorlardır. Tsunaminin oluşumu enerjinin iletimi kavramı esasına dayanmaktadır. Örneğin sismik kaynaklı bir tsunaminin oluşması aşamasında öncelikle kırılma enerjisi aktivitenin gerçekleştiği bölgedeki su külesine aktarılmaktadır. Bu iletilen enerji, tsunami oluşumuyla sonuçlanmakta ve su küleleri kaynak bölgeden uzun süreli dalgalar olarak yayılmaktadır (Sambah ve Miura, 2019).

Tsunami de nadiren görülen doğal afetlerden olmasına rağmen kritik altyapı ve üstyapılar üzerinde büyük ölçüde ekonomik yıkıma, çok sayıda insanın hayatını kaybetmesine, erozyon, çevre kirliliği, su baskınları gibi olumsuz çevresel etkilere neden olmaktadır. Bütün bu olumsuz sonuçlar incelendiğinde tsunami dalgaları kıyı bölgelerini pek çok yönden olumsuz etkileyebilmektedir (Özdemir, 2016).

Dünyada tsunamilerin büyük çoğunluğu Pasifik Okyanusu'nda meydana gelmektedir. Akdeniz Havzası'nda ise tsunamilerin oluşma sıklığı düşük olmasına rağmen, tarihte bu bölgede gerçekleşen depremler, deniz tabanı kaymaları ve volkanik patlamaların tetiklediği yıkıcı tsunamiler ile karşılaşılmaktadır. Akdeniz kıyılarında meydana gelen tsunamiler tarih boyunca binlerce insanın hayatını kaybetmesine sebep olmuş, tsunami dalgaları yerleşim yerlerini alt üst etmiştir (Sambah ve Miura, 2019).

Ülkemizin üç tarafı denizlerle çevrilidir ve kıyılarımızda turizm, sanayi, tarım gibi alanlarda gelişmiş birçok metropol kentimiz bulunmaktadır. Olası bir tsunami tehlikesi kıyılarımızı büyük ölçüde etkilemesi muhtemeldir (Özdemir, 2016). Ülkemizin aktif

fayların bulunduğu bir deprem kuşağında yer alması da göz önünde bulundurduğumuzda tsunami dalgaları sahil şeridini sosyal fiziksel ve ekonomik yönden olumsuz etkileyebilir normal yaşamı sekteye uğratabilir (Değirmenci ve İltter 2013). Tsunamilerin yıkıcı etkilerine karşı önlemler almak, teknik ve yöntemsel yaklaşımları planlamak ve uygulamak, günümüzde bir gereklilik haline gelmiştir.

Bu kapsamda afet yönetimi, doğal afetlerin toplum üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek, afet sonrasındaki normalleşme sürecine katkı yapmak, doğal afetlerle mücadelede stratejiler ve planlar geliştirmek, kararlar almak ve bütün bunları uygulamaya koymak için geliştirilen bir yönetim sistemidir (Li ve ark., 2017). Modern afet yönetimi birbirini takip eden aşamalardan oluşan bir yönetim modeldir. Modern afet yönetimi sayesinde toplumlar, analizler ve değerlendirmeler yaparak, gerçekleşmesi muhtemel bir afetin yol açacağı ekonomik sosyal ve fiziksel yıkımın büyüklüğünü anlamaktadır. Bu süreçte afetin hangi ölçüde etkileyebileceği öğrenilmekte ve olumsuz etkilerden en az zararla kurtulmanın yolları araştırılmaktadır. Özellikle afet öncesindeki hazırlık ve planlama aşamalarında, afete karşı savunmasız alanların belirlenmesi, riskli bölgelerin risk büyüklüklerine göre sınıflandırılması, kurtarma operasyonlarının daha etkili bir şekilde yürütülmesi, yöneticiler ve halkın bilinçlenmesini sağlamaktadır (Macit, 2019). Modern afet yönetimi çok yönlü bir süreç olduğundan bu aşamada planlama ve müdahaleleri optimize eden en uygun ve güncel teknolojinin uygulanması gerekmektedir.

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), afet yönetimi kavramına yeni bir anlam kazandırmıştır (Tarhan ve Aydın, 2017). CBS, afet kavramının en önemli gereksinimlerinden biri olan konumsal verinin yanında farklı türden birçok veriyi depolaması ve bir arada analiz edebilmesi, verilerin zamansal ve öznitelik bilgilerini entegre etme yeteneği, üç boyutlu modelleme ve simülasyon sistemleri, karar destek yeteneği ve anlık görselleştirme yeteneğiyle beraber modern afet yönetiminde kullanılabilirliğini kanıtlamıştır (Krishnamoorthi, 2016). CBS afet yönetimi döngüsünün tüm aşamaları için çeşitli sorunları ele almak, politikaları yönetmek, yenilikçi yaklaşımları ortaya çıkarmak ve planlayıcıları sürdürülebilir çözümlere ulaşmak için günümüzde kullanılması zorunlu bir teknoloji haline gelmiştir.

Bu tezde CBS kullanılarak tsunami doğal afetine karşı savunmasız bölgeleri ortaya koyan, potansiyel su baskını bölgelerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Uygulama bölgesi Mersin İli Mezitli İlçesi olarak belirlenmiştir. Çalışma alanındaki muhtemel tsunami oluşumunu belirleyen faktörler fiziksel parametrelere ve tarihsel verilere dayanmaktadır. Tarihsel veriler üzerinden yapılan analiz sonucunda uygulama

bölgesini tehdit eden üç farklı potansiyel sismik yoğunlaşma bölgesi tespit edilmiştir. Üç bölgede farklı parametrelerdeki sismik kaynaklar tarafından tetiklenen tsunami dalgaları modellenmiştir. Çalışmada tsunami dalgalarının yayılımları ve kıyının durumunu değerlendirmek için DELFT3D yazılımının Flow modülü kullanılmıştır. Üretilen yapay sismik kaynak sonrasında meydana gelen tsunami dalgalarının oluşum parametreleri, maksimum, minimum dalga genlikleri ve dalgaların yayılımı farklı zaman dilimlerinde gözlemlenmiştir. Tsunami simülasyon yazılımının hesaplama ve modelleme yeteneği ile beraber, sonuçlarının mekansal olarak düzenlenmesi, analizi, farklı verilerle entegrasyonu ve görüntülenmesinde CBS'nin grafik yetenekleri ile birleştirilmiştir. Farklı senaryo verileri CBS ortamına entegre edilmiş ve olası potansiyel su baskını bölgelerinin görselleştirilmesi sağlanmıştır. Çalışmada CBS yazılımı olarak ArcGIS 10.4 kullanılmıştır.

Sonuç haritasının ortaya koyduğu bölgeler, Akdeniz Havzası'nda meydana gelecek sismik aktivitelerin ardından oluşan tsunami dalgalarından doğrudan etkilenecek bölgelerdir. Tsunami afetinden etkilenecek potansiyel bölgelerin arazi yönetimi ve nüfus açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Farklı düzeydeki deprem-tsunami senaryoları ile riskli bölgelerde bulunan konutlar, okullar, idari yapılar, petrol istasyonları, teknik altyapı alanları, ticari merkezler, turizm alanları gibi arazi kullanım sınıflarının alansal olarak su baskınına maruz kalma durumlarının analizi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede çalışma bölgesini etkileyen tsunami riskinin sonuçlarının sosyal, ekonomik ve çevresel boyutu ortaya koyulmuştur. Tsunami dalgalarının oluşumunu gelişimini ve ilerleyişini anlamak CBS tabanlı tsunami taşkın haritaları geliştirmede zarar azaltma ve önleme stratejilerinin oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

Tsunami modelleme ile olası tsunaminin afetinin getireceği potansiyel su baskını bölgeleri afet öncesi aşamada tahmin edilmiştir. Yöneticiler ve planlayıcılar üretilen tsunami potansiyel su baskını haritaları sayesinde önlemler alacak ve stratejiler geliştirebilecektir. Potansiyel su baskını haritalarından üretilen bilgilerin ilgili kurumlarca (planlayıcılar ve strateji geliştiriciler) kullanımı ve değerlendirilmesiyle birlikte afetin getireceği olumsuzluklar minimum seviyeye çekilebilecektir. Olası bir tsunami tehlikesinin etkileyeceği risk bölgelerini ortaya koymak bölgedeki yaşayan toplum üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirecek, afet sonrasındaki normalleşme sürecine destek sağlayacak, doğal afetlerle mücadelede stratejiler ve planlar geliştirilmesinde katkı sağlayacak, gerekli kararların alınmasını hızlandıracaktır.

Ayrıca potansiyel su baskını haritaları sayesinde, afet öncesinde; olası tsunami senaryolarının modellenmesi ve olumsuz etkilerinin öngörülmesi, önlenmesi ve hasarın azaltılması, tahliye ve ulaşım planlarının geliştirilmesi ve stratejik toplanma ya da sığınak noktalarının belirlenmesi, web ya da mobil tabanlı erken uyarı ve iletişim teknolojilerinin geliştirilmesinde ve acil durum tespitlerinin yapılması gibi konularda afetle mücadele kapsamında fayda sağlayacaktır. Potansiyel tsunami su baskını haritaları, afet esnasında ve sonrasında ise acil müdahale stratejilerinin yönlendirilmesinin sağlanması, afet sonrası yenilenme aşamasında arazi kullanım planlarının hazırlanması, eldeki mevcut kaynakların etkin kullanımı ve aynı zamanda güvenli yapılaşma bölgelerinin planlanması gibi pek çok çalışmanın gerçekleştirilmesinde de altlık bir veri olarak kullanılabilir.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Ulusal ve Uluslararası Yapılan Çalışmalar

Ismail ve ark., (2012) Malezya Yarımadası'nın kuzey batısında olası tsunami tehlikelerine karşı bölgenin savunmasızlığını değerlendirmek için yeni bir yöntem önermiştir. Çalışmada Malakka Boğazı'nı etkileyecek bir tsunami yayılımının modellenmesi için tarihsel verileri kullanıp farklı felaket senaryoları oluşturulmuştur. Meydana gelecek tsunami dalgalarını modellemek ve su baskınını simüle etmek için TUNA-M2 modeli kullanmıştır. En kötü durum senaryosunun parametreleri için 26 Aralık 2004 afeti referans alınmıştır. Farklı durumlarda en çok etkilenen kıyı alanları belirlenmiş ve bu bölgeler tsunami güvenlik açığı indeksinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Güvenlik açığı indeksin hesaplanması aşamasında çalışma alanının sınıflandırılmış farklı bölgelerinde jeomorfoloji, jeolojik malzemeler, kıyı eğimi, dalga yüksekliği ve su baskını mesafesi değişkenleri kullanılmıştır. Son olarak en savunmasız bölgelerin ve bu bölgelerdeki yapıların fiziksel durumlarını gösteren bir veri tabanı sistemi oluşturulmuştur. Ayrıca her bina için yapısal güvenlik açığı endeksi hesaplanmış ve yerel yöneticilere önerilerde bulunmuştur.

Benchekroun ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada olası bir tsunami felaketinin Fas'ın Tanca Şehir Limanı'na etkisini ve binaların dayanıklılıklarını değerlendirmiştir. Çalışmanın uygulama aşamasında çok kriterli yaklaşımla beraber entegre olarak CBS kullanılmıştır. Afet simülasyonun oluşturulması aşamasında en kötü senaryoyu belirlemek için çalışma alanı yakınlarında şimdiye kadar meydana gelmiş en yıkıcı doğal afet referans alınmıştır. 1 Kasım 1755 Cadiz depremiyle (8.7) beraber oluşan tsunami kaynak olarak belirlemiştir. Seçilen senaryoya göre suyun baskınını hesaplamak için COMCOT' da topografik ve batimetrik veriler işlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda bulunan dalga yükseklikleri 1 metre ile 6 metre arasında değişmektedir. Çalışmanın sonucunda birçok plajın ve şehir limanının tamamen su altında kaldığı ve bazı bölgelerde tsunami dalgalarının kıyıdan 2.7 kilometreye kadar iç kesimlere ulaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma bölgesinin genelindeki binaların sağlamlığını 5 farklı sınıfa ayırmış ve dalgaların etkisi karşısında dayanıksız ve riskli durumda bulunan yapılar sonuç haritası üzerinde belirtilmiştir.

Barros ve ark., (2015) Portekiz'de kırsal ve kentsel nitelik taşıyan iki farklı yerleşim merkezinde tsunami zarar görülebilirlik analizi uygulamıştır. Analizin temel

verilerini tarihsel depremlerin parametreleri oluşturmaktadır. Çalışma da iki uygulama bölgesi belirlenmiş ve her bölge için potansiyel su altında kalma alanları hesaplanmıştır. Tsunamilere karşı insani riskleri ortaya koymak için yapısal ve sosyal güvenlik açıklarını değerlendiren bir metodoloji uygulanmıştır. İki farklı yerleşim yeri için tsunamiye karşı savunmasız olan sahalar belirtilmiştir. Yapısal zayıflıklar, sosyal kırılma parametrelerinin ağırlıklı toplamı olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda tsunami güvenlik açığının temelinde yapısal özelliklerin belirleyici olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kırsal alanda kırılma ana bileşeni sosyoekonomik bileşenler olarak ortaya çıkmıştır.

Çankaya ve ark., (2016) yeni bir tsunami risk yöntemi geliştirmiş ve bu yöntemi İstanbul Yenikapı bölgesine uygulamıştır. Yöntem, tsunami riski ve insani risklerin ayrı ayrı değerlendirilmesinden oluşmakta ve insani tehlike parametrelerini tanımlamak için yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Çalışmada risk değerlendirmesi, tsunami parametrelerinin tahmini ve tsunami sayısal modeli için en kötü durum senaryosunu dikkate alan NAMI DANCE sayısal modeli kullanılmıştır. Bölgenin olası bir tsunami afetine karşı insani durum riski, bölgenin güvenilirliği ve tahliye haritaları çok kriterli karar analizlerinden biri olan analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile CBS araçları kullanılarak oluşturulmuştur. Analitik hiyerarşi sürecinin hiyerarşik yapısının oluşturulması aşamasında kıyı şeridinde uzaklık, jeoloji, yükseklik, kentsel kullanım, binalara uzaklık, eğim, yol ağlarına uzaklık ve düz alanlara uzaklık olmak üzere sekiz alt parametre belirlenmiştir. Parametreler konumsal güvenlik açığı ve tahliye olmak üzere iki gruba ayrılmış ve her bir parametreye ait haritalar oluşturulmuş ve İstanbul Yenikapı bölgesinin konumsal güvenlik açığı haritası ve etkin tahliye haritası ortaya koyulmuştur.

Lovholt ve ark., (2012) Küresel bir afet olan 2004 Hint Okyanusu depremi ve tsunamisini referans alarak tasarladığı senaryoda tsunami dalgalarının karaya ulaşma süreleri, maksimum dalga yükseklikleri ve dalgaların konumsal bilgilerini veren tablolar ortaya koymuştur. Ayrıca dalga boylarının depremin merkez üssünden itibaren kıyıya ulaşma süresince büyüme oranlarını grafiklerle göstermiştir. Tsunamiyi simüle etmek ve modellemek için GEOCLAW ve COMMIT tsunami sayısal modellerini kullanmış, farklı senaryolardan elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırmıştır. Kıyı şeridinde Tsunamiye maruz kalan nüfusu yaklaşık olarak tespit etmek için enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak Filipinler'de Manila Körfezi'ne ait tsunami risk haritasını oluşturmuştur. Ayrıca o zamana kadar yapılan tsunami senaryolarını derlemiş ve bu simülasyonlarda girdi olarak kullanılan depremlerin oluşum parametrelerini

değerlendirmiştir. Bölgesel anlamda tsunami afetinin getirdiği ekonomik ve sosyal hasarın üzerinde durmuştur.

Mitsoudis ve ark., (2012) Ege Denizi'nin güneydoğusunda yer alan Rodos Adası üzerinde deprem kaynaklı tsunami risklerinin sistematik bir değerlendirmesini gerçekleştirmiştir. Çalışma bölgesindeki su baskınlarının analizi için güncel batimetri ve topografya verilerini kullanmıştır. Simülasyonların oluşturulmasında MOST yazılımını tercih etmiştir. Çalışmada en kötü durum senaryoları sismik olaylar etrafında şekillenmiş ve 4 ana senaryo oluşturulmuştur. Tüm senaryolar için en yüksek su altında kalma bölgeleri haritası, dalgaların karadaki ulaştıkları en yüksek mesafeler haritası sanal dalga göstergesinde hesaplanmış, zaman-dalga yüksekliği grafikleri oluşturulmuştur. Simülasyon sonuçları geçtiğimiz 100, 500 ve 1000 yıl içerisinde Rodos yakınlarında meydana gelmiş en şiddetli depremler referans alınarak tsunami simülasyonu tekrarlanmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Sonuç görseli üzerinde şehrin maruz kalacağı maksimum su seviyesi, maksimum akış derinliği ve su baskını bölgelerini göstermiştir. Çalışma bölgesinin tarihinde mega sayılabilecek büyük depremlerin olmaması gelecekte de olmayacağı anlamına gelmemektedir. Bu yüzden simülasyona bu gibi büyük depremleri dahil etmek bütüncülü görmek açısından önemlidir. Bölgede meydana gelecek olası tsunami felaketi sırasında dalgaların karaya çok kısa sürede ulaşacağı, bu gibi acil durumlara tahliyenin stratejilerinin doğru yönetilmesine değinmiş ve insanların afet anlamında eğitilmesini gerekliliğini vurgulamıştır.

Acar (2015) Olası tsunamilerin etkilerinin değerlendirilmesi için Ege Denizi'nin güneyinde bulunan Güllük Körfezi üzerinde mevcut veriler kullanılarak sismik kaynaklı ve sismik kaynaklı olmayan tsunami olaylarını değerlendirmiştir. Güllük Körfezi'ndeki olası tsunami riski altındaki yapılar; su ürünleri tesisleri, ticari liman, marinalar, hava alanı ve turistik bölgelerde yer alan küçük kıyı yapıları olarak tespit edilmiştir. Simülasyonu oluşturmada NAMI DANCE modeli kullanılmış, girdi parametreler için ise tarihte yörede meydana gelmiş depremlerin verileri kullanılmıştır. Simülasyon sonucunda bölgesel olarak yakın kıyı parametreleri (en büyük su yükseklikleri, anlık hızlar, momentum akışları, debi akışları, su derinlikleri) hesaplanmıştır. Daha etkili değerlendirme ve daha detaylı analizler için simülasyonda kullanılan girdi verilerinden olan topoğrafik ve batimetrik verilerin doğruluğunun arttırılması gerekliliğini açıklamıştır.

Yavuz (2018) çalışmasında, Doğu Akdeniz'deki tsunami tehditlerine karşı sosyal riskin minimum seviyeye çekilmesini sağlayacak tsunami erken uyarı sistemi için



potansiyel konumlar arasından en iyi yerleştirme noktasını belirlemeyi amaçlamıştır. Ayrıca muhtemel tsunami modellenmesini Monte Carlo Simülasyonları ile gerçekleştirilmiş ve seçilen bölgede oluşan tsunamiler NAMI DANCE modeli kullanılarak simüle edilmiştir. Yedi farklı ülke için risk altındaki bölge için sosyal, ekonomik ve çevresel riskler hesaplanmıştır. ArcGIS yazılımı kullanılarak ekonomik, sosyal ve çevresel riskler tasarlanan üç farklı senaryoya entegre edilerek genel risk haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmanın sonucunda kıyı şeridi bulunan ülkelerin olası tsunamilerin etkisiyle ekonomik, sosyal ve çevresel risk altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tsunami erken uyarı şamandıralarının konumları elde edilen fiziksel risk sınıflarına göre belirlenmiş ve her bir erken uyarı şamandıraları için sosyal risk azaltma yüzdeleri hesaplanmıştır. En iyi şamandıra konumunun koordinatları yaklaşık  $35.45^{\circ} K / 28.21^{\circ} D$  olarak belirlenmiştir.

F. Dias ve ark., (2014) Tsunami taşkınlarının modellenmesi üzerine çalışmıştır. Tsunamilerin yayılması sayısal modellerle iyi anlaşılabilir ve iyi bir şekilde simüle edilmiş olsa da tsunamilerin oluşumu veya ardından gelen su baskını ile ilgili hala cevaplanmamış birtakım sorular vardır. Bir su altı depremi sırasında deniz yatağının yer değiştirmesi tanımlanmış ve hesaplama açısından basit bir model ortaya konulmuştur. Bu model, kırılma sürecinin gelişimi üzerine bazı varsayımlar altında sonlu fay çözümüne dayanmaktadır. F. Dias ve ark., özellikle, bir tsunaminin neden ilk dalgasının bazen sonraki dalgalardan daha az yıkıcı olduğu araştırmıştır. Rezonans etkisi, bazen daha sonra gelen dalgaların yıkıcılığını artırabilmektedir. Ayrıca 11 Mart 2011 Japonya tsunamisinde makro ölçekli girdapların oluştuğunu ve bu girdapların doğrusal olmayan sığ su denklemleri tarafından yakalanabileceğini tespit etmiştir.

Wilson ve ark., (2020) Tsunami dalgalarının momentumlarını kullanarak tsunami kareleri simülasyonunu tasarlamıştır. Büyük fay zonlarında gerçekleşen depremler genellikle tsunamiye neden olmaktadır. Ancak risk analizi için gözlemsel veriler sınırlı kalmaktadır. Sismik olarak oluşturulmuş tsunami senaryolarının verileri, deprem ve dalga simülasyonlarının eşleştirilmesiyle oluşturulabilir. Tsunami kareleri simülasyonu bir dalga momentum simülatörüdür, su kütlelerini ve momentumunu takip ederek, karada su baskını sürecinin modellenmesine olanak tanır. Wilson ve ark., 2011 Büyük Doğu Japonya depremi ve tsunamisinin sanal deprem simülatörü ile eşleştirilmiş bir tsunami kareleri portunu ortaya koymuştur. Tsunami kareleri, küresel bir simülasyona izin vermekte ayrıca bu yöntem CBS'den yararlanmaktadır. Yöntem istatistiksel tsunami risk analizleri ve erken uyarı sistemleri geliştirilmesinde kullanılabilir. Ayrıca, bu yöntemin

su denklemlerini simüle etmek için geleneksel sonlu fark yöntemlerinden daha avantajlı olduğu vurgulanmıştır.

Annunziato (2007) Tsunami Değerlendirme Modelleme Sisteminin uygulamalarına değinmiştir. Tsunami değerlendirme modelleme sistemi, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi tarafından, sismik kaynaklı bir tsunaminin olası sonuçlarının değerlendirilmesinde hizmet etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu model, tsunami dalga yüksekliğinden bağımsız olarak dalganın kıyıya varış süresini hesaplamaktadır. Model, 2006 yılında tsunami riskinin yüksek olduğu sahaların saptanması için geliştirilmiştir. Bir depremin ilk tanımlandığı zamanda ve minimum parametreler bilindiğinde (depremin konumunu, büyüklüğünü ve fay özelliklerini) tsunaminin oluşumunu ve kıyıda en çok etkilenecek bölgeler tahmin edilebilmektedir. Annunziato 'ya göre; dünya da tsunami davranışlarını simüle etmek için çeşitli bilgisayar kodları geliştirilmiştir, ancak bunların hiçbiri tsunamiyi tetikleyebilecek bir deprem olayından birkaç dakika sonra otomatik olarak yanıt verecek ve sonuçları internet ortamında yayınlayacak şekilde tasarlanmamıştır. Tsunami Değerlendirme Modelleme Sistemi, günümüzde aktif olarak kullanılmakta ve dünyada meydana gelen tüm güncel tsunami dalga yüksekliklerini gerçek zamanlı olarak hesaplayabilmektedir.

Selvan ve Kankara (2016) 26 Aralık 2004'de gerçekleşen Hint Okyanusu depremi ve tsunamisinin Hindistan Tamil Nadu Sahili'nde yer alan Koodankulam Kasabası üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada, kıyı boyunca suların yükselme ve taşkın bölgelerini tahmin etmek için TUNAMI-N2 sayısal modeli kullanılmıştır. Koodankulam Kasabası boyunca potansiyel tsunami riskini değerlendirmek için beş farklı deprem senaryosu (Sumatra 2004, Car Nicobar 1881, North Andaman 1941, Makran 1945 ve En Kötü Durum) tasarlanmıştır. Çalışmanın amacı, Koodankulam sahili boyunca en kötü tsunami felaketi durumunda meydana gelebilecek olası su baskınlarını ortaya koymaktır. Uygulamada çeşitli parametrelerinin etkilerini değerlendirmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizinden, tsunami dalga yüksekliğinin, deprem parametrelerinden kayma miktarı ile doğru orantılı, aynı zamanda odak derinliği ile ters orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca kayma miktarı ve odak derinliğinin tsunami dalga yüksekliğini oluşturmada belirleyici bir rolü olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Koodankulam ve çevresindeki bölgelerde potansiyel tsunami dalga yükseklikleri 1.3 metre ile 3.5 metre arasında olduğu tespit edilmiştir.

Farhan ve Akhyar (2017) Sumatra Adası'nın kuzey ucunda yer alan Aceh, Singkil Seaboard bölgesindeki tsunami felaketi riskini CBS araçlarını kullanarak araştırmıştır.

Çalışmada kullanılan parametreler; sosyal, ekonomik, fiziksel çevresel kırılabilirlik, maruz kalan insanlar, konut parametreleri, kamu binaları, kritik tesisler, verimli arazi, nüfus yoğunluğu, cinsiyet oranı, yoksulluk oranı, yaş grubu oranı ve korunan ormanlardır. Sonuç olarak, dokuz köyde yüksek risk, on yedi köyde orta risk ve diğer köylerde ise düşük tsunami kırılabilirlik düzeyi tespit edilmiştir. Hükümet ve halk, bölgenin tsunami savunmasızlığı durumu hakkında bilgi sahibi olmak için tsunami risk-afet haritasına ihtiyaç duymaktadır. Aceh-Singkil hükümeti sonuç haritasını, tsunami risk haritasındaki sonuçlara göre tahliye planına karar verebilecek, mağdurların sayısını, fiziksel-ekonomik tahribatı en aza indirebilecek ve stratejik bölge kalkınma planlamaları için referans olarak kullanabilecektir.

Omira ve ark., (2010) Fas Kazablanka Kenti için CBS ve sayısal modelleme araçları kullanılarak tsunami güvenlik açığı değerlendirmesi üzerine çalışmıştır. Bu çalışma, Kazablanka Limanı ve çevresinin tsunami su baskını sayısal modellemesi, saha araştırması verileri ve CBS'nin bir kombinasyonunu kullanarak tsunami etkisi ile kırılabilirlik değerlendirmesine odaklanmaktadır. Fas kıyılarında gerçekleşen depremler ve tsunamiler tarihsel süreç boyunca rapor edilmiştir. Çalışmada kullanılan tsunami senaryosu, 1755 Lizbon depremi parametreleriyle uyumludur. Simülasyon, Kuzey Atlantik'teki en büyük tsunami oluşum alanına karşılık gelen Azorlar-Cebelitarık fay kırılma bölgesinin doğu alanını kapsamaktadır. Hesaplanan dalga yükseklikleri 1 ila 15 metre arasında değişmekte ve su baskınları iç kesimlerde yer yer 1.5 kilometreye kadar ulaşmaktadır. Önerilen risk modeli yerleşim yerlerinin tsunamiye karşı savunmasızlığı üzerine bir fikir sağlamaya çalışmaktadır. Çalışma alanındaki çoğu yapı, tsunami riskini etkin bir şekilde azaltacak şekilde yapılandırılmış ve korunmuştur. Ancak bazı bölgeler yüksek derecede tsunami kırılabilirliği gösterdiğinden, bu bölgeler için acil stratejik önlem ve planlamalar gerektirmektedir. Risk haritası, karar vericiler ve yerel yetkililer için tsunami tehlikelerine karşı toplumun direncini arttırmada ve hasarın azaltılmasında fayda sağlayacaktır.

Sinaga ve ark., (2011) Endonezya'nın Bali Adası'ndaki Jembrana Regency Bölgesi'nde tsunami riskinin CBS yöntemleri ile haritalanması üzerine bir çalışma yapmıştır. Kıyı bölgeleri gerek insani açıdan gerekse biyolojik ve ekonomik özellikleri bakımından değerli mekanlardır. Kıyı bölgeleri tsunami gibi doğal afetler karşısında savunmasız ve risk altında olabilmekte gerçekleşecek tsunami afeti bu bölgelere zarar verebilmektedir. Hint Okyanusu'nun Endonezya yakınlarında sıklıkla gerçekleşen sismik aktiviteler, tsunamilere neden olmaktadır. Bu çalışmada bölgenin tsunami riskinin

modellenmesinde CBS tabanlı çok kriterli analiz yöntemleri kullanılmıştır. Uygulamada topografik yükseklik ve eğim, tsunami dalgalarının yönü ile topografik ilişki, kıyı yakınlığı ve kıyı şekli gibi çoklu jeo-uzamsal değişkenler kullanılmıştır. Ayrıca, sayılan bu değişkenler üzerinde bir ağırlık şeması oluşturmak için analitik hiyerarşi süreci tarafından sağlanan sayısal çözümlere kullanılmıştır. Tsunami potansiyel su baskını haritasını arazi kullanımıyla ilişkilendirmek için, su baskını haritası üzerine resmi bir arazi kullanım haritası yerleştirilmiştir. Bu çakıştırma işlemi, çalışma alanına bir tsunami afeti gerçekleşmesi durumunda binaların, konutların ve tarım alanlarının özellikle risk altında olduğunu göstermiştir. CBS tabanlı analizler, çeşitli afet risk değerlendirilmelerinde yardımcı olabilir ve doğal afetlerin yönetiminde bölgesel planlamayı kolaylaştırabilir.

Niroshinie ve ark., (2008) Tsunami dalgalarının yayılmasını simüle edebilen bilgisayar tabanlı bir sayısal model geliştirmiştir. Çalışma bölgesi Sri Lanka'nın Galle Şehrinin kıyı bölgesi olarak belirlenmiştir. TUNAMI N2, modeli bu çalışmada temel model olarak kullanılmıştır. Geliştirilen modelde 26 Aralık 2004 tarihinde tsunamiye neden olan fayın parametreleri baz alınmıştır. Çıktı dosyalarının resimsel olarak yorumlanmasında MATLAB ve SURFER yazılımı kullanılmıştır. Model, depremden kaynaklanan tsunami dalgasının yayılmasını başarılı bir şekilde simüle etmektedir. Galle Şehri için daha ayrıntılı ve yüksek çözünürlüklü topoğrafya verileri mevcut olmadığından, kâğıt üzerinde su baskını modelleri sunulamamıştır. Ancak yüksek çözünürlüklü batimetri verilerinin geliştirilmesiyle, bölgedeki su baskınları haritaları elde edilebilecektir. Bu sayede planlayıcılar ve bölgede yaşayanlar tsunamiden korumak için bazı önlemler alabilecektir.

Alabdouli (2015) Doğal afetlerin ani bir şekilde meydana gelmesi yıkıcı sonuçlar doğurmaktadır. Arazi kullanım politikaları, stratejik planlamalar ve tahliye planları toplulukların bu ani felakete hazırlıklı olmasını sağlamaktadır. Bu araştırmada, tsunami riski altındaki toplulukların yerlerinin belirlenmesi, tahliye sırasında davranışsal tepkilerinin anlaşılması ve tahliye için en kısa güzergâh yönlendirmesi üzerine bir uygulama yapılmıştır. Çalışma alanı California Orange County olarak belirlenmiştir. CBS yöntemleri kullanarak farklı tsunami senaryolarından tahliye edilen araç sayısı, bu senaryolar için tahliye süresi ve tahliye güzergahları hesaplanmıştır. Ayrıca Orange County için tahliye güzergahlarının kesişim noktalarında güvenli toplanma bölgeleri belirlenmiştir. Bu çalışma doğal afet öncesi hazırlık ve planlama aşamasında; davranışsal tepkiler ve tahliye ulaşım seçenekleri arasındaki ilişkinin anlaşılmasını genişletecek ve

bu da hükümet yetkililerine, coğrafyacılar planlama konularını ele almak için gerekli bilgiyi sağlayacaktır.

Poursaber (2016) Tsunami risklerinin değerlendirilmesi ve afet yönetimi üzerinde CBS ve uzaktan algılamanın yöntemlerini entegre bir şekilde kullanıp tsunami risk haritaları üretmeyi amaçlamıştır. Bu çalışma, bölgenin tsunamilere karşı savunmasızlığını değerlendirmek için etkili bir yaklaşım ve bina hasar verilerini analiz etmek için kapsamlı bir yöntem önermektedir. Çalışmada risk haritalarını üretmek için sayısal yükseklik verileri, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve tsunami tarihsel verileri kullanılmıştır. Japonya Ishinomaki Bölgesi'nde CBS yönteminin analiz, bindirme ve birleştirme araçları kullanılarak kıyı şeridi mesafesi, nehir mesafesi, yükseklik, bitki örtüsü ve eğim faktörleri değerlendirilmiştir. CBS ile mekansal çok kriterli analiz için, giriş verileri, çalışma alanının mekansal bilgilerini içeren bir dizi harita ve nitelik tablosu olarak gruplandırılmış ve standartlaştırılmıştır. Analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile birlikte faktörlere uygun ağırlıklar atanmıştır. Çıktı haritası, tsunami riskine karşı hassas ve savunmasız alanları ortaya koymaktadır. Sonuç haritaları afet yönetimi alanındaki araştırmacılar için zarar azaltma politikalarının üretilmesi için pratik ve kullanışlıdır. Ayrıca kurtarma operasyonlarını düzenlenmesi sermayenin, önemli tesislerin planlanması ve yaşam kaynaklarının etkin dağıtımını gibi önceliklerin de etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.

Sambah (2014) yaptığı araştırmanın temel amacı, tsunami risk değerlendirmesinde bütünleştirici bir uzaktan algılama ve CBS yaklaşımı geliştirmektir. Bu çalışmada, DEM (sayısal yükseklik modeli) verilerinin üç farklı çözünürlüğünü kullanarak tsunami risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Araştırma aynı zamanda analitik hiyerarşi sürecinin çok kriterli karar analizlerinde kullanımını ve potansiyel su baskını bölgelerinin haritalanmasında ağırlıklı raster bindirmenin yapılabilirliğini tanıtmaktadır. Yükseklik, eğim, kıyıya yakınlık, hidrolojik özellikler, bitki örtüsü ve arazi kullanımı parametreleri, tsunami risk, su baskını ve tsunami etki değerlendirmesinde kullanılmıştır. Çalışma alanı, Japonya'daki Kesenuma, Rikuzentakata ve Ofunato şehirleridir. Bu şehirlerin 2011 Tohoku depreminden etkilendiği ve yüksekliği 10 metreden fazla olan dalgalara maruz kaldığı rapor edilmiştir. Tsunaminin yol açtığı taşkın ve su baskını, kıyı şeridindeki birçok şehri ve köyü harap etmiştir. Bu çalışmanın sonucunda oluşan su baskını modeli, Rikuzentakata bölgesindeki 2011 Tohoku depreminin su baskını alanlarıyla benzerlikler göstermiştir. Yükseklik ve eğim parametreleri için yüksek çözünürlüklü DEM verisi kullanılmıştır. Çok kriterli analiz, görüntü işleme ve CBS

yöntemlerinin potansiyel su baskını haritalarının üretilmesi ve etki değerlendirmesi için elverişli yöntemler olduğu belirtilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar afet azaltma ve önleme planlamaları kapsamında ve tahliye stratejileri geliştirmede yarar sağlayacaktır. Yüksek çözünürlüklü veriler üzerinde enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması ve bu yaklaşıma CBS'yi dahil etmek, tsunami tahliye süresinin hesabı, tahliye rotalarının belirlenmesi gibi çalışmanın diğer alanlarda uygulanmasını arttıracak ve gelecekteki çalışmalara ışık tutacaktır.

Altınok ve Ersoy (2000) Türkiye kıyılarında ve yakınlarında gerçekleşen tsunamiler üzerinde çalışmıştır. MÖ 1410 ± 100 ile MS 1999 yılları arasında Türkiye kıyılarında ve çevresinde doksanın üzerinde tsunaminin meydana geldiği tespit edilmiştir. Tarihi belgeler incelendiğinde; İzmir Körfezi ve çevresi, Fethiye Körfezi çevresi ve ayrıca İskenderun Körfezi tsunamilerin yoğunlaştığı bölgelerdir. Bu bölgelerdeki tsunami kaynak parametrelerini tespit etmek için tsunamilerle ilgili veriler yetersizdir. Bu veriler içerisinde en fazla bilgiye sahip olunan tsunamiler 1509, 1894, 1963, 1999 Marmara Denizi'ndeki İstanbul depremleri ile ilişkili olan tsunamilerdir. İzmit Körfezi ve 1598'de Karadeniz'de gerçekleşen Amasya depremi tsunamisi, Erzincan 1939 depremi (Fatsa tsunamisi) ve 1968 Bartın depremi (Amasra Tsunamisi) bu çalışmada ele alınan ve yorumlanan tsunamilerdir. Ayrıca Türkiye için civarda gerçekleşen depremler ve tsunamiler gerçek bir tehdit oluşturduğundan, tarihi çalışmalar daha kapsamlı yapılması, elde edilen bilgilerin bir arada veya deprem-tsunami veri tabanında düzenlenmesi, envantere kaydedilmesi önerilmiştir.

Yalçın ve ark., (2002) Sayısal tsunami modelleri üretmeyi amaçlamış ve çalışmasında Marmara Denizi'nde meydana gelmiş tsunamilerin parametrelerini kullanmıştır. Kayıt altına alınan tarihi tsunamiler incelendiğinde tsunami dalgalarının Marmara Denizi kıyılarını etkilediği ortadadır. Tsunami dalgalarının üretici mekanizması, depremler ve ilgili su altı heyelanlarıdır. Su altı heyelanları tarafından üretilen yüzey dalgalarının özellikleri, heyelanların geometrisine ve kinematiğine bağlıdır. Tsunaminin en yaygın etkileri, çok güçlü akıntılar, sığ su bölgelerinde ve limanlarda su yüzeyinin anormal davranışlarıdır. Bu çalışmada kullanılan senaryolara göre Marmara Denizi'nde bir yerel tsunami meydana geldiğinde dalgalar 5 dakika içerisinde en yakın kıyılara ulaşacaktır. Kıyıya yakın yerlerde maksimum pozitif tsunami genlikleri kıyının bazı kesimlerinde 3 metre seviyesini geçebilmekte, kaynağa ve kıyı topografyasına bağlı olarak bazı yerlerde 6 metre seviyesine kadar çıkabilmektedir. Bu etkiler, uzun kıyı şeridinde sahip olan ve kıyıların birçok amaç için kullanıldığı Marmara

Denizi kıyıları için önemli riskler olarak değerlendirilmelidir. Marmara Denizi tabanındaki dik yamaçların bulunduğu yerlerde zemin özelliklerini tespit etmek için daha hassas deniz araştırmaları gereklidir. Bu tür bir tsunami tehlikesini azaltmak için kıyı yapılarının tasarım aşamasında bölgenin sismik özellikleri ve gelecekteki tsunamilerin olası etkileri de dikkate alınmalıdır.

Bonilauri ve ark., (2021) Tsunami tahliye planlamasında CBS tabanlı bir yaklaşım önermiştir. Çalışma alanı olarak İtalya'nın Stromboli Adası seçilmiştir. Çalışmada tsunami tahliye süreleri ve güvenli bölgelere giden yollar üzerinde yeni bir metodoloji öne sürülmüştür. Bu yöntem, tsunamiye maruz kalan bir bölgedeki yüksek riskli alandan en yakın kaçış noktasına ulaşmak için gereken zaman ve rotayı hesaplamaktadır. Tsunami esnasında su altında kalan alanlar kırmızı, güvenli alanlar ise yeşil renk ile tanımlanmıştır. Olası felaket anında tam tahliye için minimum 10 dakikalık uyarı süresinin gerekli olduğu tespit edilmiştir. Bu zamanın saptanması, afet anında herhangi bir yolun tıkanmaması ve tahliye yollarının daha eşit bir şekilde dağıtılması için stratejilerin geliştirilmesini sağlayacaktır. Çalışmanın çıktı haritaları bireysel tahliye planları olarak doğrudan kullanılabilir niteliktedir. Aynı zamanda çalışma, minimum uyarı sürelerinin ve uyarı eşiklerinin ayarlanmasının yanı sıra, güzergahlara tahliye işaretlerinin yerleştirilmesinde ve diğer afet hafifletme çalışmalarına rehberlik etmek için de kullanılabilir olacaktır.

Tanaka ve ark., (2021) CBS kullanarak tsunami etki değerlendirmesi ve ekonomik etki indeksi geliştirme üzerinde çalışmıştır. Çalışma bölgesi olarak Japonya'nın Mie Eyaleti seçilmiştir. Bu çalışmada, turizm, su ürünleri, gıda işleme ve petrol arıtma istasyonları ile ünlü Japonya'nın Mie Eyaletindeki hassas tesisleri belirlemek için nicel analiz kullanarak bir tsunami etki değerlendirmesi yapılmaktadır. Çalışmanın ortaya koyacağı sonuçlar, kırılgan sektörlerle etkin bir şekilde başa çıkmak için önceden politika oluşturma ve risk finansmanı için bilgilendirici kaynaklar sağlayacaktır. Çalışma, olası bir deprem ve tsunami afet etkisi tahminleri üzerine CBS yöntemleri uygulayarak sistematik ve analitik bir metodoloji akışı sağlamaktadır. Hasar tahmini, sektörel etkinin kapsamlı bir mekansal analizi ile sağlanmıştır. Simülasyon sonuçları, elektronik ekipman, ulaşım ekipmanı ve ticaret gibi çeşitli sektörlerde üretimin %10 oranında azalabileceğini göstermiştir. Bunlara ek olarak, balıkçılık çoğu yerde büyük ölçüde zarar görmektedir. Sayısallaştırılmış ve görselleştirilmiş afet değerlendirmesi, araştırmacıların ve paydaşların sektörel etkilenme kapsamında bir öngörüye sahip olmasına ve bu sayede ekonomik tedbirleri faaliyete geçirmesine yardımcı olacaktır.

Triantafyllou ve ark., (2019) CBS tabanlı tsunami modellemesi üzerinde çalışmıştır. Tsunami risk değerlendirmesi, risk azaltma planlamasının önemli bir bileşenidir. Tsunami riskini, tsunami tehlikesini, risk altındaki varlıkların (örneğin binalar) duyarlılığını ve sonucunda ortaya çıkan ekonomik kaybı değerlendirmiştir. Çalışma alanı olarak Girit Adası'nın başkenti olan Kandiye'nin batısındaki bir kıyı kesimi seçilmiştir. Kandiye geçmişte, Akdeniz bölgesinde oluşan güçlü tektonik ve volkanik tsunamilere maruz kalmıştır. Tarihsel kayıtlar oluşturulan tsunami modelinin temel veri kaynağını oluşturmaktadır. Oluşturulan modelde dalganın 1.2 kilometreye kadar iç kesimlere nüfuz ettiği ve maksimum su yüksekliğinin 14 metre olduğu tespit edilmiştir. Burada elde edilen rakamlar bölgede yapılan diğer çalışmalardan edinilen sonuçlarla karşılaştırıldığında tutarlıdır. 1 metre ve daha yüksek su baskınına maruz kalacak bölgelerin genişliği, kıyı jeomorfolojisine bağlı olarak 350 metre ile 1200 metre arasında değişmektedir. Bölgedeki yapıların, yaklaşık %90'lık bir kısmının yapı tipinin betonarme olduğu tespit edilmiştir. Diğer yapı malzemelerinden inşa edilen çok az bina olduğu için bölgedeki yapılar oldukça homojendir. Bina hasar görülebilirliği, 2004 Hint Okyanusu tsunami bina hasar verilerine dayanan ve su yükselmeleri ile bina inşaat tiplerini birleştirerek hasar seviyesi üreten deneysel bir CBS aracı olan DAMASCHE kullanılarak belirlenmiştir. DAMASCHE aracının kullanılmasıyla, 1318 binanın hasar gördüğü (onarılabilir) ve 183 binanın ise kısmen veya tamamen yıkıldığı sonucuna varılmıştır. Hasar oranı, 2014 yılında Yunanistan'da meydana gelen yıkıcı depremlerden sonra bina yenileme, onarım veya yeniden inşa için resmi olarak belirlenen maliyet sabit oranları temelinde mutlak maddi kayba çevrilmiştir. Tsunaminin yol açacağı ekonomik kayıp 10 milyon avro olarak hesaplanmıştır. Yöntem, uygun verilerin mevcut olması şartıyla, Akdeniz'in diğer bölgelerine ve daha ötesine uygulanabilir niteliktedir.

Steinritz ve ark., (2021) Endonezya'nın Yogyakarta Bölgesinde tsunami riskinin modellenmesinde CBS tabanlı bir yaklaşım ortaya koymuştur. Java Adası, Hint-Avustralya plakasının Avrasya plakasının altına dalması sonucu oluşan volkanik yayın bir parçası olarak Endonezya takımadaları içinde yer almaktadır. Coğrafi konumu nedeniyle ada, aktif volkanlar ve depremler dahil olmak üzere çeşitli tehlikelere ve ikincil etkilerine (örneğin; heyelanlar, tsunamiler) maruz kalmaktadır. Tsunamilerin tarih boyunca defalarca bu adayı etkilediği bilinmektedir. Tsunamiler kıyıları üzerinde yıkıcı bir güce sahiptir ve önemli can kayıplarına neden olabilir. Bu nedenle, tsunami risk bölgelerinde yer alan alanların belirlenmesi, risk azaltma ve önleme planlarının tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bölgedeki tsunami risk bölgelerini ve yüksek düzeyde



duyarlı alanların tahmini için ArcGIS 10.4 yazılımı kullanılmıştır. Risk hesaplaması için sekiz parametre dikkate alınmıştır, bunlar; jeoloji, arazi durumu, arazi kullanımı, eğim, yükseklik, tsunami su baskını, kritik altyapılar, insanların maruz kalma durumudur. Güney kıyı bölgesinde, Kulon Progo ve Bantul İlçeleri, tsunamiden doğrudan ve en ciddi şekilde etkilenebilecek yüksek riskli tsunami bölgelerinde yer almaktadır. Yogyakarta Bölgesi tsunami tehlikelerine yatkın olduğundan, hangi alanların riskli bölgelerde bulunduğunu tespit etmek, temelde risk azaltma ve önleyici tedbirler oluşturmak önemlidir. Ayrıca sonuçlar, tsunami tahliye planları ve saha planlaması için bir temel olarak kullanılabilir niteliktedir.

## 2.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Günümüzde birçok kavram gibi CBS, kullanıcılarının farklı disiplinlerde yer alması nedeniyle sabit bir tanıma sahip değildir. CBS bazı araştırmacılar tarafından yeryüzünün özellikleri hakkında istenilen her türlü bilgiyi ele alabilen ve bu bilgilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, görüntülenmesi ve yayınlanması için tasarlanmış bir bilgi sistemi olarak ifade edilmektedir (Heywood ve ark., 2006). CBS, dijital çağın getirdiği yeniliklerle birlikte, çevremizi anlamamız gerekliliğinden ortaya çıkmış bir sistem olup, istenilen amaç doğrultusunda araştırma, planlama ve karar verme yeteneklerini kolaylaştıran bir sistemdir (Ertunç ve Çay, 2020).

CBS temelde mekansal veriler, sokaklar, binalar, göller ve ülkeler gibi gerçek dünyadaki coğrafi nesnelere ve bunların konumlarıyla ilgilenmektedir. Nesnelere konum bilgilerinin yanında, bu nesnelere her biri için ayrıca birer isim, özellik, derinlik veya nüfus gibi belirli ilgi özelliklerine yani grafik olmayan nitelik verilerine sahiptir. Ayrıca CBS çevremizdeki nesnelere hem mekansal hem de öznitelik verilerini elde etmek, bu verilere ilişkin veri tabanları oluşturmak ve aynı zamanda nesnelere üzerindeki analizi kolaylaştırmak için farklı türlerdeki verileri birbirlerine bağlamamıza izin vermektedir (Campbell ve Shin, 2011).

CBS'nin özellikle uydu teknolojisi ile tanışmasının yanında yönetim bilgi sistemleri ile bütünleştirilebilir olması bu gelişme sürecine hız kazandırmıştır. CBS ile yeryüzündeki doğal ve yapay kaynaklar günümüzde çok daha hassas ve verimli bir şekilde yönetilerek, daha yaşanabilir bir çevrenin yaratılması için uğraşmaktadır (Yomralıoğlu, 2002).

CBS ile mekansal bilgilerin analiz edilip değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Böylece mekâna bağlı projeler daha sağlıklı planlanabilmekte, uygulanabilmekte ve işletilebilmektedir. CBS'nin sağladığı diğer kolaylıklar ise, tematik verilerin üst üste binmesi, çeşitli karmaşık bilgilerin devasa veri tabanlarında toplanması ve yönetilebilmesi, aynı zamanda bu karmaşık verileri birbirleriyle ilişkilendirebilmesidir. Sağladığı bütün bu kolaylıklarla CBS dünyanın birçok ülkesinde etkin bir şekilde kullanılan bir teknoloji haline gelmiştir.

### 2.3. Doğal Afetler

Doğal afetler, dünyada insanın var oluşundan günümüze sürekli bir şekilde tekrar eden ve insanlar üzerinde olumsuz etkisi olan olaylar olarak karşımıza çıkarlar. Dünyayı ve insan yaşamını doğrudan tehdit eden, tamamen doğal nedenlerle ortaya çıkan ve kontrol edilemeyen felaketselere doğal afetler denir (Islam ve Chik, 2011).

Doğal afetlerin olumsuz etkilerinden en önemlisi insan hayatının sona ermesi olmakla birlikte, ekonomileri de etkilemesi ve insan yaşamını bir şekilde sekteye uğratmasıdır. Afetlerde ölüm ve yaralanmaların sayısı geçmiş zamanlara göre azalmasına karşın mal kayıpları dramatik olarak artış göstermektedir. Doğal afetlerin ortaya çıkardığı yıllık maddi kayıplar ortalama 50 milyar doları bulmaktadır. Bazı araştırmacılar afetlerin zararlarının bu miktardan daha da fazla olduğunu düşünmektedir. Bunun sebebi ise afetlerin yarattığı doğrudan zararların yanında, dolaylı zararların da hesaba katılmasıdır (Abramovitz, 2001).

Afetler toplumsal yaşamı ve kurumsal yapıyı derinden etkileyen olaylardır. Doğal afetler mülklere büyük zararlar verip, sosyal düzeni bozan ve çok sayıda insanın hayatını kaybetmesine yol açan, ayrıca ulusların kalkınma politikalarını kötü etkileyen felaketseldir. Doğal afetler aniden ortaya çıkabileceği gibi bazı afetler uzunca bir sürenin ardından oluşur ve etkilerini gösterir. Örneğin deprem heyelan çığ ya da sel gibi bazı felaketselerin sonuçları doğrudan ve aniden gerçekleşirken kuraklığın etkileri uzun bir sürecin ardından görülmeye başlanır (Tiwari ve Jain, 2015).

Doğal afetleri oluşumlarına göre, yer kökenli doğal afetler ve atmosfer kökenli doğal afetler olmak üzere iki sınıfta incelemek mümkündür. Yer kökenli doğal afetler, kaynağını doğrudan yer kabuğundan alan deprem, kütle hareketleri, volkanik patlamalar ve tsunamiler en sık görülen doğal afetlerdir. Atmosfer kökenli doğal afetler ise

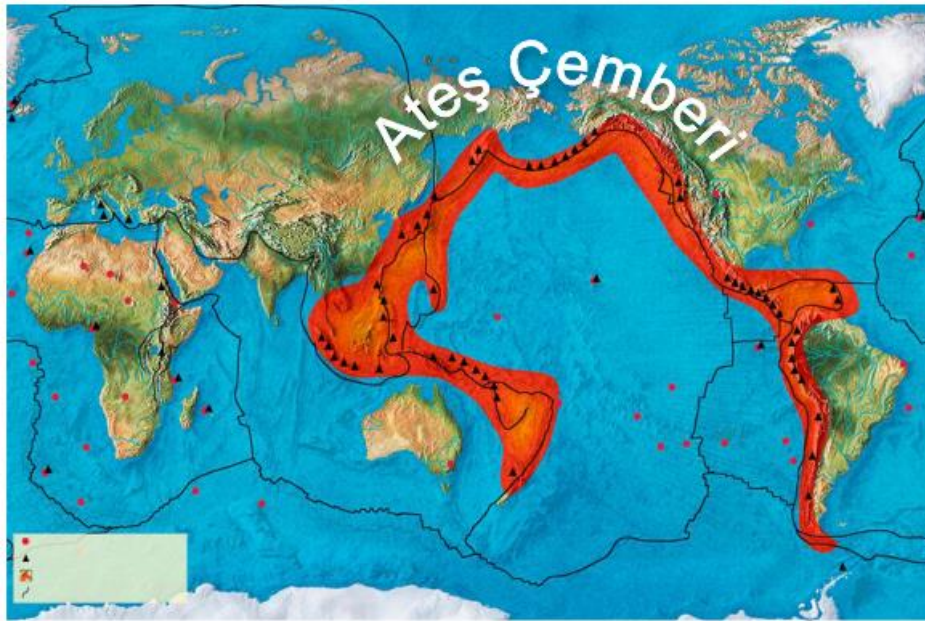
atmosferdeki doğa olayları sonucunda oluşan sel, çığ, fırtına, kuraklık, erozyon, orman yangınları ve iklim değişiklikleri gibi doğa olaylarıdır (Değirmenci ve İltter, 2013).

### 2.3.1. Depremler

Yer kabuğu içerisindeki, tektonik hareketler, kaymalar ve kırılmalar nedeniyle aniden ortaya çıkan titreşimlerin, geçtikleri ortamlarda ve yer yüzeyinde yol açtığı sarsıntılara deprem denir. Oluşan sarsıntının büyüklüğü ve yüzeye yakınlığı, oluşan depremin yıkıcılığını etkilemektedir.

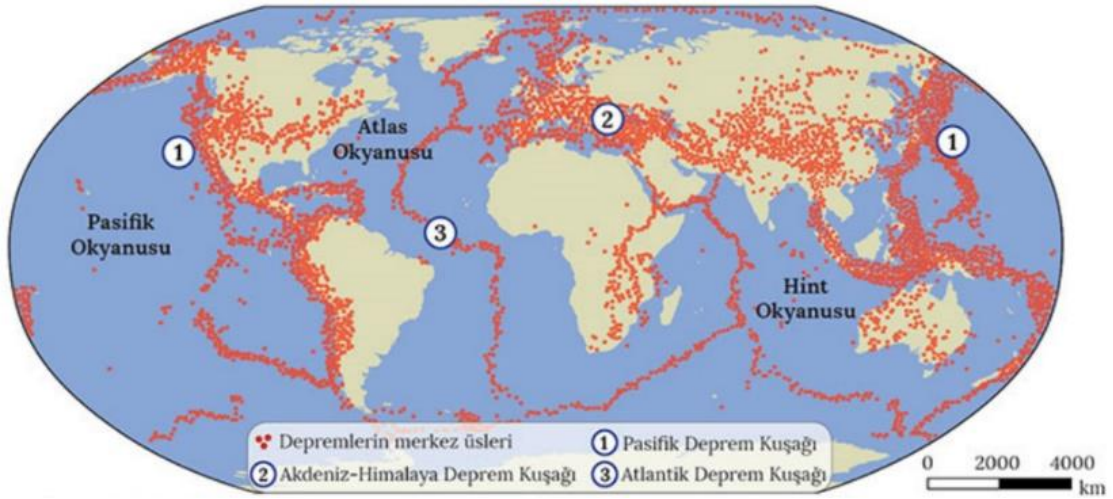
Deprem oluşumu faylar boyunca gerçekleşmektedir. Fay, depremle ilişkili hareketin meydana geldiği kırıktır, fayın bir tarafı diğer tarafına göre göreceli olarak hareket eder. Eğer fay üzerindeki hareket yeni ise bu tür faylar aktif fay olarak tanımlanırlar. Faylar yaygın olarak büyük ölçekli yapılardır ve kendi başlarına oluşmaktan çok, fay kuşakları veya fay zonları içinde oluşma eğilimi gösterirler.

Yeryüzünde, depremlerin %81'i Büyük Okyanus çevresinde, pasifik deprem kuşağında gerçekleşmektedir (Şekil 2.1.). Söz konusu alanların tamamı levha sınırlarına karşılık gelmekte, bu kuşaklar boyunca depremler ve volkanik aktiviteler yoğun olarak gözlemlenmektedir. Bu alanlar pasifik ateş çemberi olarak bilinen alanı da içermektedir (Özdemir, 2016).



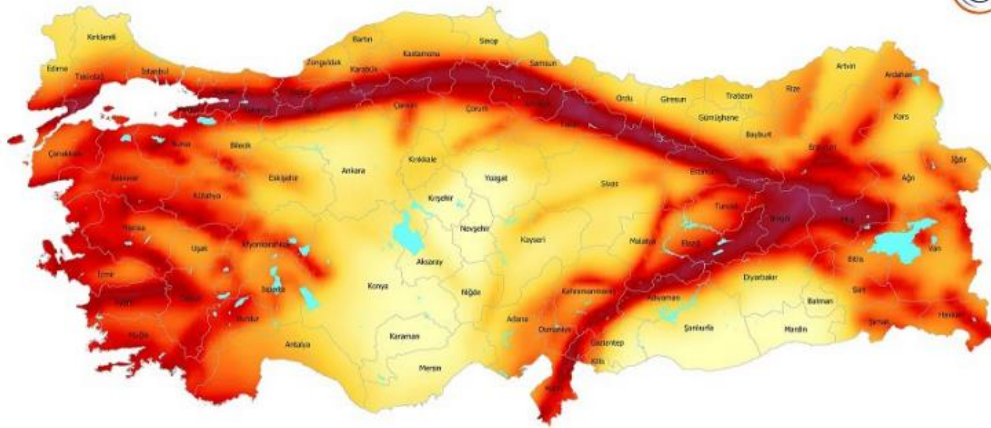
Şekil 2.1. Pasifik ateş çemberi (URL 1)

İber Yarımadası'ndan başlayıp Endonezya Adaları'na doğru bir yay şeklinde uzanan Alpin Sıradağları kuşağı pasifik deprem kuşağından sonra depremlerin çok görüldüğü bir diğer sahayı ifade etmektedir. Bu kuşakta, yeryüzündeki depremlerin %17'si gerçekleşmektedir. Bu kuşak üzerinde yer alan; İspanya, Fas, Cezayir, İtalya, Yunanistan, Türkiye, İran ve Afganistan sismik aktivitenin yoğun olduğu ülkelerdir. Depremlerin sürekli olarak bu bölgelerde meydana gelmesi, bölgelerin levha sınırları üzerinde bulunmalarından ya da henüz oluşumlarını tamamlamamış, kırılma ve faylanmalara maruz kalan, genç Alpin Sıradağ kuşağında yer almalarından kaynaklanmaktadır (Özdemir, 2016). Bu bölgeler aynı zamanda volkanik faaliyetlerin de çok sık meydana geldiği yerlerdir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Dünyada 1963-2015 yılları arasında meydana gelmiş depremlerin dağılımı (URL 2)

Bilindiği üzere ülkemiz aktif fayların bulunduğu bir bölgede yer almaktadır. Kayıtlar incelendiğinde ülkemizde geçmişte birçok yıkıcı depremin meydana geldiği ve sayısız insanımızın öldüğü bilinmektedir. Gelecekte de oluşacak depremlerle büyük can ve mal kaybına uğrayacağımız bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. AFAD'ın (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) yayınladığı deprem bölgeleri haritasına göre, ülkemiz topraklarının %92'si deprem bölgesi içerisinde yer almakta ve nüfusumuzun %95'i deprem tehlikesi altında yaşamaktadır (Şekil 2.3.). Görselde kırmızıyla gösterilen bölgeler fay hatlarını temsil etmekte ve deprem tehlikesinin fazla olduğu bölgeleri göstermektedir. Ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir.



Şekil 2.3. Türkiye deprem tehlikesi haritası (URL 3)

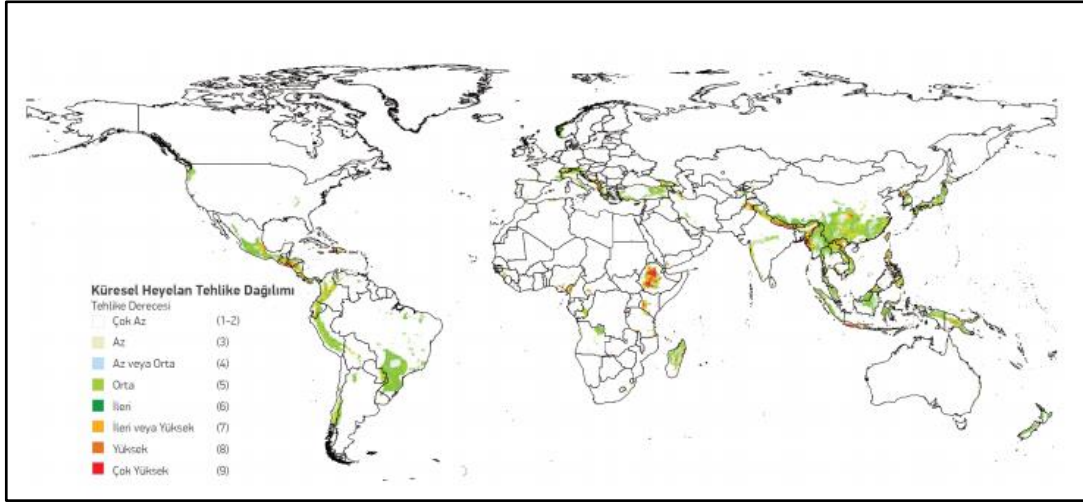
Geçtiğimiz 58 yıl içerisinde depremlerden, 58,202 yurttaşımız hayatını kaybetmiş, 122,096 yurttaşımız yaralanmış ve yaklaşık olarak 411,465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Ülkemizde depremlerden her yıl ortalama 1,033 vatandaşımız ölmüş ve 7,094 bina yıkılmıştır (URL 4).

### 2.3.2. Kütle hareketleri

Kütle hareketleri, karada veya deniz tabanındaki yamaçlarda bulunan malzemelerin yer çekimi etkisi ile yamaç eğimi boyunca hareket etmesi veya yerinde çökmesi olarak tanımlanmaktadır. Suyla doygun haldeki toprağın, ana kaya parçalarının ya da ayrışma süreçleriyle yüzeyde biriken materyalin yerçekiminin etkisiyle hareketlenerek, yamaçlardan aşağıya doğru yer değiştirmesine kütle hareketi denir. Çoğunlukla heyelan olarak tanımlanan bu olayların en önemli sebebi, yamaç dengesinin doğal ya da insan faaliyetleri sonucunda bozulmasıdır. Eğimli araziye sahip, fazla yağış gören ve killi ana materyal barındıran bölgeler en riskli bölgeleri oluşturmaktadır. Kütle hareketlerinin önemli nedenlerinden biri de yamaç duyarlılığının bozulmasıdır. Kütle hareketlerini önlemek için yapılacak çalışmaların başında, ağaçlandırma gelmektedir.

Dünya üzerinde birçok ülke, kütle hareketleri ve neden olduğu can ve mal kayıpları bakımından olumsuz yönde etkilenmektedir. Ülkelerin coğrafi konumları, jeolojik ve meteorolojik koşullar heyelanların meydana gelmesinde etkin bir rol oynamaktadır. Şekil 2.4. incelendiğinde heyelan tehlikesinin özellikle dağlık ve tektonik kuşaklar boyunca arttığı gözlemlenmektedir (Özdemir, 2016).





Şekil 2.4. Dünyada heyelan tehlikesinin dağılımı (Özdemir, 2016)

İnsan etkisinin dışında heyelanlar yaygın olarak hidro-meteorolojik faktörler (örneğin; aşırı yağışlar, kasırgalar, ani kar erimeleri vb.), volkanik aktiveler ve depremler tarafından tetiklenmektedir. Dünyada Hindistan, Pakistan ve Çin nüfus yoğunluğunun yüksek ve heyelan risklerinin fazla olduğu ülkeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye’de risklerin yüksek olduğu yerlerin başında Doğu Karadeniz kıyı kuşağı gelmektedir (Şekil 2.5.). Türkiye’de etkili olan doğal afetler içinde önemli bir yere sahip olan heyelanlar sonucunda hemen hemen her yıl önemli miktarlarda can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Özellikle ilk bahar dönemindeki yağış ve kar erimelerinin etkin olduğu dönemler en riskli periyodu oluşturmaktadır (Dölek, 2016). Ayrıca yerleşim yerlerinden uzakta meydana gelmiş ve kayda geçirilmemiş binlerce sayıdaki heyelanı da düşünecek olursak, ülkemizdeki heyelan sorununun çok daha ciddi boyutlarda olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 2.5. Ordu’nun Aybastı İlçesi’nde meydana gelen heyelan (URL 5)

Ülkemizde yanlış arazi kullanımı ve yer seçimi ile kütle hareketlerine bağlı afetler konusunda eğitim ve farkındalığın düşük olması, heyelanların olumsuz etkilerini arttırmaktadır (Özdemir, 2016).

### **2.3.3. Volkanik faaliyetler**

İç kuvvetlere bağlı olarak meydana gelen olaylardan bir diğeri de volkanizmadır. Volkanizma, dünyanın iç tabakalarında bulunan yüksek sıcaklığın etkisiyle eriyen kayaların (magma) yeryüzüne kadar sokulması ya da yüksek tazyikle püskürerek dışarıya çıkması olayı olarak tanımlanır. Dünyanın hareketli bir kuşağı üzerinde bulunan Türkiye’de önceden aktif özellik gösteren volkanların olduğu bilinmekle beraber, günümüzde aktif volkan bulunmamaktadır. Volkanik patlamalar onlarca kilometreye yayılarak can ve mal kaybına neden olabilmektedir (Sür, 1994).

Volkanik tehlikelerin önemli bir özelliği de volkanın kaynağından ne kadar uzağa ulaştığıdır. Birçok doğal afet 10 kilometrelik bir yarıçapla sınırlandırılmıştır. Ancak kül bulutlarının, volkanik gazın ve tsunami dalgalarının etkisi 10,000 kilometrenin üzerindedir. Bu yüzden volkanizma etkili doğal afetler eve tsunamiler, yayıldıkları alanlar göz önüne alındığında oldukça yıkıcı olabilmektedirler. Volkanların oluşturduğu tehlikelerin birincil düzeylerini, piroklastik akıntılar, kül ve tefra düşmeleri, lav akıntıları ve volkanik gazlar oluştururken, ikincil düzeydeki tehlikelerini ise zemin deformasyonu, laharlar, heyelanlar ve tsunamiler oluşturmaktadır. Günümüzde dünyadaki bilinen volkanların sayısı 600 ile 700 arasında değişmektedir. Dünyada meydana gelen volkanik aktivitelerin büyük çoğunluğu okyanusların kenarlarındaki levha sınırlarında meydana gelmektedir. Volkanların en yaygın olduğu kuşak ise tektonik hareketlerinde yoğun olarak olduğu pasifik ateş çemberi kuşağıdır (Özdemir, 2016).

### **2.3.4. Taşkın ve sel**

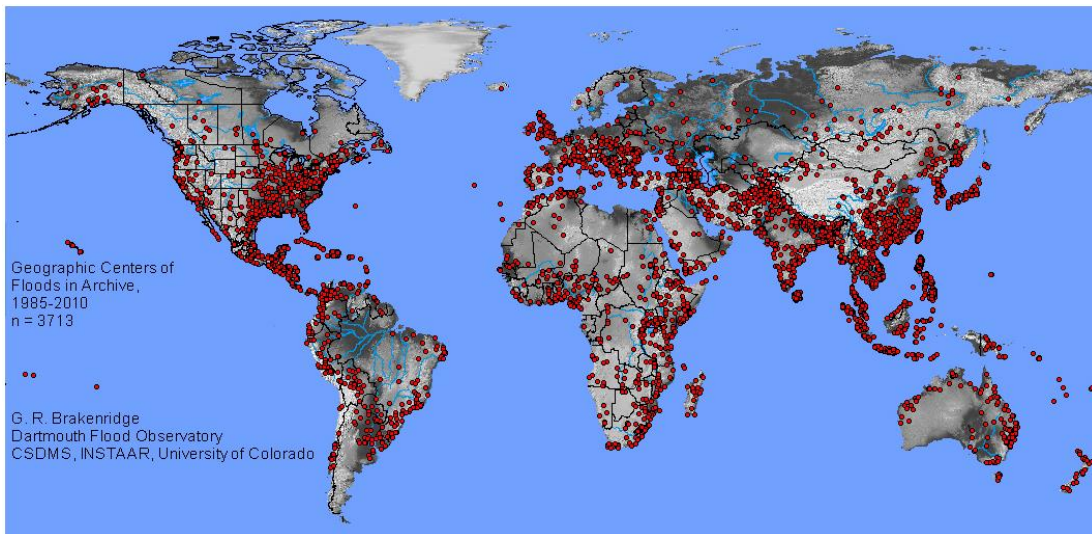
Taşkınlar, akarsuyun su kütlesinin arttığı ve su seviyesinin yıllık ortalamasının çok üstüne çıktığı durumlardır. Taşkın sırasında akarsuyun hızı ve taşıdığı alüvyon miktarı da artmaktadır. Akarsu yatağı artan su kütlesini iletecek kapasitede değilse yatağından taşar ve çevresini su ve alüvyona boğar. Bu nedenle taşkın terimi, akarsuyun yatağından taşarak çevresini basması (su baskını) anlamına da gelmektedir. Taşkın, bir akarsuyun ortalama akışından daha fazla su ile akmasıdır. Başka bir tanımla taşkın, bir

kanal boyunca akarsuyun yatağından veya levyesinden taşarak taşkın ovasına yayılması durumudur (Wohl, 2004; Özdemir, 2016).

Taşkınların oluşmasında etkili olan faktörler vardır. Bunlar; iklim, jeomorfolojik özellikler, havza morfometrik özellikleri, hidrolojik özellikler, zeminin litolojik özellikleri, bitki örtüsü, volkanizma ve insan olmak üzere 8 ana grupta toplanabilir (Özdemir, 2016).

Meteorolojik kökenli doğal afetlerden biri olan sel, yeryüzünü bir süreliğine tamamen ya da kısmen su altında bırakan, ani ve büyük su baskınlarıdır. Yıl boyunca bol yağış alan, deniz seviyesine yakın ve eğimi yüksek olan sahalarda daha sık bir şekilde görülmektedir. Sel baskınları, özellikle deniz, akarsu, göl gibi büyük su birikintilerinin aşırı suyla dolması sonucu ortaya çıkmakta ve meydana geldiği bölgede can ve mal kayıplarına yol açabilmektedir. Sel ve taşkınlar pek çok farklı nedenden dolayı oluşabilmekte, yağış şekli ve yoğunluğu, jeolojik yapı ve toprak özellikleri, bitki örtüsü gibi doğal faktörlerin yanında, aşırı kentleşme ve sanayileşme gibi insani nedenlerden kaynaklı da meydana gelebilmektedir.

Sel ve taşkınlar oldukça seyrek meydana gelmelerine karşın sosyal ve ekonomik yönden oldukça büyük olumsuzluklara neden olan doğal afetlerdir. Seller, aynı zamanda deniz seviyesinin yükselmesi gibi daha büyük çevresel sorunlara da yol açmaktadır. Orman yangınlarından sonra dünyadaki en yaygın ikinci doğal afet sel olarak kabul edilir (Şekil 2.6.). Sel Türkiye’de yaygın rastlanan doğal afetlerden biri olarak bilinmektedir (URL 6).



**Şekil 2.6.** Dünya’da sel afetinin yayılışı (1985-2010 Colorado Üniversitesi Sel Gözlemevi) (URL 7)



Türkiye’de yağış rejimi göz önünde bulundurulduğunda sel potansiyeli en yüksek saha Doğu Karadeniz’dir (Şekil 2.7.). Selin sebep olduğu su akıntıları çevreye, insanlara, hayvanlara, altyapı ve üstyapı tesislerine, genel olarak etkili olduğu çevreye sosyal ve ekonomik zararlar vermektedir.



Şekil 2.7. 22 Ağustos 2020’de Giresun’da meydana gelen sel felaketinin yarattığı yıkım (URL 8)

### 2.3.5. Çığ

Eski kar tabakasının çeşitli etkiler nedeniyle yeni kar tabakasıyla karışmaması sonucu iç veya dış kuvvetlerin etkisiyle büyük kar kütlelerinin yer değiştirmesi veya kayması olayı olarak tanımlanır. Aşırı kar yağışının yaşanan sahalarda meydana gelmektedir. Bu olay sırasında çevresel koşullara ve kar miktarına bağlı olarak, çığın kütlelerinin giderek büyümesi ve içine yukarılardan taşıdığı ağaç parçaları kaya bloklarının da eklenmesiyle yıkıcı bir güç haline gelerek, çıkan her şeyi tahrip edebilmektedir. Çığ düşmeleri çok sayıda insanın hayatını kaybetmesine hayvanların telef olmasına bölgedeki ulaşım haberleşme ve enerji nakil hatları, sanayi tesisleri, turizm ve spor tesisleri dahil olmak üzere yerleşim birimleri için büyük tehlikelere neden olmaktadır. Ayrıca çığdan etkilenen insanların afet bölgelerinden göç etmesi de bu afetin sosyal anlamda yarattığı olumsuz etkilerden bir diğeridir.

Deniz seviyesinden ortalama 1,131 metrelik yükseltisi ile Türkiye, dünyadaki en yüksek ülkelerden birisidir. Ortalama yükselti ülkemiz genelinde asimetric bir dağılım göstermekte olup, jeolojik zaman ölçeğinde gerçekleşen dağ oluşum süreçleri nedeniyle kuzey ve güney kıyılarımız sıradağlar ile kaplıdır. Ayrıca ülkemizin doğu bölümü batı

bölümünden daha yüksektir. Artan yükselti beraberinde düşük hava sıcaklığını da getirdiğinden, bu kesimlerde daha yoğun kar yağışı ve buna bağlı çığ olayları ile daha sık karşılaşmaktadır. Türkiye’de en fazla çığ olayları, fazla kar yağışı alan dağlık yörelerde, başta Doğu Anadolu, Doğu Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu’da meydana gelmektedir. Büyük can kayıplarına da yol açan çığ olaylarının görüldüğü iller arasında Tunceli, Bingöl, Bitlis, Erzurum ve Van ilk sıralarda yer almaktadır (Özdemir, 2016).

### **2.3.6. Fırtına ve tayfun**

Günlük yaşamda oldukça çok karşılaşılan ve pek çok farklı nedenlerle meydana gelen doğa olaylarından biri de fırtınalar ve kuvvetli rüzgarlardır. Rüzgârlar havanın yüksek basınçlı sahalardan alçak basınçlı sahalarla hareketiyle oluşmaktadır. Pek çok farklı türü olan rüzgarların en tehlikelisi fırtınalardır. Fırtınalar, kuvvetli rüzgarların oluşturduğu hava hareketleri şeklinde tanımlanır. Fırtınanın oluşmasında rüzgarlar dışında diğer meteorolojik olaylarında katkıları vardır, bunlar; kar, dolu, yağmur benzeri olaylardır. Fırtınalar oluşumlarına göre kum fırtınası, toz fırtınası, kar fırtınası, kasırga, siklon, hortum ve tayfunlar gibi çeşitlere türlere ayrılırlar.

Fırtınalar başta trafik olmak üzere birçok sektörün faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Günümüzde ulusal ve uluslararası anlamda deniz ve hava ulaşımının oldukça önemli olduğu bilinmektedir. Denizlerde meydana gelen fırtınalar, gemilerde büyük can ve mal kayıplarına neden olmakta, yarattığı güçlü hava akımları nedeniyle uçaklar için de büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Ayrıca kıyı bölgelerinde ve kıyı yerleşimlerinde aşırı yağışlara, sellere ve su baskınlarına neden olabilmektedir (Özdemir, 2016).

Orta kuşakta bulunan ülkemizde kuzeye doğru ilerleyen sıcak ve nemli hava ile güneye doğru inen soğuk ve kuru havanın karışmasıyla oluşan yüksek sıcaklık ve basınç farkı, kuvvetli rüzgarlara ve fırtınalara neden olmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarına göre, ülkemizde kuvvetli rüzgâr ve fırtınalar nedeniyle yılda ortalama 35 afet yaşanmaktadır. Ülkemizde İstanbul, İzmir, Çanakkale, Balıkesir, Zonguldak, Sinop, Mersin, Antalya, Ankara, Kars ve Elâzığ illeri şiddetli rüzgarlar ve buna bağlı fırtınaların sıklıkla yaşandığı illerimizdir (URL 9).

### 2.3.7. Kuraklık

En basit tanımıyla kuraklık, yağışların bir bölgede beklenenden daha az gerçekleşmesi şeklinde tanımlanır. Dolayısıyla sadece sürekli az yağış olan bölgelerde değil, yağışlı bölgelerde de kurak dönemler olabilir. Kuraklıktan söz edilmesi için yağışların normal ya da beklenen düzeyin altında olduğu zamanın en az bir mevsim veya bir yıl sürmesi gereklidir. Suya olan talebin artışı kuraklığın önemli nedenlerinden biridir. İklim şartları, çölleşme ve ormansızlaşma, yüksek nüfus, kaçak kuyular ve yer altı sularının bilinçsizce kullanımı, çevrenin tahribatı, orman yangınları, su havzalarının amaç dışı kullanımı, bitki örtüsünün kontrolsüz bir şekilde yok edilmesi, toprağın hatalı işlenmesi ve erken otlatma, yanlış sulama, kirlilik ve küresel iklim değişimi gibi faktör kuraklığa neden olan başlıca faktörlerdir. Kuraklığın diğer doğal afetler gibi belirgin bir başlama anı yoktur. Sıralanan faktörlerle beraber oldukça uzun bir süreçte gelişen bu doğal olay, insan etkileri nedeniyle hızlanabilmektedir. Bu nedenle kuraklığa neden olan etmenlere hem doğal hem de sosyal faktörlerdir (Mishra ve Singh, 2010). Kuraklık doğrudan ve dolaylı olarak pek çok olumsuz etkiyi beraberinde getirmektedir. Kuraklıkların verdiği zararlar aşağıdaki maddeler halinde özetlenebilir;

- Su kaynaklarının azalmasıyla tarımsal üretim zayıflar, çevre kirliliği artar, bunun sonucunda ise salgın hastalıklarda artış gözlemlenir.
- Ayrıca tarımsal üretimdeki azalmaya bağlı olarak kıtlık, yetersiz beslenme ve açlık sonucu hastalıklar ve ölüm olayları artar.
- Doğal dengenin bozulmasına bağlı olarak büyük ekolojik ve çevre sorunların ortaya çıkar.
- Doğal bitki örtüsü ve hayvan türleri tehlikeye girer bazı balık türleri yok olur.
- Enerji üretimindeki azalmaların akabinde sanayi alanında gerilemeler gerçekleşir.
- Ekonomik ve sosyal dengenin bozulmasına bağlı olarak sosyal sorunlar ortaya çıkar.
- Uzun süren ve geniş alanlarda etkili olan orman yangınları görülür.
- Uluslararası anlamda su paylaşımından dolayı büyük sorunlar ortaya çıkar (URL 6).

### 2.3.8. Erozyon

Toprağın başta su olmak üzere, rüzgâr, buzul, dalgalar, yerçekimi ve çığ gibi çeşitli dış etkiler nedeniyle taşınıp bulunduğu yerden uzaklaşması ve başka bir yere birikmesi sürecine erozyon denir. İklim, topoğrafya, bitki örtüsü, toprak yapısı, insan gibi

faktörler erozyona etki eden faktörlerdir. Erozyon doğal süreçte kendiliğinden oluşabileceği gibi insan etkinliklerine bağlı olarak da oluşabilir ya da insan bu süreci hızlandırabilir. Kendiliğinden yani doğal şartlarda gerçekleşen erozyon sonucunda kaybedilen verimli topraklar doğanın kendini yenilemesi ve doğal döngü kapsamında telafi edilebilmektedir. Ancak insan etkinliklerinin dahil olduğu süreçte bu zarar telafi edilemez boyutlara ulaşabilmektedir.

Ülkemiz topoğrafyası, toprak özellikleri ve iklim şartları göz önüne alındığında ülkemiz erozyon riskleri açısından hassas bir noktadadır. Verimli tarım topraklarımızın korunması ve buna bağlı dolaylı olumsuzlukların önüne geçilmesi için erozyonla kararlı bir şekilde mücadele edilmesi gerekmektedir. Türkiye Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre; ülkemiz coğrafyasının %59'u %12 den fazla eğimli sahalardan oluşmaktadır. Bu sahaların %11.5'i şiddetli ve çok şiddetli erozyon bölgesi sınıflarına dahil edilmektedir. Ülkemizde erozyonun şiddetinin en yüksek olduğu sahalarda Konya İli ve Tuz Gölü çevresidir. Bunun ana nedeni söz konusu sahaların bitki örtüsünden yoksun olması ve toprağın yapısının rüzgarlarla taşınmaya elverişli olmasıdır (URL 10).

### **2.3.9. İklim değişikliği**

Günümüzde, fosil yakıtların yaygın bir şekilde kullanılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaştırma, sanayi gibi insan etkinlikleri, atmosfere salınan sera gazı birikimindeki hızlı artışa neden olmuş bu da yerkürenin ortalama yüzey sıcaklığındaki artışı tetiklemiştir. İklim değişikliği pek çok sorunu da beraberinde getirmektedir. Buzulların erimesiyle birlikte dünyanın ortalama sıcaklık değeri artmış ve bunun etkisiyle kuraklık, orman yangınları, seller, şiddetli kasırgalar gibi hava olaylarının sıklığı artmış, mevsimlerin yaşanması gereken normal zaman dilimlerinden kaydığı gözlemlenmiştir. Ayrıca deniz suyu seviyelerinde yükselmeler meydana gelmiş, denizlerin asit oranlarında artışlar tespit edilmiştir. Bütün bu olumsuz etkiler, bitkiler, hayvanlar ve insan topluluklarıyla beraber sosyal ve ekonomik sektörleri de risk altında bırakmıştır (URL 9).

### **2.3.10. Orman yangınları**

Orman yangınları, doğal veya insan kaynaklı nedenlerle ormanların kısmen veya tamamen yanmasıdır. Yıldırım çarpmaları, volkanik patlamalar, düşük bağıl nem ve yüksek sıcaklıklar gibi doğal yangınların yanı sıra yangınlar, sigara, piknik ateşi, anız

yakma gibi nedenlerle insan kaynaklı da olabilmektedir. Ormanların yok olmasının başlıca sonuçları iklim değişikliği ve kuraklıktır. Dünya ülkeleri arasında, orman yangınlarından en çok etkilenen ülkelerden biri de Türkiye'dir. Ülkemiz coğrafi konum olarak Akdeniz Havzası'nda yer almakta ve ormanlarımızın büyük bir kısmı yangın riski altında bulunmaktadır (H. Doğanay ve S. Doğanay, 2011).

#### 2.4. Tsunamiler

Tsunami, okyanus, deniz ya da göllerin tabanında (büyük su kütlelerinin bulunduğu her yerde) oluşan deprem, deniz altındaki nükleer patlamalar, volkanik patlamalar ve bunlara bağlı olarak deniz tabanının çökmesi, deniz tabanı zemin kaymaları, gök taşı düşmesi, denizlerde oluşan kasırgalar gibi olaylar sonucu denize geçen bir enerji sonucu oluşan uzun periyotlu deniz dalgasına denir. Tetikleyici kaynak mekanizması tarafından su kütlelerine iletilen enerji, dalgaların sıkışarak yükselmesine neden olur ve tsunami dalgaları hızla yayılmaya başlar. Tsunamiler, tetikleyici diğer doğal afetlerin etkileri kapsamında ele alınması gereken yer kökenli yıkıcı afetlerden biridir (Sambah ve Miura, 2019).

Oluştukları noktadan her alana doğru saatte 800 kilometreyi bulabilen hızla yayılan tsunamilerin etkisi, kaynak mekanizmasının, deniz batimetrisinin ve kıyıların özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Uzun süreli dalgalar olan tsunamiler, oluşum alanlarından itibaren denizin derinliği, deniz tabanı topoğrafyası ve karşılaşılan engellere (örneğin ada) göre kısmen sapmalara uğrasa da uzun yollar kat ederek kıyılara kadar ulaşırlar. Tsunamiler, kıyılarda önce suları çekerek deniz tabanının açığa çıkmasına, daha sonra aniden yüksek dalgaların kıyıyı istila etmesine neden olabilmektedir (Özdemir, 2016).

Tsunamilerin %80'i Pasifik Okyanusu'nda meydana gelmektedir. Tsunami dalgaları normal su altı akımlarına veya deniz dalgalarına benzememektedir, çünkü tsunami dalgalarının dalga boyları çok daha uzundur. Kıyı şeridinin ve okyanus tabanının topoğrafyası dalganın boyutunu etkileyen bir faktördür. Tsunami dalgaları en büyük etkisini genellikle kıyıya yakın yerleşim yerlerinde göstermekte, dalgaların boyları birkaç metreden, 50 metreye kadar yükselebilmektedir. Tsunami dalgaları kıyı bölgelerinde, özellikle de büyük bir deprem sonrasında, yaygın yıkıma neden olabilirler (Sambah ve Miura, 2019). Tsunami nadiren görülen doğal afetlerden olmasına karşın kritik altyapı ve üstyapılar üzerinde büyük ölçüde yıkıma, çok sayıda insanın hayatını kaybetmesine,

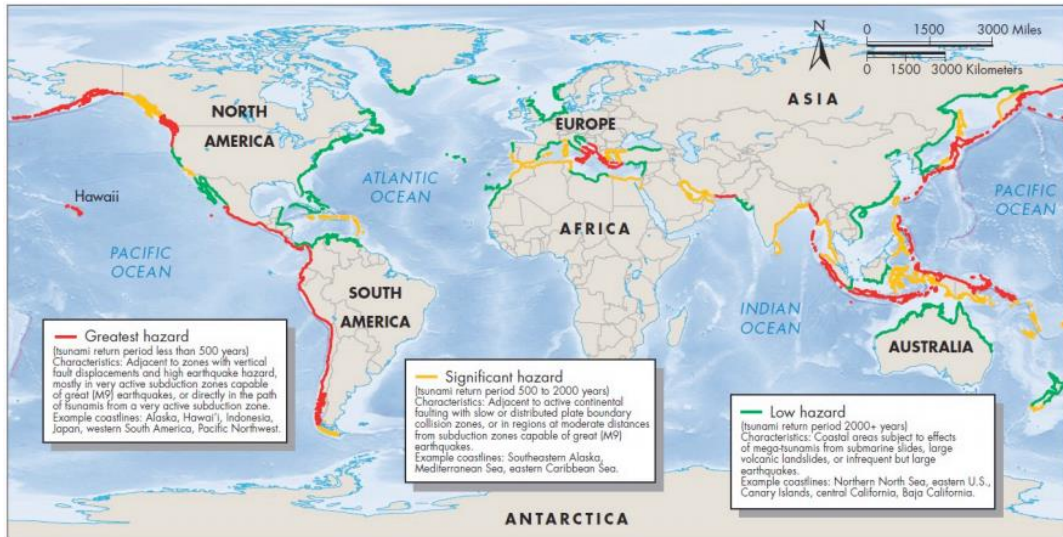
erozyon, çevre kirliliği ve su baskınları gibi olumsuz çevresel etkilere bunların akabinde ise salgın hastalıkların yayılması, açlık kıtlık gibi olumsuzluklara olmaktadır (Şekil 2.8.).



Şekil 2.8. 11 Mart 2011 Japonya tsunamisi, (URL 11)

Dünyada bugüne kadar tespit edilen tsunamilerin büyük bir çoğunluğu depremler sonucunda oluşmuştur. Bu nedenle tsunamiler daha çok aktif fayların, dalma-batma zonlarının ve volkanların bulunduğu deniz ya da okyanuslarda görülmektedir. Büyük Okyanus kıyıları yani ateş çemberi kuşağı, tsunamilerin en çok görüldüğü yerlerdir. 19. yüzyıl ortalarından günümüze dünya genelinde tespit edilen tsunamilerin %59 pasifik okyanusunda %25'i Akdeniz'de (Karadeniz de dâhil), %12si Atlas Okyanusunda (Baltık ve Kuzey Denizi dâhil) ve %4'ü Hint Okyanusunda gerçekleşmiştir (Özdemir, 2016). Şekil 2.9.'da kırmızı, sarı ve yeşil ile temsil edilen bölgeler tsunamilerin sırasıyla sık (500 yıl), orta derece (500 yıl- 2000 yıl), ve nadir derecede (2000 yıl ve üstü) görüldüğü kıyıları göstermektedir. Meksika, Peru, Şili, ekvator, İspanya, Portekiz, İtalya, Yunanistan, Türkiye, Hindistan, Çin, Endonezya, Japonya, Filipinler tsunami riskinin orta ve yüksek düzeyde olduğu belli başlı ülkelerdir.





Şekil 2.9. Küresel bakımdan tsunami risk taşıyan alanlar (Keller ve DeVecchio, 2012; Özdemir, 2016)

Türkiye’de yakın dönemlerde meydana gelen büyük bir tsunami olayı yoktur. Ancak, tarihi kayıtlar Akdeniz ve Ege kıyılarında meydana gelen çeşitli tsunamilere ait bilgiler sunmaktadır. Akdeniz ve Ege Denizi’nin güçlü bir tektonik kuşakta yer alması nedeniyle zaman zaman tsunamilere maruz kaldığı, bu olaylar sonucunda da kıyı çizgisinin doğal sınırlarını aşan deniz sularının iç kısımlara ulaştığı bilinmektedir.

Araştırmalara göre Türkiye’nin kıyı şeridinde son 3000 yılda 80’in üzerinde tsunami meydana gelmiştir. Marmara Denizi, İstanbul, İzmit Körfezi, İzmir ve çevresi, Fethiye ve İskenderun Körfezleri tsunamilerin yoğunlaştığı bölgelerdir. Ayrıca geçmiş dönem afetleri incelendiğinde ülkemiz yakınlarında istatistiksel olarak her 41 yılda 1 tsunami olmuştur (URL 12).

Tarihte özellikle Akdeniz kıyılarında meydana gelen tsunamiler birçok insanın hayatını kaybetmesine sebep olmuş, tsunami dalgaları yerleşim yerlerini alt üst etmiştir. Bir diğer yandan Karadeniz kıyı şeridinde ise tarihte önemli olarak nitelendirilebilecek iki büyük tsunami olduğu kayıtlara geçmiştir. Bütün bunlar incelendiğinde ve Türkiye’nin bir deprem ülkesi olduğunu da göz önünde bulundurduğumuzda tsunami dalgaları kıyı bölgelerini pek çok yönden olumsuz etkileyebilir, kıyı bölgelerimizdeki metropol kentlerimizi alt üst edebilir. Ancak genel olarak ülkemiz kıyılarında gerçekleşecek bir tsunaminin yerleşik alanlara erişemeyeceği düşüncesi hakimdir. Bunun böyle olmadığını 30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizi’nde gerçekleşen depremin ardından oluşan tsunami bizlere göstermiştir. İzmir Sığacık’ta boyları 2.5 metreye kadar ulaşan tsunami dalgaları kara yönünde bir kilometreden fazla içeriye girmiş, oluşan binlerce

liralık maddi hasarın yanında bir vatandaşımız da boğularak hayatını kaybetmiştir (Şekil 2.10.).



Şekil 2.10. Tsunaminin ardından Seferihisar'ın Sığacık Mahallesi (URL 13)

#### 2.4.1. Tsunami kaynak mekanizmaları

Tsunamiler dalga periyotlarına sahip uzun dalgalar dizisidir. Bu nedenle ilk olarak açık denizlerde ortaya çıksalar bile asıl etkilerini sığ sularda göstermektedirler. Tsunami dalgaları derin sularda yüksek hızlarda hareket eder ve saatler içinde binlerce kilometreye yayılabilirler. Örneğin, 6 kilometre derinliğinde bir okyanus üzerinde oluşan tsunami dalgaları (890 kilometre/saat) ile yayılmaya başlar (yaklaşık bir jet uçağının hızı) ve Pasifik Okyanusu'nun bir tarafından diğer tarafına bir günden daha kısa bir sürede geçebilirler. Kıyıya ulaşana kadar enerjileri büyük ölçüde koruyan bu dalgalar enerjilerini dağıtmadıkları için fırtına dalgalarından farklı bir dalga davranışı göstermektedirler. Bu nedenle tsunami oluşumunun kıyıya yakın sığ sulardaki etkilerini anlamak için ortaya çıkış anındaki yayılımı dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Tsunamiler, deniz bütününe sabit konumunu bozan bir dış kuvvet tarafından tetiklenmektedirler. Tsunamiyi oluşturan dış kuvvetler, sismik olmayan ve sismik kaynaklı mekanizmalar olarak sınıflandırılmaktadır (Sambah ve Miura, 2019).

Sismik olmayan tsunami kaynak mekanizmaları, üç alt kaynak oluşturma mekanizması altında sınıflandırılmaktadır. Bunlar; göksel etki, volkanik etki ve su altı heyelanlarıdır.



#### **2.4.1.1. Göktaşı düşmesi**

Okyanus üzerindeki dünya dışı bir etki, mega tsunamilere neden olur. Bu tür bir tsunami kaynak mekanizmasına diğer üretim mekanizmalarına kıyasla çok nadir rastlanmaktadır. Araştırmalar sonucunda tarihsel süreç boyunca Akdeniz Havzası'nda çarpma kaynaklı (göktaşı düşmesi) tsunamilere dair bir kanıt ulaşılamamıştır (Onat, 2011).

#### **2.4.1.2. Volkanik patlamalar**

Volkanik patlamalar suyun ani bir şekilde yer değiştirmesine yol açmaktadır. 1883 yılı 26 Ağustos'ta Endonezya'da Krakatau'da deniz tabanında büyük bir patlama meydana gelmiştir. Patlamadan sonra adanın %60'ından fazlası çökmüştür. Volkanizmanın tetiklediği tsunami dalgalarının dalga yükseklikleri yaklaşık 40 metreye ulaşmış ve dalgalar Java ve Sumatra Adaları'ndaki kıyı kasabalarında 36,000'den fazla insanı ölümüne yol açmıştır (Pararas-Carayannis, 2014). Tarihte kaydedilen tsunamiye neden olan volkanik etkilerin bir başka örneği de Yunanistan'ın 200 kilometre kadar güneydoğusunda yer alan Santorini'de yaşanmıştır. Santorini Yanardağı'nın Minos patlaması adı verilen püskürmenin ardından yaklaşık 73 kilometrekarelik bir alan çökmüştür. Bu çökmenin etkisiyle beraber 26 metreye kadar ulaşan tsunami dalgaları büyük yıkıma yol açmıştır (Onat, 2011).

#### **2.4.1.3. Deniz tabanındaki heyelanlar**

Kaya düşmeleri veya su altı (deniz tabanı) heyelanları su kütlelerinin ani bir şekilde yer değiştirmesine neden olmakta ve bu hareket bir tsunamiyi tetiklemektedir. Bu tür kayma ve düşmelerin ana etkeni yerçekimi kuvvetidir. Su altı heyelanları genellikle kıyıya yakın ve eğimli deniz tabanlarında meydana gelmektedir. Bu şekilde tetiklenen tsunami dalgaları diğer tsunami dalgalarına kıyasla daha dik ve daha kısadır. Tsunaminin merkezi sığ ve kıyıya yakın olduğundan dalgalar farklı yönlere doğru dağılmadan doğrudan en yakın kıyı şeridine doğru ilerlemektedir (İnsel, 2009).

Bilinen en büyük su altı heyelan bölgesi, Norveç'in batısında yer alan Storegga bölgesidir. MÖ 6000li yıllarda meydana gelen bu çökmenin yayıldığı alan 3500

kilometreküplük hacimde ve 290 kilometre uzunluğundadır. Meydana gelen çökmeler geniş alanlara yayılan büyük tsunami dalgalarını tetiklemiştir (Bondevik et al. 2004).

#### **2.4.1.4. Sismik tsunami kaynak mekanizmaları**

Tsunami oluşumlarının en yaygını sismik etkiler yani depremlerdir. Ülkemizin depremselliği yüksek bir kuşakta yer aldığı bilinmektedir. Türkiye’de Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Anadolu Fay Zonu ve Batı Anadolu Fay Zonu olmak üzere 3 büyük Fay Zonu bulunmaktadır. Şiddetli depremler özellikle bu fay zonları ve kırıkları üzerinde gerçekleşmektedir. Ayrıca bu ana zonlar dışında kalan bazı diri fay hatları üzerinde ve çevresinde bulunan sahalarda da deprem riskleri vardır.

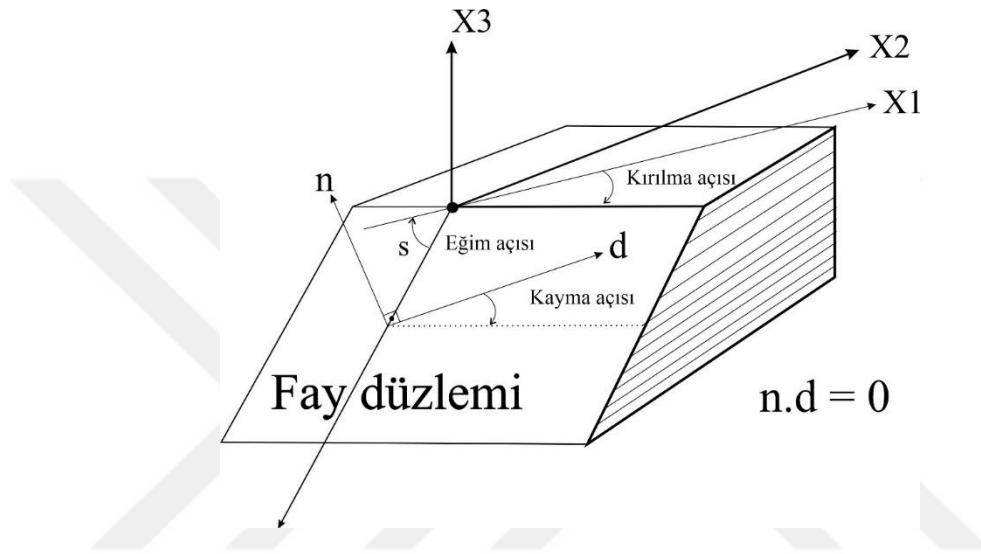
Dünyamız büyük tektonik plakalar üzerinde sürekli bir şekilde hareket etmekte ve depremler tektonik plakaların çeşitli hareketleri sonucunda oluşmaktadır. Deniz havzalarında gerçekleşen depremler tsunamilere neden olmaktadır. Sismik bir aktiviteden tetiklenen tsunami dalgalarının yüksekliği ve hızı depremin merkez üssünün derinliğine, depremin şiddetine ve denizin derinliğine bağlıdır. Sismik kaynaklı tsunamilerin oluşumunda depremin oluşturduğu titreşim ve sismik salınımların enerjisi su kütlelerine aktarılmaktadır. Ayrıca depremin tsunami oluşturması için merkez üssünün deniz üzerinde bulunması gerekli değildir. Tarihte karada meydana gelen depremler de yakın kıyılarda tsunamiye neden olmuştur. Ancak depremin merkez üssü su kütlelerine ne kadar yakın olursa enerji iletimi o kadar kuvvetli olacağından deniz üzerinde gerçekleşen depremler daha yıkıcı tsunami dalgaları üretebilmektedir. Bu tezde, sismik mekanizmalar ile tetiklenen tsunami dalgaları üzerinden uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

#### **2.4.2. Tsunamileri tetikleyen sismik mekanizmalar ve genel tanımlar**

Bilindiği üzere yer kabuğu tek bir parça halinde değil birçok parçadan oluşmaktadır. Yer kabuğunu oluşturan bu parçaların her birine levha adı verilmektedir. Bu levhalardan biride ülkemizi de kapsayan Anadolu levhasıdır. Anadolu levhasının kuzeyinde Avrasya levhası güneyinde ise Arap ve Afrika levhaları yer almaktadır.

Yeryuvarında etkili olan tektonik kuvvetler levhaların şekillerini, hacimlerini ve yerlerini değiştirirler. Bu deformasyon etkileriyle levhalar kırılmakta ve kıvrılmaktadır. Levhaların birbirlerine temas ettiği kırık ve çatlaklara fay adı verilmektedir. Büyük depremler fay hatları üzerinde meydana gelmektedir. Faylar birer düzlemsel yapı

elemanıdır. Dolayısıyla fayların da doğrultuları ve eğimleri vardır. Fay düzlemleri iki bloğu birbirinden ayırmaktadır. Bu iki blok, fay düzlemi üzerinde birbirine kıyasla hareket etmektedir. Fay düzleminin üzerinde bulunan bloğa tavan bloğu, fay düzleminin altında bulunan bloğa ise taban bloğu adı verilmektedir. İki fay bloğu arasında meydana gelen yer değiştirmeye ise atım adı verilmektedir (Rawlinson, 2007). Fay geometrisi fay düzleminin oryantasyonu ve düzlem boyunca kayma yönü bakımından tanımlanabilmektedir (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. Fay geometrisi (Rawlinson, 2007)

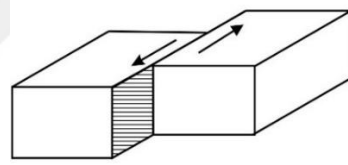
Fay düzleminin normal vektörü “n” olarak tanımlanmaktadır. Hareket yönü ise fay düzlemindeki kayma vektörü olan ve kayma açısını oluşturan “d” vektörüdür. Kırılma açısı, eğim açısı ve kayma açıları fayın diğer parametreleridir. Yer kabuğunun içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı noktaya odak noktası (hiposantr) veya iç merkez de denir. Gerçekte, enerjinin ortaya çıktığı yer bir nokta olmayıp bir alan olarak tanımlanmaktadır, fakat pratikte uygulamalarda nokta olarak kabul edilmektedir (Rawlinson, 2007).

Faylar, atım yönlerine göre eğim atımlı, doğrultu ve yanal atımlı (oblik) faylar olarak üç ayrı sınıfta incelenmektedir. Sıkışan fay bölgelerinde, eğik bir fay düzlemi üzerinde kalan bloğun, düzlemin altında kalan bloğa göre aşağı ya da yukarı doğru hareket etmesi yani kayması sonucu gelişen faylara eğim atımlı faylar adı verilmektedir. Bu tür fayların yükselen ve kıvrılan tavan blokları yeryüzündeki dağ kuşaklarını oluşturmaktadır. Karadeniz ve Akdeniz kıyıları boyunca yer alan yüksek dağlık alan, ters fay ve bindirmeler sonucu gelişen yapılardır.

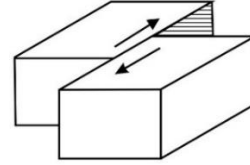
Doğru Atımlı Faylar, fay düzlemi boyunca blokların birbirine oranla yanal yönde hareket etmesi sonucu oluşmaktadır. Bu tür faylarda bloklar birbirlerine göre sağa veya sola doğru hareket etmektedir. Dünyadaki en önemli fay zonlarından ikisini; Amerika Birleşik Devletleri (ABD) sınırları içerisinde bulunan San Andreas Fayı ve ülkemizde doğuda Karlıovadan başlayıp, Anadolu'yu Karadeniz kıyısına paralel olarak kat ederek Marmara Denizi içerisine, oradan da Ege Denizine ulaşan Kuzey Anadolu Fayı oluşturur. Her ikisi de sağ yanal doğrultu atımlı nitelikte olan bu faylar, oluşturdukları 7 ve üzerindeki büyüklüğe sahip depremler nedeniyle son derece yıkıcı özelliğe sahiptirler.

Oblik Atımlı Faylar, doğada, oluşan gerilmelerin yönü, kayalarda oluşan kırılmaların doğrultusu ile mükemmel paralellik göstermediğinden, bu gerilme sonucu gelişen faylar genellikle tek bir yöne atım göstermezler. Ana hareket yönüne ek olarak bir ikincil harekete sahip olan bu tür faylara Oblik Atımlı Faylar denilmektedir. Kuzey Anadolu Fayı, Anadolu boyunca sağ yanal hareketinin yanı sıra pek çok yerde, bu harekete eşlik eden ters veya normal fay bileşenli ötelenmeler geliştirmiştir (Şekil 2.12.).

### Doğrultu Atımlı Faylar

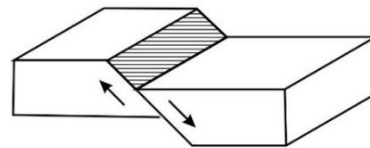


Sol yönlü doğrultu atımlı fay

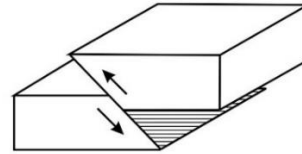


Sağ yönlü doğrultu atımlı fay

### Eğim Atımlı Faylar

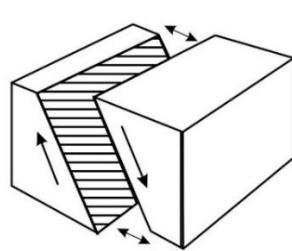


Normal fay

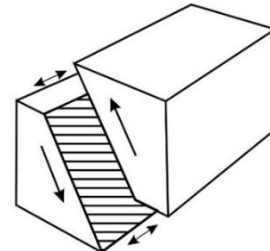


Ters fay

### Verev(oblik) Atımlı Faylar



Verev atımlı normal fay



Verev atımlı ters fay

Şekil 2.12. Atımlarına göre faylar (Rawlinson, 2007).

Gerçekte, fay karmaşık bir yüzeyde bulunabilmekte ve bu yüzey boyunca hareketi tarafından oluşturulan bir deprem, nihayetinde farklı konumlardaki birkaç alt olaydan oluşabilmektedir. Bu tür karmaşık sismik olaylar, basit olayların üst üste binmesi olarak ele alınabilir, bu nedenle, sismik dalgaların nasıl üretilbileceğini dikdörtgen geometrili basit bir fay üzerinde analiz etmek ve anlamak yararlıdır.

Depremi oluşum mekanizmasını tanımlamak için sekiz değişken kullanılmaktadır. Bunlar; Eğim açısı (Dip), kırılma açısı (Strike), kayma açısı (Slip/Rake) açısı, odak uzaklığı (Depth), fay uzunluğu (L), fay genişliği (W), deprem merkezinin koordinatları ve fayın dikey yer değiştirmesidir (U).

Depremi moment büyüklüğü ( $M_w$ ) depremin kaynağında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü iken; şiddet ise depremin yapılar ve insanlar üzerindeki yıkıcı etkilerinin bir ölçüsüdür. Bu nedenle büyüklük, her yerde geçerli, nesnel, tekil bir gösterge olmasına karşın depremin şiddeti, depremin meydana geldiği konuma göre değişmekte ve ölçümler öznel nitelik taşımaktadır.

Sismogramlar, sismik yer hareketlerini kaydetmektedir. Meydana gelen sismik aktivitenin parametrelerini Merkez üssünü (hiposantr) ve odak noktasının (iç merkez) konumlarını, şiddetini ve büyüklüğünü (magnitüd), faylanmanın geometrisinin parametrelerini (odak mesafesini, kayma açısını, eğim açısını ve kırılma açısı) incelemek için kullanılmaktadır. Depremden yayılan sismik dalgalar, fayın geometrisini ve kırılma hareketini, bir bakıma fayın kimliğini yansıtmaktadır. Jeodezik ölçümler ve jeolojik gözlemler, kırılma mekanizmalarının sismik karakterini anlamak için kullanılabilir, ancak okyanuslarda veya depremin iç merkezinin yer yüzeyinden oldukça derinde yer aldığı aktiviteler için bu yöntemlerin kullanımı sınırlıdır. Yerin yüzeyine kadar ulaşmış fayların jeolojik gözlemleri, bu yaklaşımın genelde sismik gözlemlerle tutarlı olduğunu ve örtüşüğünü göstermektedir (Rawlinson, 2007).

Büyük sarsıntıyı yaratan depreme ana deprem denir. Ana depremlerin ardından artçı depremler oluşmaktadır. Artçı sarsıntılar ana depremin gerçekleştiği bölge de meydana gelmektedir. Artçı depremlerin büyüklüğü ana depreme göre daha düşüktür. Ana depremin büyüklüğüne bağlı olarak artçı sarsıntılar haftalar, aylar ve hatta yıllar boyunca devam edebilmektedir (URL 14).

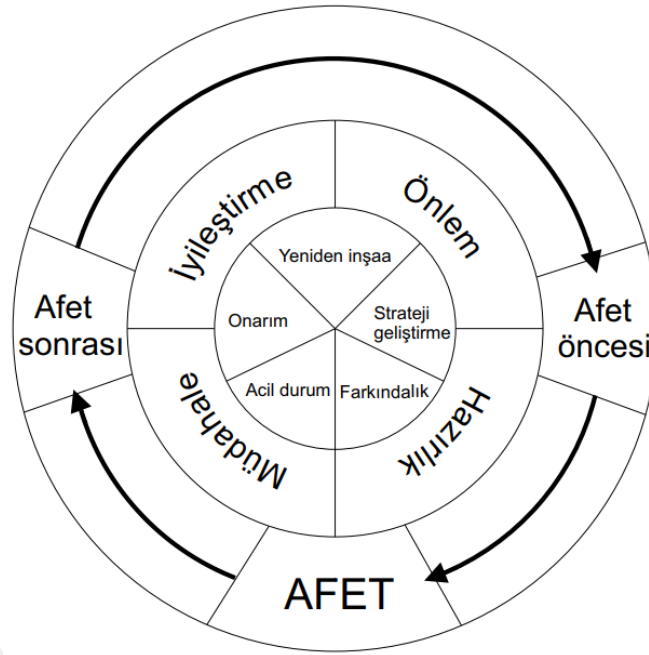
## 2.5. Afet Yönetimi

Afetlerin giderek şiddetlendiği ve artış gösterdiği 21. yüzyılda afetlerin yarattığı sosyal ve ekonomik kayıpların önlenmesi adına dünya ülkeleri birleşik olarak ortak bir akıl geliştirmeye çalışmaktadır (Ersoy, 2009). Günümüzde ve gelecekte afetlerle mücadelede yapılabilecek en etkin uygulama, afetlerin toplum üzerindeki etkilerini, can ve mal kayıplarını en düşük seviyelere çekmek için araştırmalar yapmak, tahminler yürütmek, çeşitli stratejiler geliştirmek ve bunları ivedilikle uygulamaya koymaktır (Demirci ve Karakuyu, 2004). Afetlerde nüfus ve yoksulluk ile zarar görülebilirlik arasında doğrudan bir ilişki vardır. Bu kapsamda afet yönetimi, afetlerin sosyal, fiziksel ve ekonomik etkilerini en aza indirmek, toplumu afetlerin yol açacağı yıkıcı sonuçlara karşı hazırlamak amacıyla planlamalar yapma ve önlemler alma süreci olarak tanımlanmaktadır (Li ve ark., 2017).

Afet yönetimi, afetlerin döngüsel bir süreçte şekillendiğini kabul ederek, riskleri azaltmak, acil durumlara hazırlanmak, müdahale etmek ve afetlerin etkilerinden kurtulmak üzere stratejiler içeren bir dizi aşamayı içermektedir (Tiwari ve Jain, 2015).

Etkin bir afet yönetimi sayesinde toplumlar, sistematik gözlemler ve analizler sonucunda muhtemel bir afetin şiddetinin ne ölçüde olabileceği meydana gelecek afetin toplumu hangi ölçüde etkileyebileceği ya da afetin yol açacağı ekonomik sosyal ve fiziksel yıkımın büyüklüğünü ve bu etkilerden en az zararla kurtulmanın yollarını da öğrenmektedirler. Afet yönetimi süreklilik gerektiren ve iç içe girmiş evrelerden oluşan bir modeldir (Şekil 2.13.).

Afetlerin yoğun olarak yaşandığı ülkemizde afet gerçekleşmeden önce neler yapılması gerektiği ve alınacak önlemler, afet olduğunda nasıl müdahale edileceği ve afetin olumsuz etkilerini gidermek ve normal hayata bir an önce dönme süreçlerini hızlandırmak, afet yönetiminde farklı evrelerde yapılacak uygulamaların kapsamlı bir şekilde düzenlenmesine bağlıdır. Ayrıca afet yönetimi çok yönlü bir süreç olduğundan, planlama ve müdahaleleri optimize eden uygun tekniği uygulamak zorunludur (Macit, 2019).



Şekil 2.13. Afet yönetimi döngü çemberi (Herold, 2009; Alexander, 2000)

Afet Yönetimi, afetlerin önlenmesi ya da bu afetler sonrasında oluşacak zararların azaltılabilmesi için afet öncesinde, afet sonrasında ya da afet sırasında yapılması gereken teknik, yönetsel ve yasal çalışmaları belirleyen ve bunları uygulayan bir yaklaşımdır. Ayrıca bir afet karşısında etkili bir yönetim sağlayan ve daha önce etkili olmuş afet olaylarından elde edilen deneyimler kapsamında afetler ile mücadele eden mevcut sistemi iyileştiren ve geliştiren bir yaklaşımdır (Demirci ve Karakuyu, 2004). Afet yönetimi, afet gerçekleşmeden önce; afet risklerinin belirlenmesi ve bu risklerin sınıflandırılması, risk azaltıcı önlemlerin değerlendirilmesi ve uygulanması, erken uyarı sistemleri ile afetlere karşı hazırlıklı olma, afet esnasında; modern yöntemlerden yararlanarak etkin kurtarma müdahale ve tahliye stratejilerini geliştirme, afet sonrasında ise; onarım ve iyileştirme çalışmalarının yapılmasını kapsamaktadır.

Afet yönetim sisteminin planlanan hedeflere ulaşabilmesi için, afet öncesi, afet esnasındaki ve sonrasındaki bütün çalışmaları kapsamaması gerekmektedir. Afet gerçekleştikten sonra enkazın kaldırılıp ölümlerin defnedilmesi gibi uygulamalar bir afet yönetim sistemini oluşturmamaktadır. Afet yönetiminin üç aşamasından en önemlisi şüphesiz, toplumun tamamının olası bir afete hazırlanmasını sağlayan, afet öncesinde yapılması gerekenleri kapsamaktadır. Çünkü; afet öncesi dönem, ihtimal dahilindeki afette meydana gelebilecek zararları daha afet gerçekleşmeden tespit edip, bunları azaltmak için gerekli çalışmaları yürütmek ve stratejileri planlamak aynı zamanda

tedbirler almak, zararın azaltılması bakımından afet esnasında ya da afet sonrası aşamadaki uygulamalardan çok daha etkilidir (Demirci ve Karakuyu, 2004).

### **2.5.1. Afet öncesi aşama**

Afet öncesi aşama, olası afetin yol açacağı kaybın azaltılması açısından oldukça önemlidir. Afet öncesi aşama olası bir afetin yıkıcı etkilerine karşı afet gerçekleşmeden önce yapılan risk azaltma, önlem ve hazırlık faaliyetlerini içermektedir. Burada Afetin getireceği yıkımı en aşağı seviyelere çekmek asıl amaçtır. Afet öncesi aşamada tehlikenin ve riskinin belirlenmesi, bu kapsamda hukuki, idari ve mali yapıların geliştirilmesi için politikaların üretilmesinin yanında günümüz teknolojileri kullanılarak risk analizleri, simülasyonlar ve olası afet senaryolarına ve canlandırmalara başvurulması, bu analizler sayesinde toplumun bilinçlendirilmesi ve farkındalık yaratılması amaçlanmaktadır. Bu aşama ayrıca toplumun eğitilmesi erken uyarı ve alarm sistemlerinin oluşturulması gibi olası bir afet karşısında yıkımı ve hasarı en aza indirmeye yönelik bir dizi stratejik planlama ve önlem faaliyetlerini içermektedir (Oktari ve ark., 2020). Afet yönetimi bünyesinde yer alacak personellerin eğitilmesi, tatbikatlara önem verilmesi, arama kurtarma faaliyetlerinin geliştirilip, toplumun örgütlenmesi, acil durum malzemelerinin stoklanması konuları toplumu felaketlerden koruyacak önlemleri almada önemli bir aşamayı oluşturmaktadır (Erkan, 2010). Ayrıca bu aşamada bahsedilen önlem ve durumlar herhangi bir riski azaltmaktan daha çok risklerin belirlenmesi şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Kısaca bu aşamada, hazırlık aşamasında toplumun muhtemel bir afet karşısındaki en zayıf noktaları tespit edilerek bunların korunmasına yönelik çeşitli stratejiler geliştirilmektedir. Bu sayede daha afet gerçekleşmeden önleyici planlama ve stratejiler geliştirildiğinden ve afete müdahale önlemleri alındığından afetle kontrollü bir şekilde başa çıkılabilecektir.

### **2.5.2. Afet esnasında**

Bu aşama yapılan tüm hazırlık ve planlamalar sonrasında meydana gelmiş bir afet karşısında yapılan ilk müdahaleleri kapsamaktadır. Afet bölgesiyle ilgili bilgilerin doğru ve hızlı olarak toplanmasının ardından öncelikli olan bölgelerden başlayarak kurtarma ve tahliye çalışmalarının yapılması, ekiplerin ve malzemelerin gerekli yerlere ulaştırılması gerekmektedir. Güvenlik, korunma, ısınma, beslenme ve barınma gibi hayati ihtiyaçların



kısa sürede karşılanması, acil ulaşım ve haberleşme imkanlarının bir an önce sağlanması gereklidir. Ayrıca bu aşama, hasar tespit çalışmaları, tehlike teşkil eden enkazların kaldırılması, yangınlar ve patlamalar gibi ikincil afetlerin önlenmesi, kamuoyunun bilgilendirilmesinin sağlanması, uluslararası koordinasyon ve iş birliği faaliyetlerini içermektedir (Erkan, 2010).

### **2.5.3. Afet sonrası aşama**

Afet yönetiminin son aşaması olan bu aşama müdahale sürecinin tamamlanmasından sonra başlayarak afete maruz kalmış yerleşim yerlerinde ekonomik sosyal ve çevresel anlamda oluşan aksaklıkların giderilmesiyle normal yaşama en kısa sürede dönmek için yapılacak iyileştirme çalışmalarını planlama, organize etme aşaması olarak tanımlanmaktadır (Oktari ve ark., 2020). Bu aşamanın amacı afetzedelerin yaşamsal gereksinimlerini en kısa zamanda karşılamak ve bu toplumlar için hayatın bir an önce normal hale getirilmesini, yaraların sarılmasını sağlamaktır (Erkan, 2010).

Bu aşama; haberleşme, ulaşım, su, elektrik ve altyapı hizmetleri gibi teknik hizmetlerin yanında eğitim gibi sosyal ve kültürel donatıların yeniden inşası, geçici ya da daimî iskân çalışmalarının yürütülmesi faaliyetlerini içermektedir (Arca, 2012). Bu aşamanın bir diğer içeriği ise afet sonrası bölgedeki toplumun yaşamının tüm alanlarında katılımının artırılmasıdır. Özetle afet sonrası aşama, afet ile birlikte ortaya çıkan zararların telafi edilmesi hayatın yeniden normalde dönmesi için uygulamalar yapma aşamasıdır.

## **2.6. Afet Yönetimi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri**

Doğal afetler engellenemez felaketlerdir ancak çeşitli önlemler ve planlamalar ile bilişim teknolojilerini olağan afet yönetim sistemine dahil etmek, bir afet sonucunda ortaya çıkan zararları ve tehlikeleri azaltabilmektedir (Yodmani, 2001). Afet yönetim sistemine bilgi teknolojilerini dahil etmek, etkin karar verme ve doğru ve güncel bilgi üretimi, aktif katılım ve bilgilere kolay erişimin desteklenmesini sağlamaktadır (Tarhan ve Aydın, 2017). İnternet, CBS, uzaktan algılama, uydu, radar, mobil ve kablosuz ağ sistemleri ve akabinde gelişen teknolojiler felaket anında, esnasında ve öncesinde bilgi altyapısını mutlak bir şekilde yönetmeyi kolaylaştırmaktadır (İslam ve Chik, 2010).

Afetler doğası gereği kaçınılmazdır ve hasarların telafisi ve yaraların sarılması oldukça güçtür. Afet yönetimi döngüsünde uzaktan algılama ve CBS, muhtemel afet riskleriyle karşı karşıya kalma durumlarında modellemeler ve canlandırmalar yardımıyla afete hazırlık aşamasındaki stratejide planlayıcılara ön bir bilgi yani önemli bir başlangıç noktası sağlamaktadır. Afet yönetiminde aynı anda pek çok farklı türden verilerin depolanması, incelenmesi, analiz edilmesi ve bunlara göre çeşitli planlamaların geliştirilmesi gerektiğinden CBS'nin bu süreçte kullanılması neredeyse bir zorunluluk haline gelmiştir (Demirci ve Karakuyu, 2004).

CBS tehlike envanter haritalarının oluşturulması, kritik tesislerin konumlarının belirlenmesi, ilgili veri tabanlarının yönetilmesi ve güvenlik açıklarının değerlendirilmesinin yapılması gibi afet yönetiminde pek çok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Li ve ark., 2017).

CBS, verilerin elde edilmesinde, yönetiminde, birbirleriyle entegrasyonunda, analizinde ve çıktısında kazandırdığı hız ve zaman sayesinde kentsel afet yönetimini iyileştirmek için önemli bir potansiyele sahiptir (Montoya, 2002). Ayrıca CBS'nin uzaktan algılama teknolojisi ile entegrasyonu, karmaşık planlama ve yönetim sorunlarını çözmek ve afet yönetimi döngüsünde karar vermeyi desteklemek için bir araç görevi görmektedir (Krishnamoorthi, 2016).

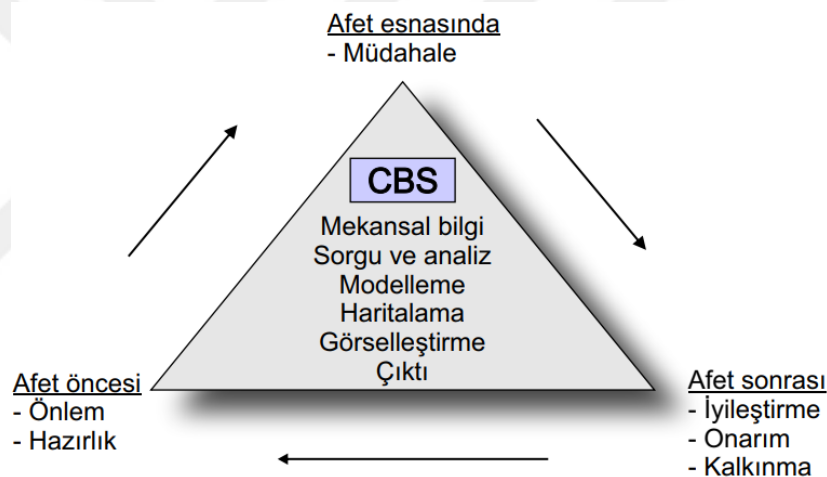
Özellikle afet öncesi hazırlık ve planlama aşamalarında CBS, afete karşı savunmasız alanları belirleyerek ve risk büyüklüklerine göre bölgelere ayırarak kurtarma operasyonlarının daha etkili bir şekilde yürütülmesine yardımcı olan modern bir teknoloji olarak kabul edilmektedir (Fuhrmann ve ark., 2008).

CBS, afet yönetimindeki diğer birçok temel görevinin yanı sıra, riski tahmin etmek ve haritalamak, tahliye yollarını planlamak, sığınaklar için uygun alanları belirlemek, afetlerden etkilenebilecek insanları belirlemek ve kurtarma sırasında kaynakları tahsis etmek için temel yönetişimi sağlar. CBS afetlerin yönetiminde vazgeçilmez bir yönetim bilişim sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Goodchild, 2006). CBS'nin afet yönetiminde oldukça yaygın kullanılmasının nedenlerini şu şekilde özetlemek mümkündür;

- Etkin bir veri paylaşım aracı olması,
- Güncellenebilmesi,
- Hızlı veri analizleri yapabilmesi ve kolay çözümler sunabilmesi,
- Çok yönlü görselleştirme imkânı sunmasıdır.

CBS, afet yönetiminin tüm aşamalarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde pek çok ülkede afetlerin izlenmesi, bölgelerin risk haritalarının oluşturulması ve afet senaryolarının modellenmesi, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, afet durum tespitlerinin yapılması, acil müdahale arama kurtarma ve destek stratejilerinin hazırlanması ve yönlendirilmesi, olası bir afete karşı kapsamlı tahliye ve ulaşım planlarının geliştirilmesi, afetler sonrasında arazi kullanım planlarının hazırlanması, koruma ve yeniden yapım alanlarının tespit edilmesi, halk güvenliği ve güvenli yapılaşma bölgelerinin planlanması, tarihi kaynakların tespiti ve korunması, afet sonrasında en fazla yardıma ihtiyacı olan ve öncelikli alanların tespiti, afetin etkili olduğu alanların tespiti gibi çalışmalar yürütülmektedir (Demirci ve Karakuyu, 2004).

CBS'yi Afet yönetiminin tüm aşamalarında etkin bir şekilde rol aldığı için afet yönetiminin merkezine konumlandırmak uygun olacaktır (Şekil 2.14.).



Şekil 2.14. Afet yönetimi döngü çemberi (Herold, 2009; Hussain ve ark., 2005)

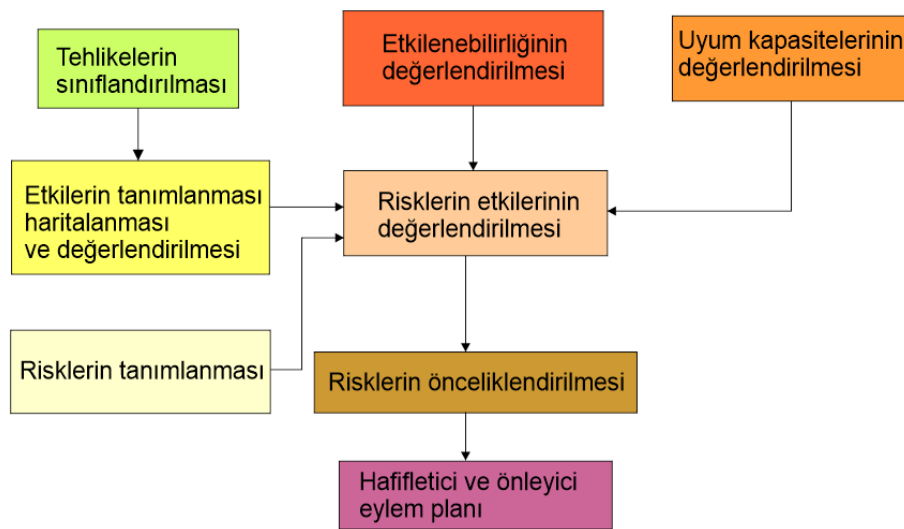
Bir afeti etkili şekilde azaltmak ya da toplumu afete hazırlamak için yalnızca bir yöredeki afetlerin sıklığı, karakteri ve büyüklüğü hakkında ayrıntılı bilgiler değil, aynı zamanda riskli bölgedeki insanların, binaların, altyapının, coğrafi yapının ve ekonomik faaliyetlerin de afete karşı savunmasızlığı da anlamak gerekmektedir (Rego, 2001; Van Westen ve Hofstee, 2001). Bu bilgi, hazırlık planlamasının temel taşı oluşturmakta ve uygun azaltma stratejilerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. CBS, risk seviyelerini belirleme, güvenlik açığını değerlendirme, risk senaryolarını modelleme, tahliye yollarını planlama, kaynak gereksinimlerini belirleme ve karar verme aşamalarını hızlandıracaktır.

Bir doğal afetin hemen sonrasında CBS kullanımı önemlidir. Afet müdahale ekipleri, acil durum personeli, yardım görevlileri ve müdahale ve yardım çabalarına dahil

olan herkes, hasarın kapsamı ve potansiyel mağdurların yeri, kritik tesislerin konumu (örneğin sığınaklar, hastaneler, okullar, vb.), mevcut kaynaklar (örneğin yiyecek, su, battaniyeler, tıbbi malzemeler, vb.), altyapı koşulları (örneğin hasarlı yollar, köprüler, hizmet hatları, vb.) ve tahliye veya tedarik bırakma noktaları gibi bilgilerin neredeyse tamamı mekansal nitelik taşımaktadır. Bu nedenle geniş bilgi kütlelerinin CBS'de derlenip analiz edilmesi ve daha sonra görselleştirmesi oldukça yararlı olacaktır.

### 2.6.1. Önleme aşamasında coğrafi bilgi sistemleri

Önleme aşaması doğal afetin yıkıcı etkilerini azaltmayı amaçlayan afet öncesi planlamayı ve eylemlerini içermektedir (Şekil 2.15.). Doğal afeti bir tehlike olarak düşünürsek, tehlike azaltmanın temel adımları, tehlikenin tanımlanması, risk değerlendirmesi, bir tehlike azaltma stratejisinin tanımlanması ve tehlike azaltma faaliyetlerinin CBS kapsamında uygulanmasıdır. Afet önleme, gelecekte meydana gelecek afetlerin fiziksel ve sosyal etkilerini azaltmaya yönelik devam eden sürekli (dinamik) bir süreçtir. Önleme, olası tehlikelerin sınıflandırılması ve tanımlanmasıyla başlar, böylece afet hakkında giderek daha fazla bilgi edinerek ayrıntılı bir azaltma stratejisi geliştirilebilmektedir. Sınıflandırılmış tehlike bilgileri, ilgili tüm ihtimalleri içeren CBS çerçevesi altında risk değerlendirmesi için ilgili yörenin güvenlik açığı, nüfus yoğunluğu ve afetten etkilenebilirliği ile birlikte hesaplanmaktadır (Tiwari ve Jain, 2015). CBS platformunda risklerin ilişkilerinin önceliklendirilmesi ve model simülasyon araçları sayesinde daha stratejik bir eylem planı geliştirilmektedir.



Şekil 2.15. Doğal afetlerde CBS tabanlı önleyici planlama (Tiwari ve Jain, 2015)

## 2.6.2. Risklerin değerlendirilmesi aşamasında coğrafi bilgi sistemleri

Afetlerin olası sonuçlarını önceden tahmin etmek, felaketten önce başlatılması gereken eylemlerin belirlenmesine ve felaketin etkisinin azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. CBS bünyesinde geliştirilen kapsamlı bir risk analizi ve değerlendirmesi, afet yönetimi planlarının geliştirilmesinin temel dayanağını oluşturmaktadır. Risk değerlendirmesinin amacı, risk düzeylerini belirlemek ve karşı önlem için kararlar almaya yardımcı olan hedeflerin oluşmasını sağlamaktır (Şekil 2.16.).

Tiwari ve Jain (2015) yaptıkları tanımına göre; risk belirli bir tehlike nedeniyle beklenen kayıplardır (kaybedilen canlar, yaralanan kişiler, taşınmazlarda meydana gelen zararlar ve ekonomik faaliyetin aksaması vb.). Risk değerlendirmesinin formülasyonu Eşitlik 2.1.'de verilmiştir

$$Risk = \frac{H.V.E}{C} \quad (2.1.)$$

Tehlike (H): Tehlike doğal bir olay (depremler, kara kaymaları, seller, tsunamiler) olarak açıklanmaktadır.

Güvenlik Açığı (V): Bir topluluğun ya da yeryüzünde bir bölgenin tehlikeye maruz kalması yani hassasiyet derecesidir. Toplum ya da bölge bir tehlikeye karşı daha duyarlıysa ya da daha savunmasızsa, tehlikeden etkilenme riski daha yüksektir.

Kapasite (C): Savunmasızlığın tersi, bir toplulukta, toplumda veya kuruluştaki bir tehditte başa çıkma veya bir tehlikenin etkisine direnme gücü, toplumun farkındalık derecesi ve kaynakları olarak tanımlanmaktadır.

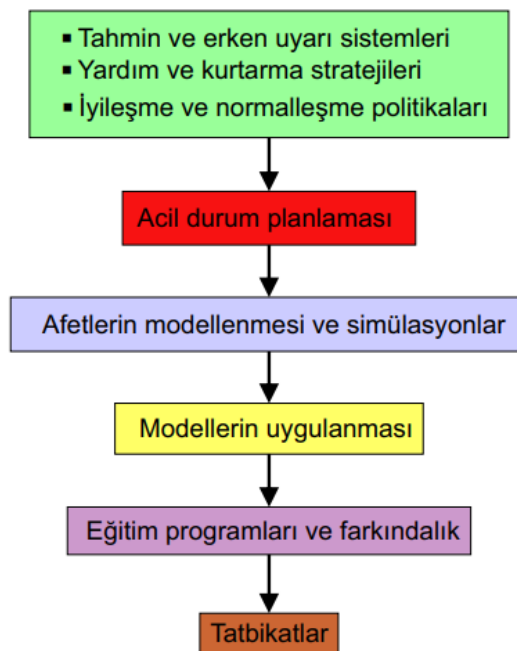
Maruz kalma (E): Maruz kalma, risk altındaki unsurların toplam değeridir. Tehlikelerden potansiyel olarak etkilenebilecek, insan yaşamlarının sayısı ve mülklerin değeri olarak ifade edilmektedir. Maruz kalma, unsurların coğrafi konumunun bir fonksiyonudur (Pelling ve ark., 2004).



Şekil 2.16. Risklerin Değerlendirmesi için çeşitli faktörler (Tiwari ve Jain, 2015)

### 2.6.3. Hazırlıklı olma aşamasında coğrafi bilgi sistemleri

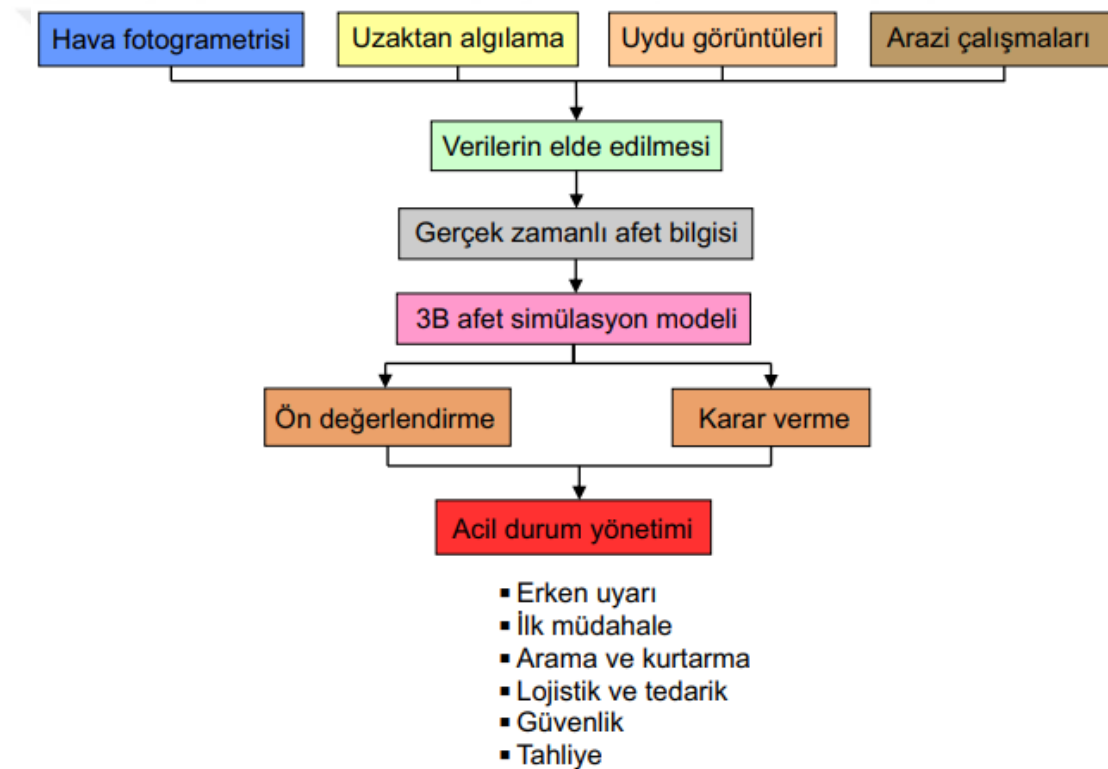
Doğal afetler genellikle aniden meydana gelmektedir. Afet esnasında müdahaleye ve afet sonrası iyileştirme çalışmalarının eksiksiz işlemesi için acil durum öncesinde alınan önlemler ve afete karşı hazırlıklı olmak büyük önem arz etmektedir. Bu aşamada hükümet ve sivil toplum kuruluşları, planların ve stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Balaji ve ark., 2002). Bu stratejiler tehlike tahmini, erken uyarı, yardım, kurtarma, iyileştirme ve normalleşme politikalarını içermektedir (Şekil 2.17.). Doğal afetin olumsuz etkinliklerini kontrol etmek için uygulanması gereken bu planlamalar üç boyutlu şehir modellemeleri ve CBS araçlarıyla simüle edilmektedir (Tiwari ve Jain, 2015).



Şekil 2.17. CBS ile afete hazırlık aşamaları (Tiwari ve Jain, 2015)

#### 2.6.4. Müdahale aşamasında coğrafi bilgi sistemleri

Afet müdahalesi, afet sırasında ve meydana geldikten hemen sonra gerekli olan ve can ve mülkü korumak ve ikincil tehlikeleri (örneğin, deprem kaynaklı yangınlar ve tehlikeli madde dökülmeleri) kontrol etmek için tasarlanmış faaliyetleri içermektedir. Doğal afet sonrası ayrıntılı müdahale planı Şekil 2.18.'de gösterilmektedir. Afet sonrası müdahale aşamasında CBS'nin kullanımı daha farklıdır, bu aşamada zaman kritik bir faktör haline geldiğinden, büyük zorluklar ortaya çıkarmaktadır (Goodchild, 2006). Bir afetin hemen ardından, veriler hızla toplanmalı CBS ortamına aktarılmalı analiz edilmeli ve müdahale stratejilerine yardımcı olabilecek yararlı bilgi ürünlerine dönüştürülmelidir.



Şekil 2.18. CBS ile afet müdahale planı (Tiwari ve Jain, 2015)

CBS, temel bir acil durum müdahale aracı olma özelliğine sahiptir. CBS acil durum ekiplerinin hızlı hareket etmesine yardımcı olmakta ve onlara ne zaman ve nerede ihtiyaç duyulduğuna dair hayati bilgiler sağlamaktadır. Hava fotoğrafları, İHA (insansız hava aracı), uydular ve acil durum arazi çalışmaları, çeşitli acil durum hizmetleri ve senaryolarının katmanlarıyla güncelleştirilmiş üç boyutlu afet simülasyon modelleri müdahale aşamasında olası gerçek zamanlı veri sağlama seçenekleridir. CBS tabanlı afet modeli, çeşitli değerlendirme araçlarıyla istenilen amaç doğrultusunda hızlı bir şekilde

problemi çözebilmekte ve felaket durumuyla başa çıkmak için güncellenmiş bir acil durum operasyon planı oluşturmaktadır (Narvaez, 2012).

### **2.6.5. İyileşme ve normalleşme aşamasında coğrafi bilgi sistemleri**

Normalleşme aşaması, afetlerin hemen ardından başlayan hem kısa hem de uzun süreli bir süreçtir. Afetzedeleri eski normallerine ya da normale yakın biçimlerine geri döndürmek için gereken eylemler ve politikaları içermektedir. Kişisel ve topluluk ihtiyaçlarını karşılamak normalleşme aşamasında ilk adımı temsil etmektedir. Uzun vadeli iyileşme politikaları, yeniden inşa operasyonlarını ve kalkınma stratejilerini kapsamaktadır. Tam iyileşme aşaması üç aşamaya ayrılabilir. İlk Aşama, afet senaryosunun ilk görünümü için kısa vadeli kurtarma planlarını içermektedir. Burada bahsedilen bilgi toplama sistemlerinden ya da yeryüzünden toplanan gerçek zamanlı afet bilgileri, kısa vadeli yenilenme hedefleri için önemli bir altlık oluşturmaktadır. İkinci aşama olan normalleşme aşaması, afetzedelerin tam anlamıyla eski yaşantılarına dönmesi ve topluma kazandırılması sürecidir. Bu süreçte dinamik veri elde etme teknikleri ve araçları kullanılmaktadır. Üçüncü aşama olan kalkınma aşaması ise uzun vadeli projeleri ve kalkınma politikalarını içermektedir (Narvaez, 2012).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Uygulama Alanı

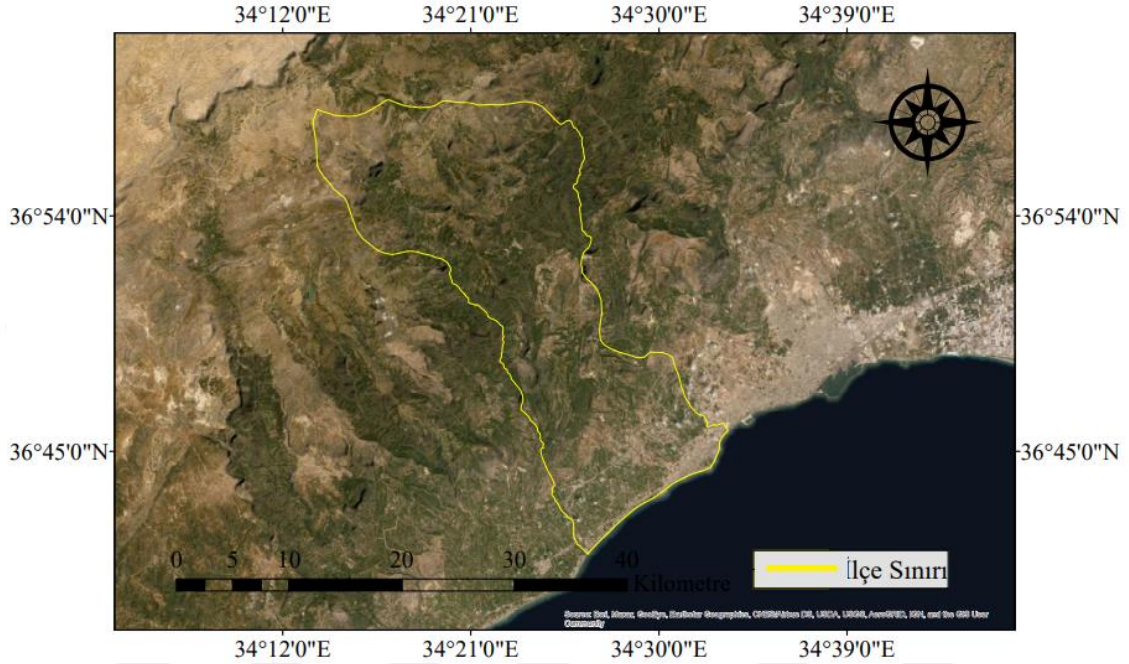
Uygulama bölgesi olarak ülkemizin güneyinde yer alan ve önemli bir liman kenti olan Mersin seçilmiştir. Mersin İli, coğrafi konumu itibariyle; Akdeniz Bölgesi'nin Çukurova Bölümü'nün batısında yer almakta, Doğu Akdeniz Havzası'nın önemli bir bölümünü kapsamaktadır. Halihazırda bulunan liman, tren yolu taşımacılığının yanı sıra karayolu taşımacılığı sayesinde Mersin İli coğrafi açıdan lojistik merkez özelliğine sahiptir. Ayrıca kentte tarım, denizcilik, turizm ve sanayi faaliyetleri gelişmiştir (Şekil 3.1.)



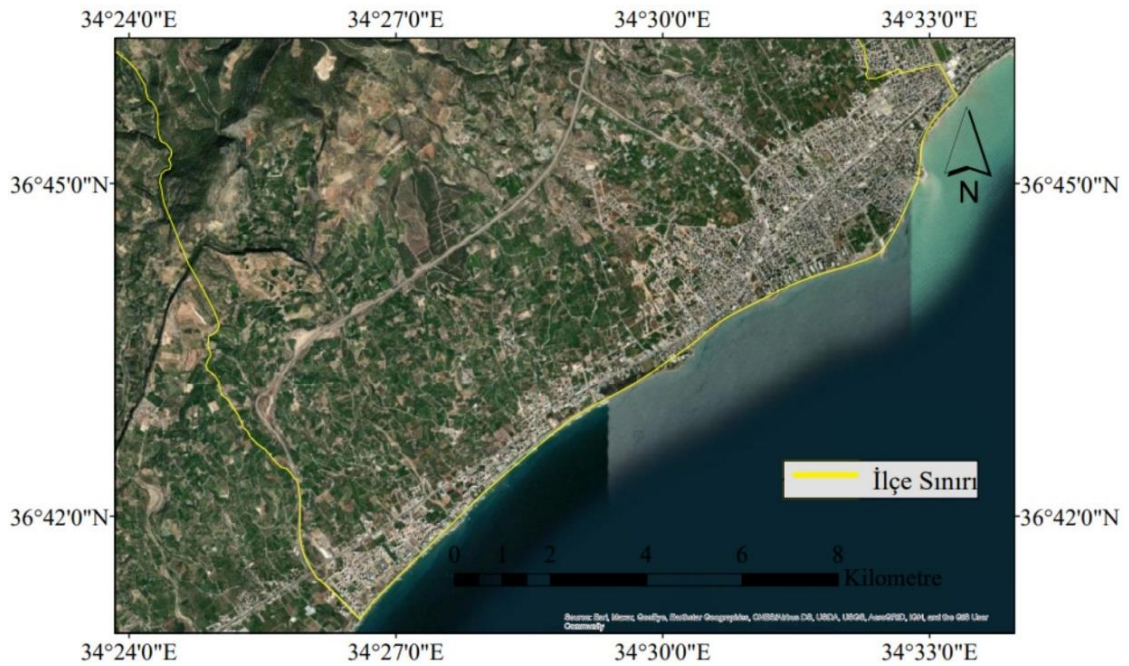
Şekil 3.1. Uygulama alanı

Mersin 321 kilometrelik uzun bir kıyı şeridine sahiptir ve bu sahillerin 108 kilometrelik bölümünü doğal kumsallar oluşturmaktadır. Elverişli iklimi ve sahip olduğu doğal güzelliklerle beraber ülkemiz için önemli tarihi, turistik mekanlara sahiptir ve turizmde son yıllarda adını sıkça duyurmaya başlamıştır. Yumuktepe, Soli Pompeipolis Antik Kenti, Kızkalesi, Anemurium Antik Kenti, Cennet ve Cehennem obrukları kentin tarihi ve turistik dokularından birkaçıdır.

2021 yılı TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre kentin nüfusu 1,891,145'dir. Ancak yaz aylarında Adana Kahramanmaraş, Gaziantep, Ankara, Konya ve Kayseri gibi illerden turizm amaçlı geçici göçler almakta ve nüfusunu arttırmaktadır. Kent 4'ü merkez olmak üzere toplamda 13 ilçeye ayrılmıştır (Şekil 3.2. ve 3.3.).



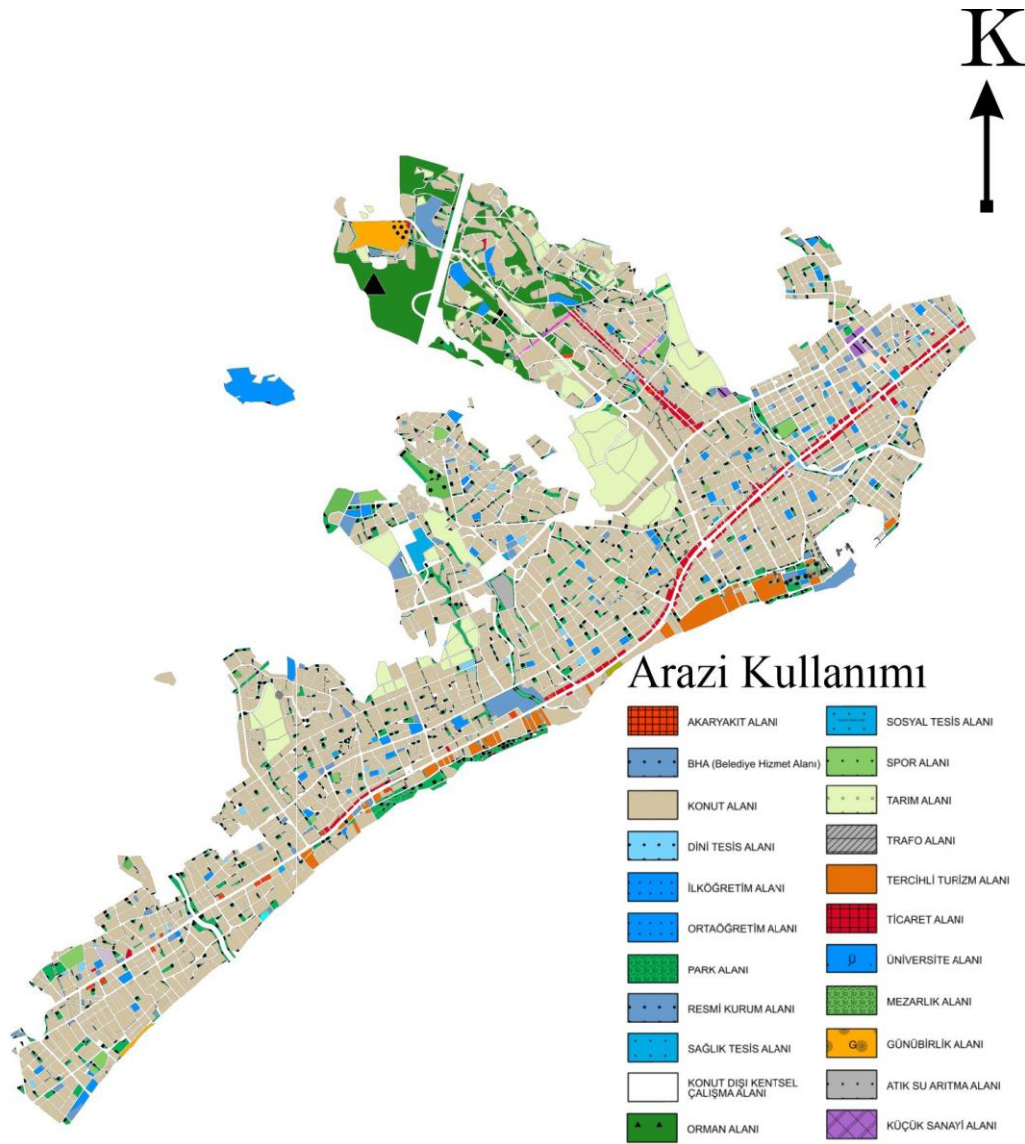
Şekil 3.2. Mezitli İlçe sınırı



Şekil 3.3. Mezitli İlçesi kıyı şeridi

Merkez ilçelerden birisi de Mezitli İlçesi'dir. Mezitli İlçesi Mersin Büyükşehir Belediyesi'ne bağlıdır ve rakımı 5 metredir. TÜİK verilerine göre 2021 yılı ilçe nüfusu 218,816'dır. İstatistiklere göre Mersin Kenti'ndeki toplam nüfusun yaklaşık %11.6'sı Mezitli İlçesi'nde yaşamaktadır.

Mezitli İlçe Kaymakamlığı'nın verine göre (2021) ilçede toplam bina adedi 8,849 toplam parsel sayısı 13,324 toplam hane sayısı ise 78,889'dır. Şekil 3.4.'te Mersin İli Mezitli İlçesi 2018 yılı imar planı gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Mersin İli Mezitli İlçesi 2018 yılı uygulama imar planı

Mezitli İlçesi'nde kuzeyde kalan alanlar tarımsal niteliğini büyük ölçüde korumaktadır, ancak son yıllardaki kentsel gelişime cevap vermek üzere yapılaşmaya açılmıştır. Şekil 3.5.'te Mezitli sahil şeridinden bir görüntü verilmektedir.





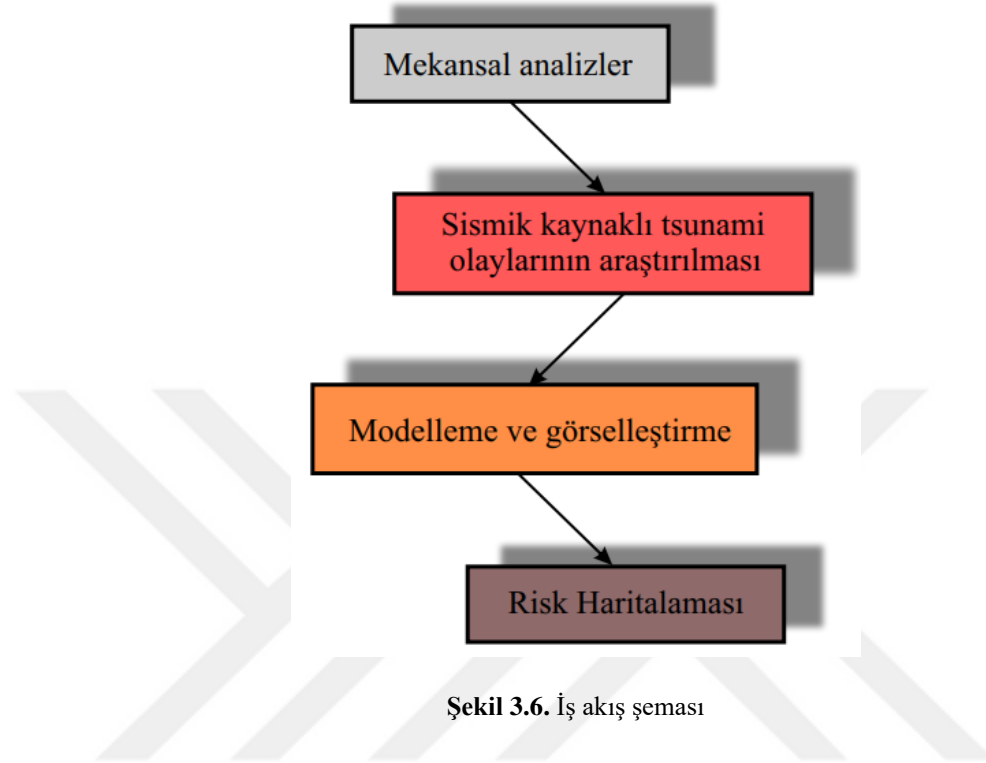
Şekil 3.5. Mezitli sahil şeridi (URL 15)

İlçenin sahip olduğu toprakların %75 den fazlası dağ, plato ve kıvrımlı arazilerden oluşmakta ve dağ-deniz arasında kalan sahil şeridi ise batıya doğru gidildikçe daralmaktadır. Mezitli İlçesi'nin sahil şeridi diğer ilçelere nazaran daha uzundur ve doğu-batı yönlü uzanmaktadır. İlçenin sahip olduğu nüfusun büyük bir çoğunluğu bu dar ve uzun kıyı şeridi boyunca yaşamaktadır. Bu sebeple de ilçedeki dağlık bölgelere nazaran kıyı bölgelerinde nüfus yoğunluğu daha fazladır. İlçe sahip olduğu kıyı turizmi sayesinde özellikle yaz aylarında gelen turistler ile beraber bu yoğunluğu daha da arttırmaktadır. Bunların yanında Mezitli İlçesi pek çok önemli kültürel mirası da barındırmaktadır. Soli, roma hamamı, sütunlu cadde, nekropol alanı bunlardan birkaçıdır. Ayrıca ilçe merkezinden Tece, Kandak ve Mezitli Deresi (Liparis Çayı) akmaktadır. İlçe çevre arazileri birinci sınıf tarım arazisi olarak kabul edilmektedir.

Kentin kuzeyinde doğrultu atımlı bir fay olan Ecemiş fayı, kuzey-doğu güney-batı doğrultusunda Karsantı-Karaisalı fay zonu yer almaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarla beraber Gülek Boğazı ile Anamur arasında yine doğrultu atımlı olan Namrun fay zonunun varlığı tespit edilmiştir. Mersin'in güneydoğusunda bulunan yumurtalık fay zonu 1988 yılında 6.2 büyüklüğünde deprem üretmiştir. Bununla beraber Akdeniz Havzası'ndan ve Kıbrıs Adası'ndan geçen önemli bir fay hattı (Ege-Kıbrıs fay hattı) kırıkları bulunmaktadır ve Akdeniz'de meydana gelen depremlerin kaynağını bu fay kırıkları oluşturmaktadır.

Uygulama mekansal analizler ile başlamaktadır. Bu aşamada batimetrik-topoğrafik veriler irdelenmektedir. Daha sonra bölgedeki sismik kaynaklı tsunamilerin

araştırması gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırmanın ardından tsunami dalgalarının modellenmesi analizi ve görselleştirme işlemi tamamlanmıştır. Son olarak riskli bölgelerin tahmini ve su baskını haritaları üretilmiştir (Şekil 3.6.).



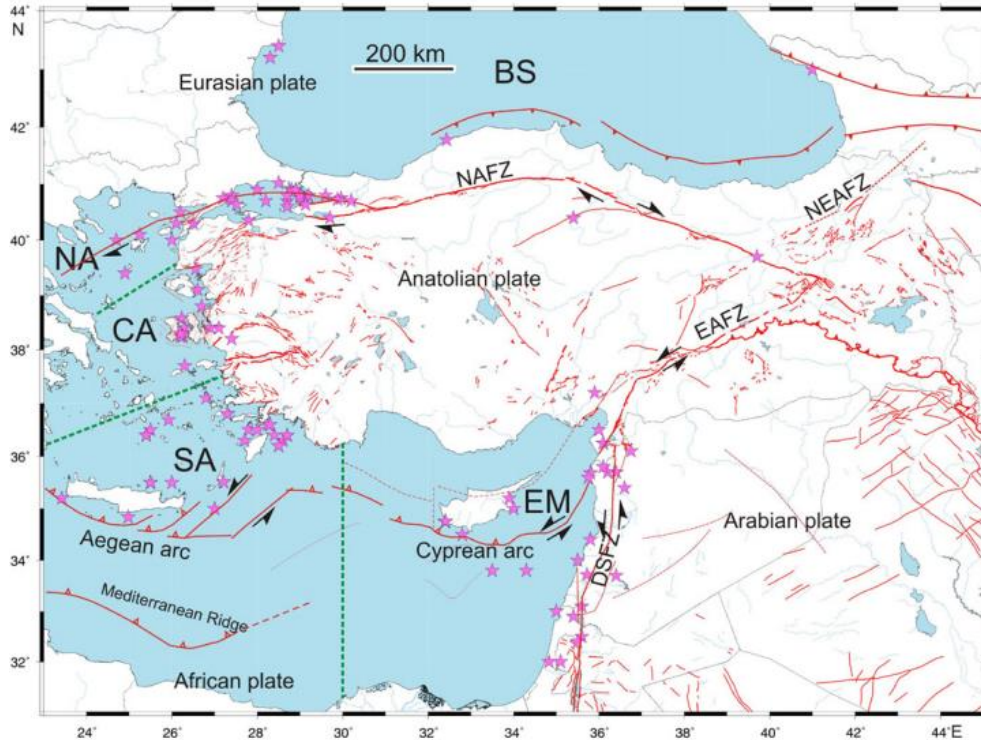
### 3.2. Doğu Akdeniz'deki Sismik Tsunami Kaynakları

Doğu Akdeniz'in aktif tektoniği, temelde Afrika ve Arabistan plakalarının Avrasya plakasına kuzey yönlü hareketine göre şekillenmiştir. Akdeniz Bölgesi'nin sismik kimliği Helen yayı, Ege-Kıbrıs yayı, Ölü Deniz Fayı, Güney Anadolu Fayı ve Kuzey Anadolu Fay Hatlarından oluşmaktadır. Jeolojik araştırmalar ve tarihsel süreçte bölgede gerçekleşmiş sismik olaylar incelendiğinde Akdeniz Havzası'nda yüksek bir sismik aktivite varlığının olduğu görülmektedir.

Aktif litosferik levha hareketleri nedeniyle, Akdeniz Havzası'nda sismik aktiviteler ve volkanizma olayları sıklıkla meydana gelmektedir. Ayrıca, havzanın büyük bir kısmına hâkim olan dik deniz tabanı topoğrafyası nedeniyle kıyı ve deniz tabanı heyelanlarına da oldukça sık rastlanmaktadır. Akdeniz Havzası'nda tsunamiler; depremler, volkanik patlamalar ve heyelanlarla ilişkili olarak tetiklenmektedir. Ancak son zamanlara kadar, Akdeniz'de tsunamilerin gerçekleşmeyeceği, gerçekleşse bile kıyı toplulukları için bir tehdit oluşturmayacağı inancı hakimdir. Felaket tsunamileri hem yerel hem de okyanus ötesi tsunamilerin belgelendiği Pasifik Okyanusu kıyılarında daha

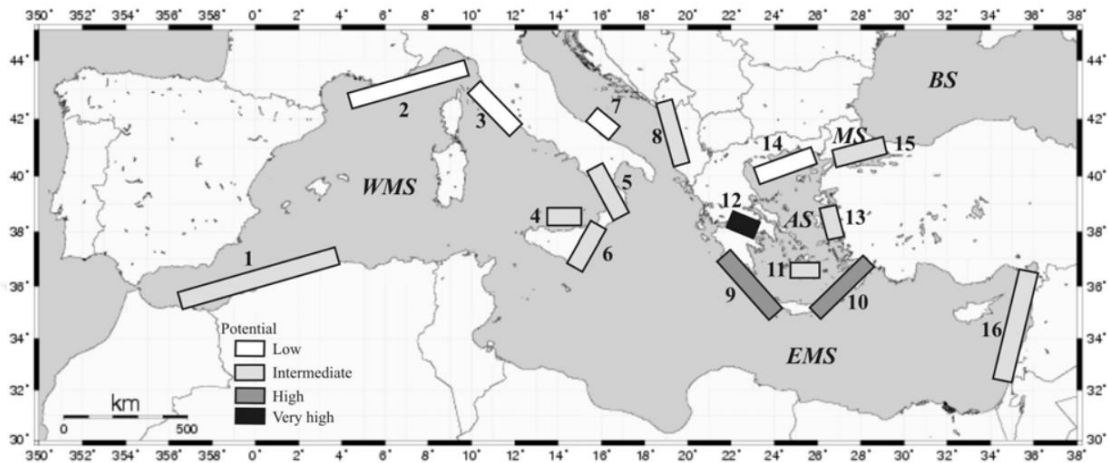
sık görülmektedir. Bu nedenlerle Akdeniz'deki tsunamilerin bilimsel olarak incelenmesi, dünyanın diğer bölgelerine kıyasla uzun süre ihmal edilmiştir. Akdeniz için tsunami kataloglarını derlenmesi, sayısal dalga modelleme ve tsunami tehlike değerlendirme alanlarında bazı ilerlemelerin kaydedilmesine 1960'lı yıllarda başlanmıştır. 1990'ların başlangıcı, Akdeniz Bölgesi'nde ve genel olarak Avrupa'da tsunami bilimi için önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bir dizi iyi koordine edilmiş tsunami araştırma projesinin bir sonucu olarak, Akdeniz Bölgesi'nde tsunami bilimi, teknolojisi ve risk azaltmanın tüm yelpazesinde büyük ilerleme kaydedilmiştir (Papadopoulos ve Fokaefs 2005).

İlk ulusal deprem-tsunami katalogları 1980'lerin başında derlenirken, en güncel tsunami katalogları Avrupa projelerinin ürünleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada gerçekleştirilen çalışmalardan Avrupa Birliği projeleri GITEC (Avrupa Kıyılarında Tsunamilerin Oluşumu ve Etkisi) ve TRANSFER (Avrupa Bölgesi İçin Tsunami Riski ve Stratejileri) oluşumları tsunamilerin kataloglanması derlenmesi ve parametrelendirmesi için bütünleştirici organizasyonlar olmuş, verilerin toplanmasında ve geliştirilmesine önemli katkılar sağlamıştır. Bu veri kataloğu Altınok ve ark., 2011 tarafından ülkemiz kıyıları üzerinden revizyon edilmiş geliştirilmiş ve güncellenmiştir. Şekil 3.7. geçtiğimiz 3500 yılda Türkiye kıyılarını ciddi şekilde etkileyen 134 olayı içermektedir.



Şekil 3.7. Yıldızlı konumlar tsunamilerin kaynak konumlarını göstermektedir (Altınok ve ark., 2011)

Tarihsel süreçte Akdeniz Havzası'nda meydana gelmiş tsunamileri tetikleyen sismik kaynaklarının haritasını, bunların meydana gelme sıklığını ve tsunami oluşturma potansiyelleri Papadopoulos ve Fokaefs (2005) tarafından derlenmiştir (Şekil 3.8.). Her bir bölgenin tsunami potansiyeli, tsunamilerin oluşma sıklığı ve yoğunluğuna göre göreceli bir ölçekte sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.8. Akdeniz Havzası'nın potansiyel tsunami kaynak bölgeleri (Papadopoulos ve fokaefs 2005)

### 3.3. Tsunami Parametrelerinin Derlenmesi

Akdeniz Havzası'ndaki tarih boyunca gerçekleşmiş tsunami olaylarının araştırılması, oluşturulacak simülasyon modelin doğru, güvenilir sonuçlar vermesi bakımından önemlidir. Doğu Akdeniz Havzası'ndaki geçmişteki tsunami hareketleri araştırıldığında Akdeniz Bölgesi'nde 3000 yıldan fazla süredir depremler, volkanik patlamalar ve deniz tabanı heyelanları kaynaklı tsunamiler meydana geldiği kanısına ulaşılmaktadır.

Akdeniz Havzası'ndaki fay oluşumlarından uygulama bölgesini tehdit eden aynı zamanda tarihsel süreçte büyük depremler üretmiş olan Ege-Kıbrıs fay hattı deprem üreten fay olarak belirlenmiştir. Ege-Kıbrıs fay hattı, Türkiye'nin güney kıyısında İskenderun Körfezi, Kıbrıs'ın kuzeyi ve Antalya arasında içbükey bir kavis yaparak Girit Adası'nın güneyinden geçmekte ve kuzeydoğu yönünde Rodos Adası'nın güneyinden Fethiye Körfezi'ne doğru uzanmaktadır (Şekil 3.9.). Uygulama senaryoları için sismik aktivite başlangıcı Ege-Kıbrıs fay hattı olarak belirlenmiş ve uygulama senaryoları bu fay hattı üzerindeki sismik aktiviteler üzerinden canlandırılmıştır.



Şekil 3.9. Uygulama bölgesi ve Ege-Kıbrıs Yayı

Uygulama süreci üç temel aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalardan birincisi uygulama bölgesine ait batimetrik ve sismik verilerin elde edilmiştir. İkinci aşamada tsunami senaryolarının canlandırılması ve analizi tamamlanmıştır. Son aşamada ise potansiyel su baskını bölgelerinin haritalaması sağlanmıştır.

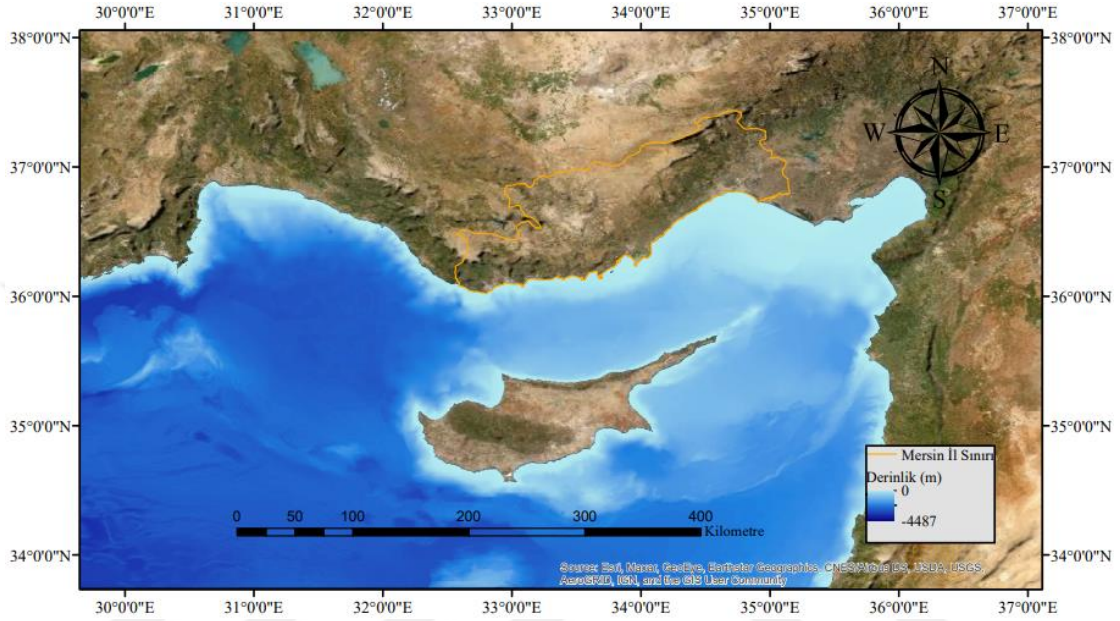
Akdeniz'e 20'den fazla ülkenin kıyısı bulunmaktadır. Akdeniz kıyıları, turizm sezonunda iki katına çıkan 150 milyondan fazla nüfusa ve birlikte küresel deniz ticaretinin (hacim olarak) yaklaşık %30'unu oluşturmakta ayrıca 450'den fazla liman ve terminale ev sahipliği yapmaktadır. Akdeniz Havzası Avrupa'nın ana gövdesinden, güneye doğru inen İber, İtalya ve Balkan yarımadalarının oluşturduğu düzensiz ve çıkıntılı bir kıyı şeridinde sahiptir. Akdeniz Havzası'nın coğrafyası çok sayıda ada, tektonik blok, deniz tabanı sırtı, zirvesi ve deniz tabanı volkanlarını barındırmaktadır.

Akdeniz'deki en büyük adalar Sicilya, Sardunya, Korsika, Kıbrıs ve Girit'tir. Akdeniz'de konumlanan başlıca ada grupları ise İspanya kıyılarındaki Balear Adaları, Yunanistan'ın batısında yer alan İyonya Adaları, Ege Denizi'nde yer alan Kiklad Adaları ve On iki Adalardır. Ebro, Rhone, Po ve Nil Nehirleri Akdeniz'e akan başlıca nehirlerdir. Yalnızca Doğu Tunus'tan Sina Yarımadası'na kadar uzanan ve çoğunlukla çöllerle sınırlanan kıyı ovalarında dağ yoktur. Bu bölge dışında kıyı şeritleri nehirlerin oluşturduğu delta bölgeleri dışında, çoğunlukla sıradağlarla çevrilidir. Bu sıradağlardan bazıları Atlas, Rif, Baetic Cordillera, Pireneler, Alpler, Balkanlar ve Toroslardır.

Akdeniz, batıda Atlantik Okyanusu'ndan doğuda Asya kıtasına kadar uzanmakta ve Avrupa'yı Afrika'dan ayırmaktadır. Havzasının en derin noktası 5,267 metre, ortalama derinliği ise 1,460 metredir. Genel itibariyle Doğu Akdeniz Havzası, Batı Akdeniz



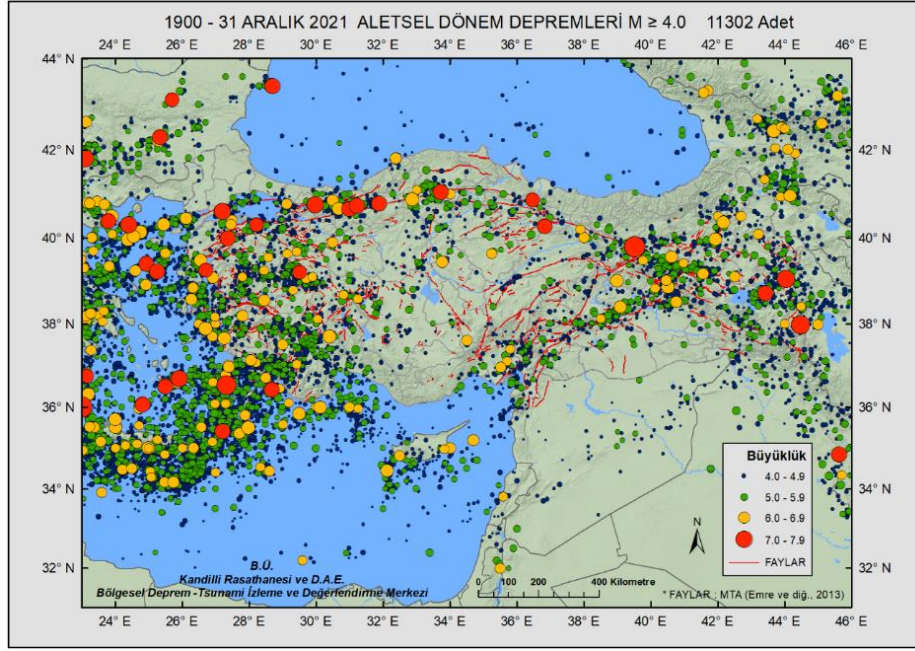
Havzası'na göre daha derindir. Akdeniz, dar kıta sahanlıklarına ve geniş bir açık deniz alanına sahiptir (Şekil 3.10.). Bu nedenle, Akdeniz Havzası'nın büyük bir kısmı derin deniz olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca Akdeniz Havzası'nın alanı 2,6 milyon kilometre kareye kadar uzanmaktadır ve dünyadaki en büyük iç deniz olma özelliğini taşımaktadır (URL 16).



Şekil 3.10. Doğu Akdeniz Havzası batimetri haritası ve Mersin İli sınırları (USGS)

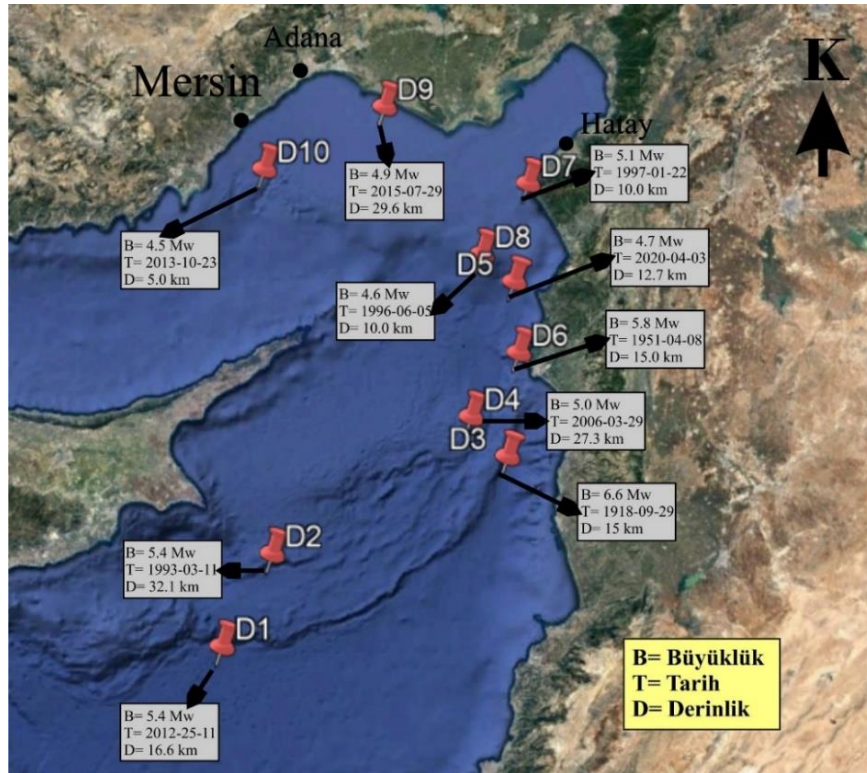
Çalışmada gerçekleştirilen uygulamanın temeli sismik kaynak ile tetiklenen tsunamiler üzerine kurulmuştur. Bölgede tarihsel süreçte meydana gelmiş deprem aktivitelerinin verileri, çeşitli büyüklükteki depremlerin yerlerini ve dolayısıyla tsunami kaynaklarının olası konumlarını tahmin etmelerine yardımcı olabilmektedir. Bölgede meydana gelen depremlerin oluşum parametreleri sayesinde en kötü durum senaryoları belirlenebilmektedir.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü verilerine göre 1900-2021 yılları arasında Türkiye ve çevresinde sismik ölçümlere göre meydana gelen depremler Şekil 3.11.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. 1900-2013 yılları arasında Türkiye ve çevresindeki sismik aktiviteler (URL 17)

Depremlerin yoğunlaştığı bölgeler tespit edilmiş ve 1900'lü yıllardan günümüze kadar uygulama bölgesi yakınlarında meydana gelmiş 10 farklı deprem incelenmiştir (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. Uygulama bölgesi yakınlarında meydana gelmiş depremlerden bazıları (Mw>4.5, 1900-günümüz) (URL 18)

Tarihsel süreçte bölgede meydana gelmiş depremler TRANSFER projesinin yayınladığı verilerden edinilmiştir. Veri kataloğunda 1900'den bu yana Akdeniz'de meydana gelmiş depremlerin merkez üslerinin dağılımı, oluşan tsunamilerin en yüksek ve en düşük dalga boyları, Doğu Akdeniz bölgesindeki ana fay zonları ve deprem parametreleri belirtilmektedir. (Yalçınmer ve ark., 2008). Sismik kaynakların yoğunlaştığı bölgeler 38 farklı gruba ayrılmıştır. TRANSFER projesinden alınan sismik kaynakların konumları ve parametreleri Tablo 3.1.'de verilmiştir. Tabloda L (fay uzunluğu), W (fay genişliği) ve U (fayın dikey yer değiştirmesi) değerleri kilometre cinsinden verilmektedir.

**Tablo 3.1.** TRANSFER projesinin yayınladığı sismik parametreler (URL 19)

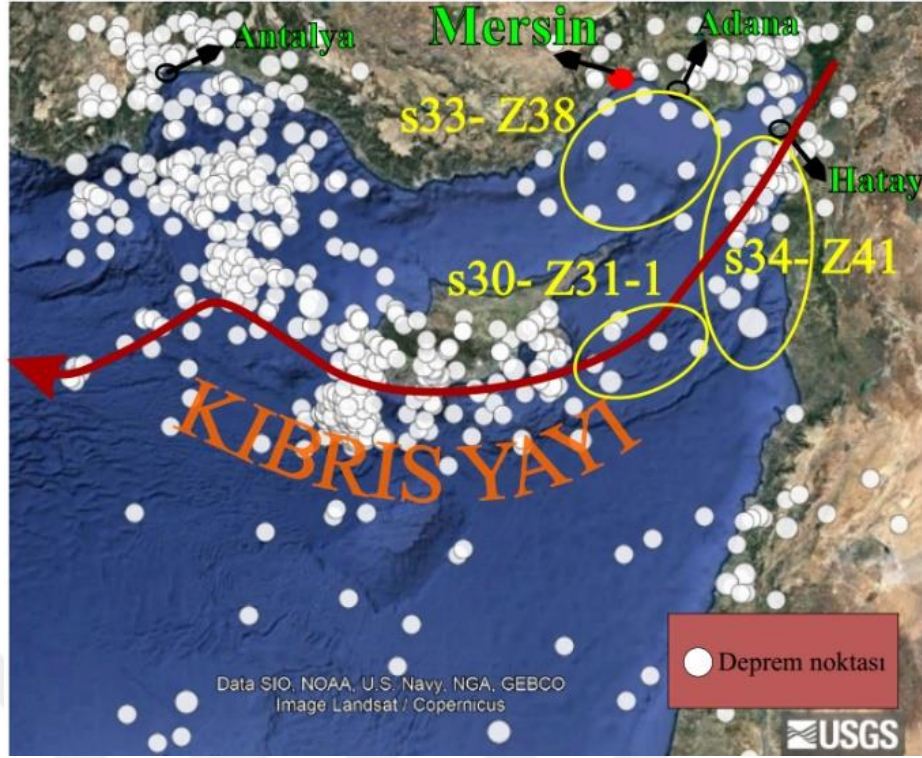
İsim	Fay Tipi	Merkez	Eğim ° (Dip)	Kayma ° (Strike)	Kırılma ° (Strike)	Derinlik (km) (Depth)	Mak(+) dal. yük. (m)	Mak(-) dal. yük. (m)	L	W	U
s01-365	Tanımlı değil	23.45D 35.3K	30	90	315	25	8.1	-0.9	100	90	20
s02-Z04	Tanımlı değil	23.78D 40.83K	5	45	140	10	1.2	-0.2	91.4	12	6
s03-Z10-1	Yanal atımlı	26.40D 40.40K	45	45	245	10	2.1	-0.4	68.3	15	8
s04-Z10-2	Yanal atımlı	25.95D 40.15K	45	45	235	10	2.1	-0.4	82.9	15	8
s05-Z10-3	Yanal atımlı	25.15D 39.75K	45	45	235	10	2.1	-0.4	83.4	15	8
s06-Z10-4	Yanal atımlı	24.50D 39.20K	45	45	200	10	2.1	-0.4	70.4	15	8
s07-Z11-1	Tanımlı değil	27.68D 36.10K	45	45	330	40	1	-0.1	121. 8	40	6
s08-Z11-2	Tanımlı değil	25.32D 36.48K	45	45	60	30	0.9	-0.1	82.6	40	6
s09-Z11-3	Tanımlı değil	24.60D 38.00K	45	45	150	30	1.1	-0.2	146. 7	30	6
s10-Z12-1	Tanımlı değil	25.76D 35.39K	45	45	330	40	0.9	-0.1	143	30	6
s11-Z12-2	Tanımlı değil	24.70D 36.45K	45	45	330	40	0.9	-0.1	146. 5	30	6
s12-Z14	Normal	25.70D 37.97K	45	45	5	20	1.3	-0.2	65.3	30	6

s13- Z15- 1	Normal	26.20D 38.69K	45	45	85	15	1.1	-0.2	52.3	15	6
s14- Z15- 2	Normal	25.25D 38.53K	45	45	60	15	1.1	-0.2	93.9	15	6
s15- Z17- 1	Yanal atımlı, normal	23.70D 39.02K	45	45	120	10	1.9	-0.3	96.9	30	6
s16- Z17- 2	Yanal atımlı, normal	25.00D 39.40K	45	45	80	10	1.4	-0.2	88	15	6
s17- Z17- 3	Yanal atımlı, normal	27.12D 38.91K	45	45	330	10	1.3	-0.1	104	15	6
s18- Z22	Normal	26.36D 37.64K	45	45	95	20	1.4	-0.2	95.4	3	6
s19- Z24	Yanal atımlı, normal	28.18D 37.09K	45	45	240	40	0.3	-0.1	94.6	10	6
s20- Z25	Normal	26.17D 35.69K	45	45	60	40	1.2	-0.2	111	50	6
s21- Z13- 1	Tanımlı değil	26.41D 34.21K	10	110	240	50	1.3	-0.7	155	60	6
s22- Z13- 2	Tanımlı değil	24.80D 34.32K	10	110	280	50	1.3	-0.8	192	60	6
s23- Z13- 3	Tanımlı değil	22.99D 35.13K	10	110	310	50	1.1	-0.7	110	60	6
s24- Z26- 1	Yanal atımlı, normal	27.88D 35.33K	10	110	240	50	1.3	-0.7	169	60	6
s25- Z26- 2	Yanal atımlı, normal	29.00D 36.66K	10	110	210	50	1.3	-0.8	174	60	6
s26- Z28	Yanal atımlı	29.77D 35.69K	45	45	60	40	0.9	-0.1	72.1	40	6
s27- Z29- 1	Yanal atımlı	27.78D 34.20K	45	45	60	40	1.1	-0.2	136	40	6
s28- Z29- 2	Yanal atımlı	28.48D 35.16K	45	45	60	40	1	-0.2	122	40	6
s29- Z30	Yanal atımlı	32.98D 33.83K	45	45	330	40	1.1	-0.2	149	40	6
s30- Z31- 1	Tanımlı değil	33.79D 34.68K	45	45	60	40	1.1	-0.2	137	40	6
s31- Z31- 2	Tanımlı değil	33.09D 34.33K	45	45	60	40	0.9	-0.1	72.5	40	6
s32- Z32	Yanal atımlı	32.10D 35.40K	45	45	305	20	1.6	-0.2	156	40	6

s33- Z38	Yanal atımlı	34.41D 36.13K	45	45	45	40	1	-0.1	106	40	6
s34- Z41	Yanal atımlı, normal	35.70D 35.07K	45	45	5	40	1.1	-0.1	176	40	6
s35	Tanımlı değil	28.46D 34.45K	27	99	294	7.5	1.8	-0.2	126	63	3.6 5
s36	Tanımlı değil	28.43D 36.07K	47	262	184	7.5	0.2	-1.5	184	50	2.9
s37	Tanımlı değil	28.39D 35.82K	25	90	303	7.5	1.3	-0.3	91	45	2.7
s38	Tanımlı değil	28.40D 35.50K	20	90	55	7.5	2.4	-0.7	190	90	5

Tarihte Doğu Akdeniz Havzası'nda meydana gelmiş depremler bir diğer veri paylaşım platformu olan USGS (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu) Web servisinden edinilmiştir. USGS organizasyonun çalışmaları biyoloji, coğrafya, jeoloji ve hidroloji disiplinlerini kapsamaktadır. USGS, bir bilgi toplama, derleme ve araştırma kuruluşudur. USGS'nin web servisinde yayınladığı verilere göre Ege-Kıbrıs fay hattı boyunca meydana gelen 1900-günümüz yılları arasında 4 Mw'dan büyük depremler ve TRANSFER projesinden elde edilen Doğu Akdeniz Havzası'nda depremlerin yoğunlaştığı bölgeler Şekil 3.13.'te verilmiştir. Beyaz noktalar ile ifade edilen konumlar deprem noktalarını, sarı ile çevrilmiş alanlar ise (s33-Z38, s34-Z41, s30-Z31-1) uygulama bölgesi yakınlarında TRANSFER projesinin yayınladığı tsunami tetikleyen potansiyel depremlerin yoğunlaştığı konumlardır.





**Şekil 3.13.** 1900-Günümüz yılları arasında Akdeniz Havzası'nın doğusunda meydana gelmiş depremler ( $M_w > 4$ ) ve bu depremlerin yoğunlaştığı sahalar

Ege-Kıbrıs yayı fay hattının doğusunda yoğunlaşan sarı renk ile sınırlandırılan sismik aktivite sahalarında meydana gelen depremlerin konumları olası depremlerin parametrelerinin belirlenmesinde referans olarak kullanılmıştır. Bu üç bölgeye ilişkin sismik kaynak parametreleri Tablo 3.2.'te verilmiştir.

**Tablo 3.2.** Uygulama bölgesi yakınlarında yoğunlaşan sismik aktiviteler (URL 19)

İsim	Fay Tipi	Merkez	Eğim ° (Dip)	Kayma ° (Strike)	Kırılma ° (Strike)	Derinlik (km) (Depth)	Mak (+) dal. yük. (m)	Mak (-) dal. yük. (m)	L	W	U
s30-Z31-1	Tanımlı değil	33.79D 34.68K	45	45	60	40	1.1	-0.2	137	40	6
s33-Z38	Yanal atımlı	34.41D 36.13K	45	45	45	40	1	-0.1	106	40	6
s34-Z41	Yanal atımlı, normal	35.70D 35.07K	45	45	5	40	1.1	-0.1	176	40	6

### 3.4. Tsunami Modelleme

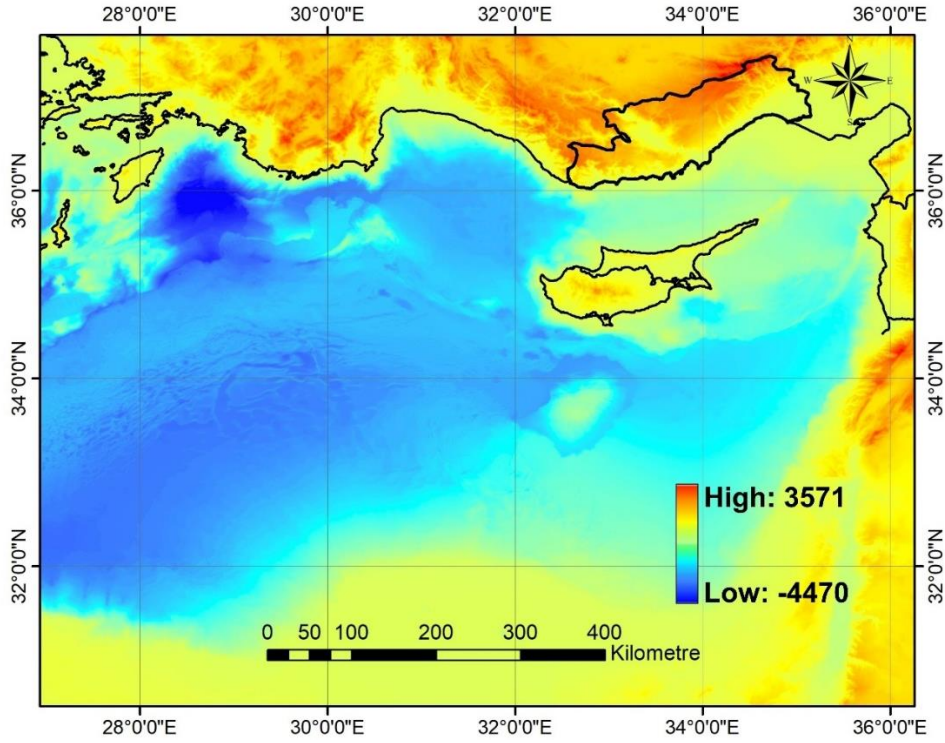
Tsunami simülasyonları, tsunami oluşumunu, yayılmasını ve su baskınına modelleyebilir, simülasyon sonuçlarını görselleştirilebilir. DELFT3D, akarsu, nehir ve kıyılarda hidrodinamik, tortu hareketleri, akarsu morfolojisi ve su kalitesini araştırmak için geliştirilmiş Hollanda menşeli MATLAB tabanlı bir yazılımdır. Hollanda, ABD, Hong Kong, Singapur, Avustralya, Venedik gibi dünyanın pek çok yerinde kullanılmaktadır.

Tsunami, gelgit ve meteoroloji kaynaklı su akışı, su çekilmesi, su basması, düzensiz sıcaklık ve tuzluluk konsantrasyonu nedeniyle yoğunluk nedeniyle gerçekleşen akışlar, su akışı nedeniyle maddelerin taşınması, arazi ıslahı, dalgakıranlar ve bentler gibi mühendislik işlerinin hidrodinamik analizleri, elektrik üretim santralinden çıkan soğutma suyunun termal devirdaimi DELFT3D'nin uygulama alanlarından birkaçıdır (URL 20)

Açık kaynak kodlu olarak kullanılabilen DELFT3D, araştırmalar sonucunda yenilikçi ileri modelleme teknikleri ile sürekli olarak geliştirilmekte ve geliştirilmektedir. DELFT3D tsunamilerin simülasyonu, görselleştirilmesi, tsunami oluşum ve yayılma mekanizmalarının anlaşılması ve araştırılması için de kullanılmaktadır. Çeşitli okyanus ve denizlerdeki tsunamilerin modellenmesi için dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Belirlenen sismik parametrelere göre sismik kaynağın tetiklediği tsunami dalgaları oluşturulmakta ve simülasyon sırasında tsunaminin denizin durumunun görselleştirmesini sağlamaktadır. DELFT3D aynı zamanda seçilen zaman aralıklarında akım hızlarının ve yönlerinin dağılımlarını, sürüklenme ve çarpma kuvvetlerine göre bağlı hasar seviyelerini hesaplamakta denizin durumunu canlandırmaktadır. Tsunami simülasyonunda doğru ve güvenilir uygulamalar için yüksek güvenilir tsunami kaynak verileri (tsunami kaynak parametreleri) ve doğru batimetrik-topografik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Deniz tabanının derinliğini ve şeklini bilmek, tsunami tahmini için esastır. Çünkü tsunaminin yayılımı, dalga yükseklikleri ve dalga hızları deniz tabanı coğrafyasından büyük ölçüde etkilenmektedir.

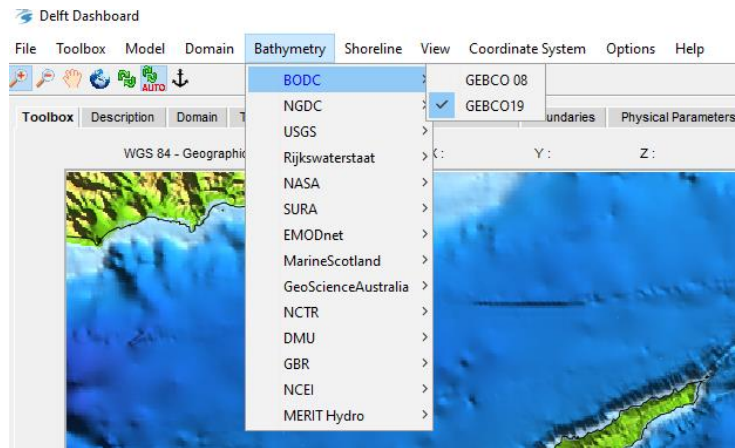
DELFT3D Yüksek çözünürlüklü batimetri haritalarını GEBCO (okyanusların genel batimetrik haritası) veri kaynağında temin edilmektedir. GEBCO okyanusların batimetrik verilerinin yayınlandığı evrensel bir projedir. GEBCO uzun yıllardır dünya okyanusları üzerinde araştırma yapan araştırmacılar için veri sağlayıcısı konumundadır. GEBCO'nun amacı, dünya okyanuslarının harita verilerini halka açık olarak güvenilir bir şekilde yayınlamaktır. Uluslararası Hidrografi Örgütü (IHO) ve Uluslararası Oşinografi

Komisyonu'nun (IOC) ortak himayesi altında faaliyet göstermektedir. Tsunami modellemede GEBCO 2019 batimetri verisi kullanılmıştır. GEBCO 2019, 15 saniyelik mekansal çözünürlüğe sahip sürekli, küresel bir arazi modelidir. GEBCO servisinden edinilen Doğu Akdeniz'in batimetri haritası Şekil 3.14.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Doğu Akdeniz batimetri haritası (GEBCO-2019)

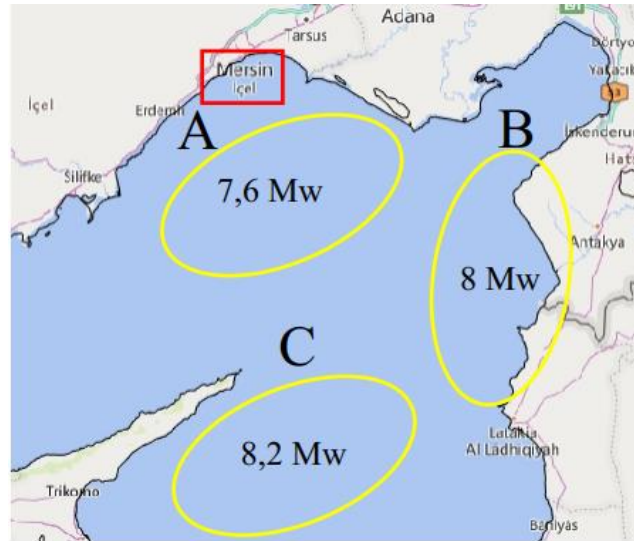
Ayrıca DELFT3D kullanıcıya uygulama bölgesine ve istediği çözünürlüğe göre istediği batimetrik veri seçeneğini seçme fırsatı sunmaktadır. DELFT3D'nin otomatik olarak sağladığı diğer batimetrik veri seçenekleri ise Şekil 3.15.'te verilmiştir.



Şekil 3.15. DELFT3D yazılımının sunduğu batimetrik veri seçenekleri



Uygulama bölgesi yakınlarında yoğunlaşan sismik aktiviteler üç farklı senaryoda incelenmiş A, B ve C bölgelerinde tsunami modellemeleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.16.). Uygulama bölgesinde tarihte pek çok tsunaminin olduğu bilinmesine rağmen bu tsunamileri tetikleyen sismik kaynağın parametreleri tam olarak kayıt altına alınamamıştır. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü verilerine göre, tarihte 365 yılında kayda geçen Doğu Akdeniz’de bulunan Girit Adası yakınlarında meydana gelmiş Girit depremi bölgedeki yıkıcı depremler arasında yer almaktadır. Bu depremin ardından oluşan tsunami, özellikle Doğu Akdeniz’e kıyısı olan ülkelerde etkisini göstermiştir. Güney Yunanistan’da yaklaşık 5000 kişi hayatını kaybederken, Sicilya, Kıbrıs, Mısır ve Libya kıyılarında da ciddi hasarlar oluşmuştur. Senaryoların modellenmesi aşamasında uygulama bölgesine yakın bir konumda meydana gelmiş bu depremin moment büyüklüğü (8 Mw) referans olarak alınmış ve uygulama senaryoları bu deprem üzerinden tasarlanmıştır. Tsunami senaryolarının modellenmesi aşamasında her bir durum senaryosu için tespit edilen deprem yoğunlaşma bölgelerinde Ege-Kıbrıs yayı fay hattı kırıkları dikkate alınarak fay çizgileri yazılımda manuel olarak çizilmiştir. Koordinat sistemi WGS-84 (World Geodetic System 1984) olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.16. Sismik kaynakların konumları ve büyüklükleri (magnitüd)

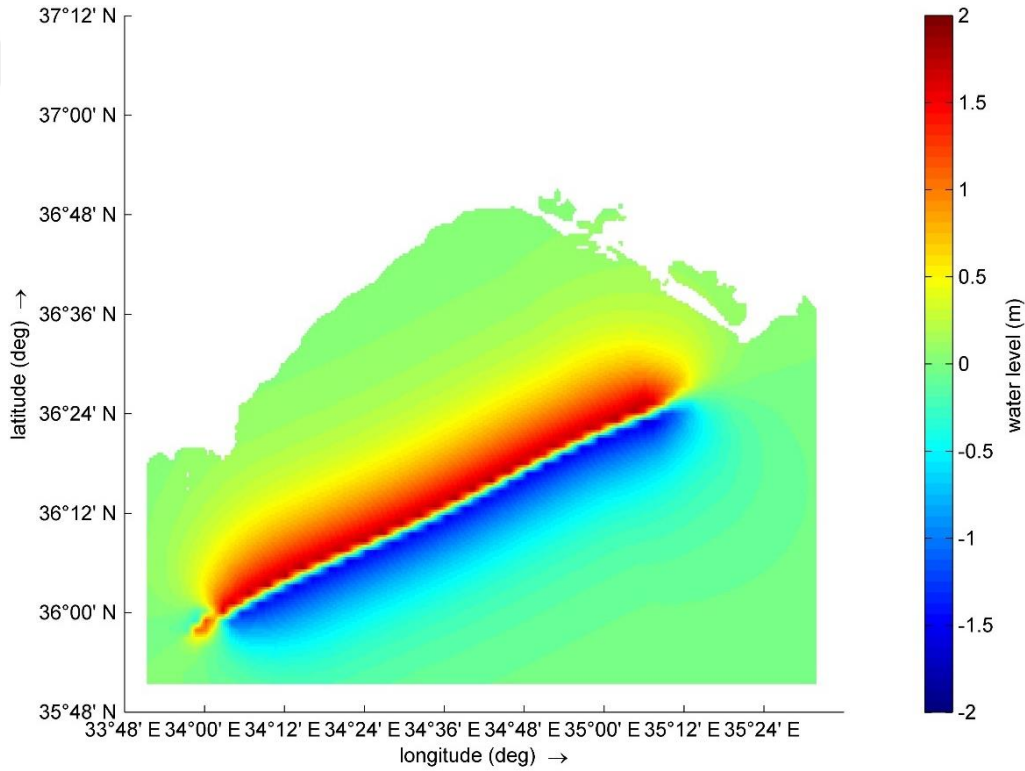
#### 3.4.1. Tsunami modelleme durum “A”

Sismik kaynak bölgesinde üretilen en kötü durum senaryosuna ait depremin parametreleri Tablo 3.3.’te verilmiştir. Sismik kaynağın büyüklüğü 7.6 Mw’dır.

**Tablo 3.3.** Durum “A” için sismik kaynak parametreleri

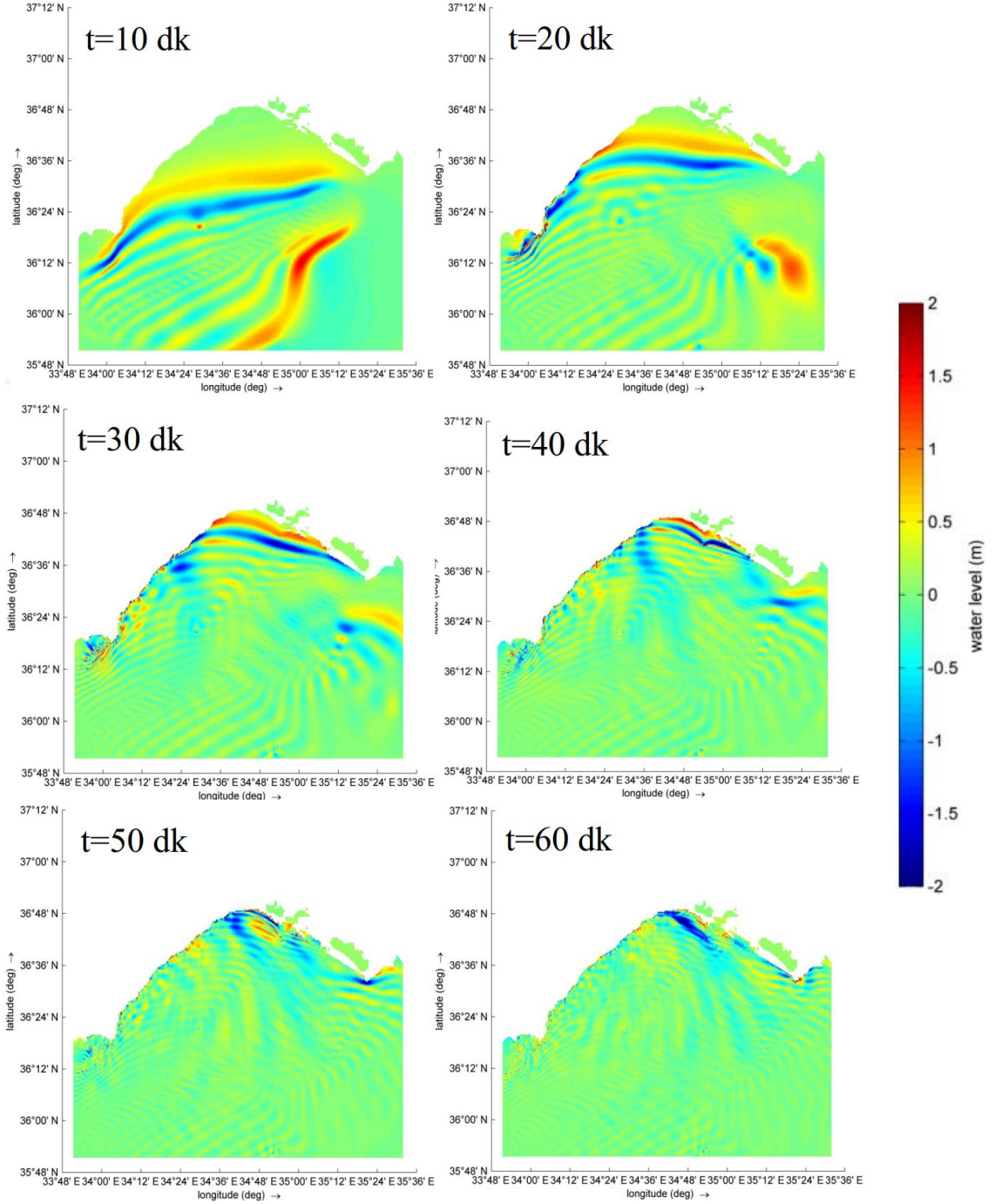
İsim	Fay Tipi	Merkez	Eğim ° (Dip)	Kayma ° (Rake, slip)	Kırılma ° (Strike)	Derinlik (km) (Depth)	L W U		
							L	W	U
A	Yanal atımlı	34.6D 36.2K	90	60	245	5	118	44	2.1

Durum senaryosuna ait oluşan ilk dalga kaynağı ve gösterimi Şekil 3.17.’de verilmiştir. Şekilde kırmızı renk pozitif dalga genliklerini, mavi renk ise negatif dalga genliklerini göstermektedir. İlk dalga kaynağı için maksimum pozitif tsunami dalgası genliği 1.78 metre ve maksimum negatif tsunami dalgası genliği -1.54 metredir.

**Şekil 3.17.** Durum “A” için ilk dalga kaynağının görselleştirilmesi

Durum “A” için tsunami dalgaların yayılımı simüle edilmiştir. Modelleme aşamasında, tsunami simülasyonları 360 dakikalık bir zaman aralığında dalgaların hareketlerini ve yönünü göstermektedir. Her durum için 360 dakikalık dilim içerisinde dalga hareketleri daha detaylı görülmek istendiğinden en yoğun hareketin ve dalga genliğinin görüldüğü ilk bir saatlik kısım altı ayrı zaman diliminde gözlemlenmiştir. Farklı zaman adımlarında denizin durumu Şekil 3.18.'de verilmiştir. Durum “A” için maksimum pozitif tsunami dalgası genliği 1.92 metre ve maksimum negatif tsunami

dalgası genliği - 1.68 metredir. Kıyıya yaklaşan dalgaların yüksekliklerinin arttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 3.18. Farklı zaman dilimlerinde denizin durumu, maksimum dalga genlikleri ve dalgaların yayılımı

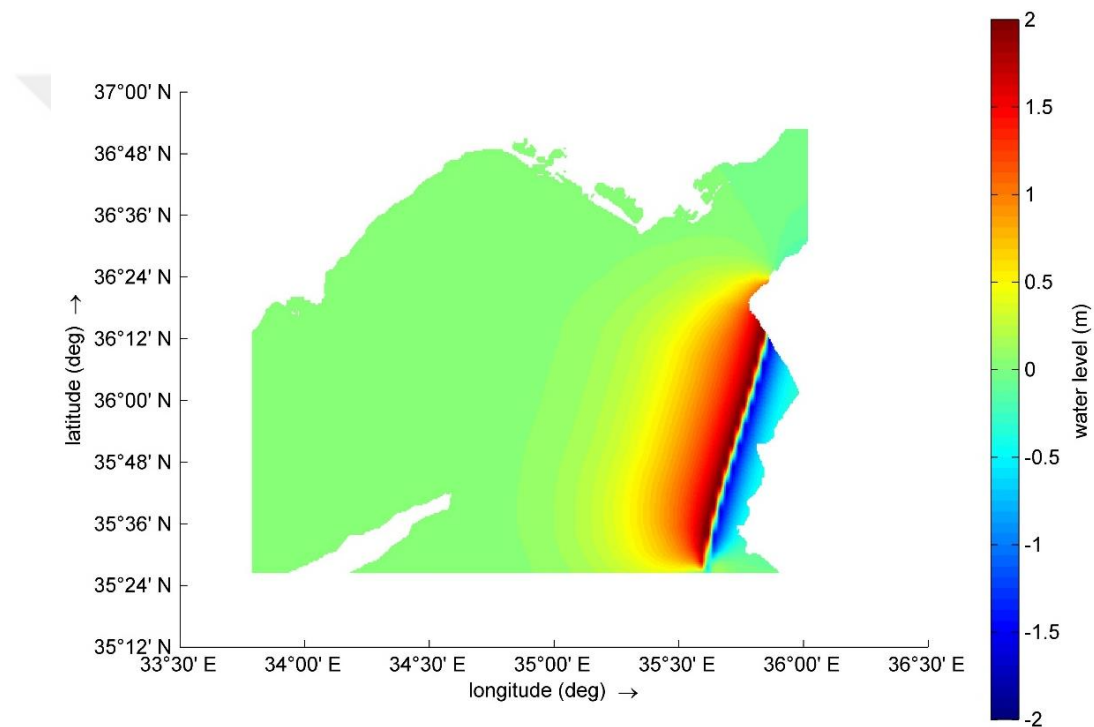
### 3.4.2. Tsunami modelleme durum “B”

Sismik kaynak bölgesinde üretilen en kötü durum senaryosuna ait depremin parametreleri Tablo 3.4.’te verilmiştir. Sismik kaynağın büyüklüğü 8 Mw’dır.

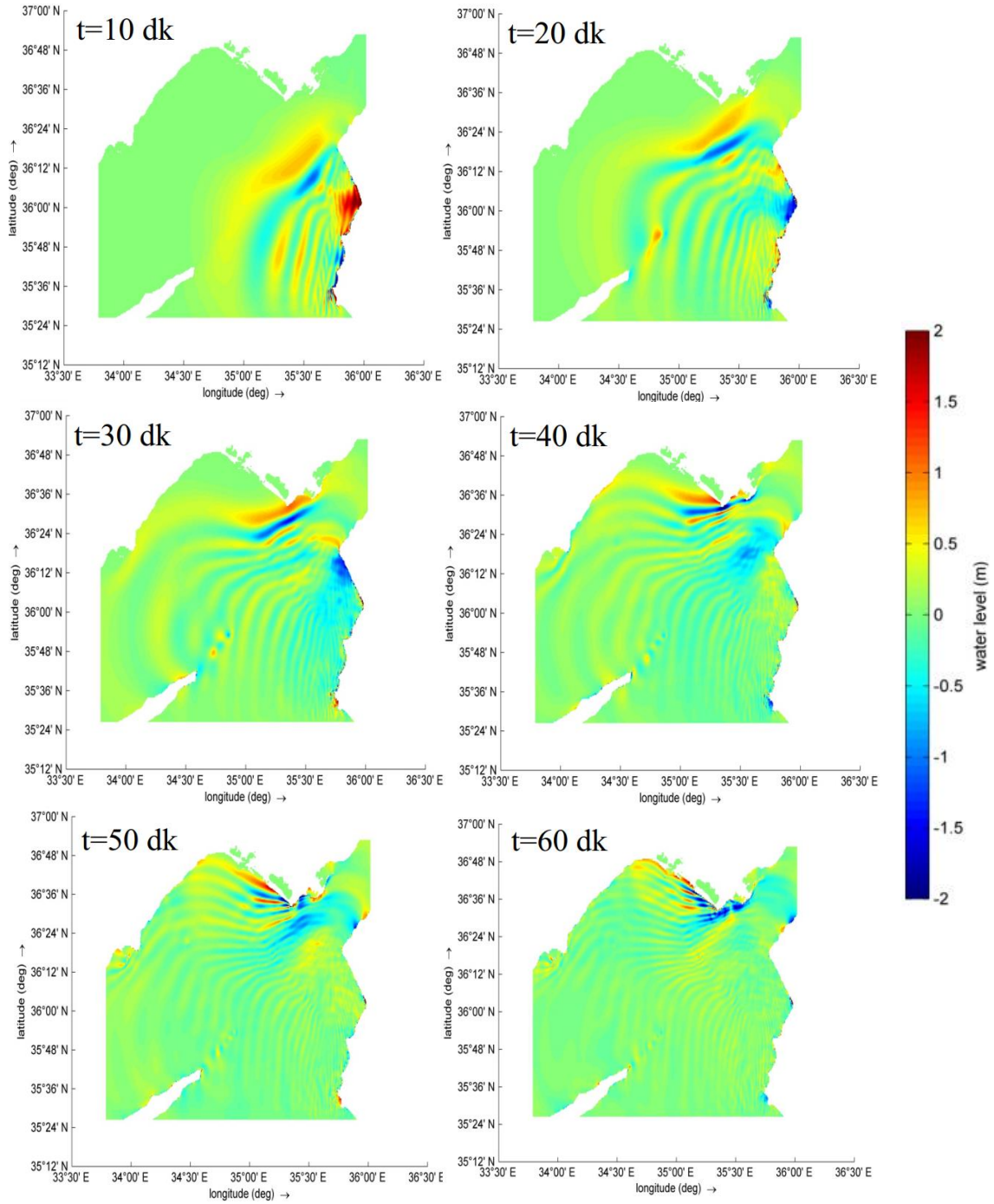
**Tablo 3.4.** Durum “B” için sismik kaynak parametreleri

İsim	Fay Tipi	Merkez	Eğim ° (Dip)	Kayma ° (Rake, slip)	Kırılma ° (Strike)	Derinlik (km) (Depth)	L W U		
							L	W	U
B	Yanal atımlı, normal	34.6D 36.2K	70	45	191	20	190	61	3.2

Durum senaryosuna ait oluşan ilk dalga kaynağı ve gösterimi Şekil 3.19.’da verilmiştir. İlk dalga kaynağı için maksimum pozitif tsunami dalgası genliği 1.68 metre ve maksimum negatif tsunami dalgası genliği -1.56 metredir.

**Şekil 3.19.** Durum “B” için ilk dalga kaynağının görselleştirilmesi

Durum B için oluşan tsunami dalgaların yayılımı görselleştirilmiştir. Farklı zaman adımlarında denizin durumu Şekil 3.20.'de verilmiştir. Durum “B” için maksimum pozitif tsunami dalgası genliği 1.78 metre ve maksimum negatif tsunami dalga genliği ise -1.64 metredir.



Şekil 3.20. Farklı zaman dilimlerinde denizin durumu, maksimum dalga genlikleri ve dalgaların yayılımı

### 3.4.3. Tsunami modelleme durum “C”

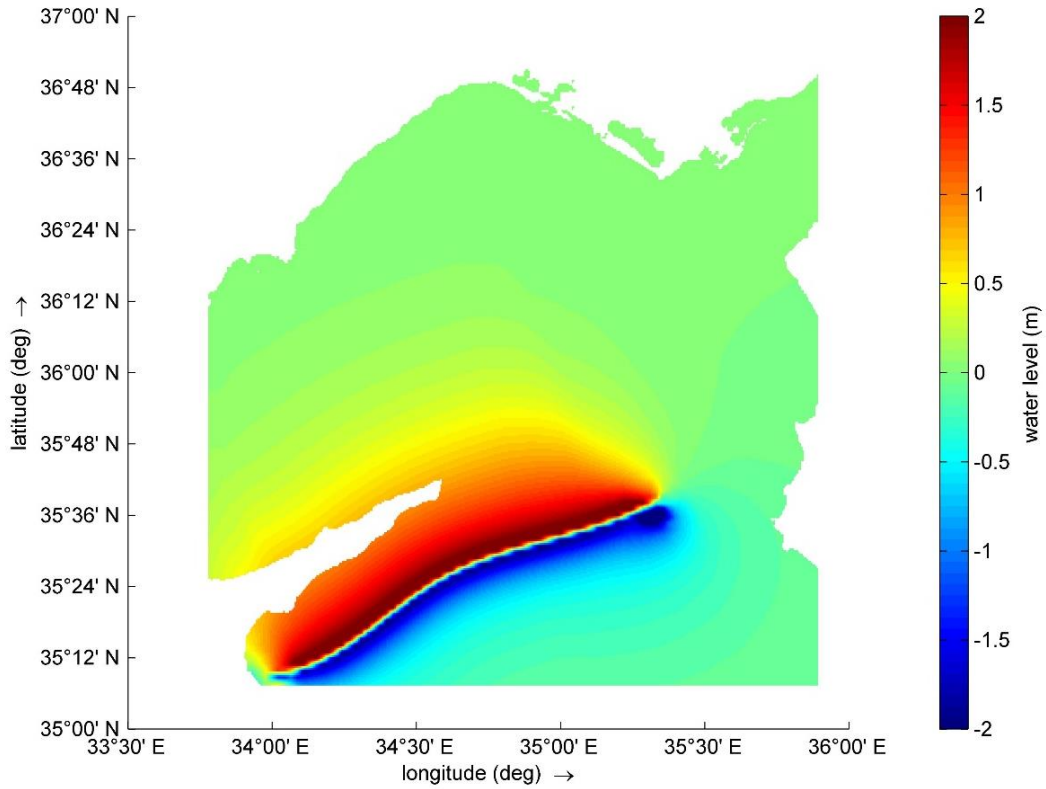
Sismik kaynak bölgesinde üretilen en kötü durum senaryosuna ait depremin parametreleri Tablo 3.5.’te verilmiştir. Sismik kaynağın büyüklüğü 8.2 Mw’dır.



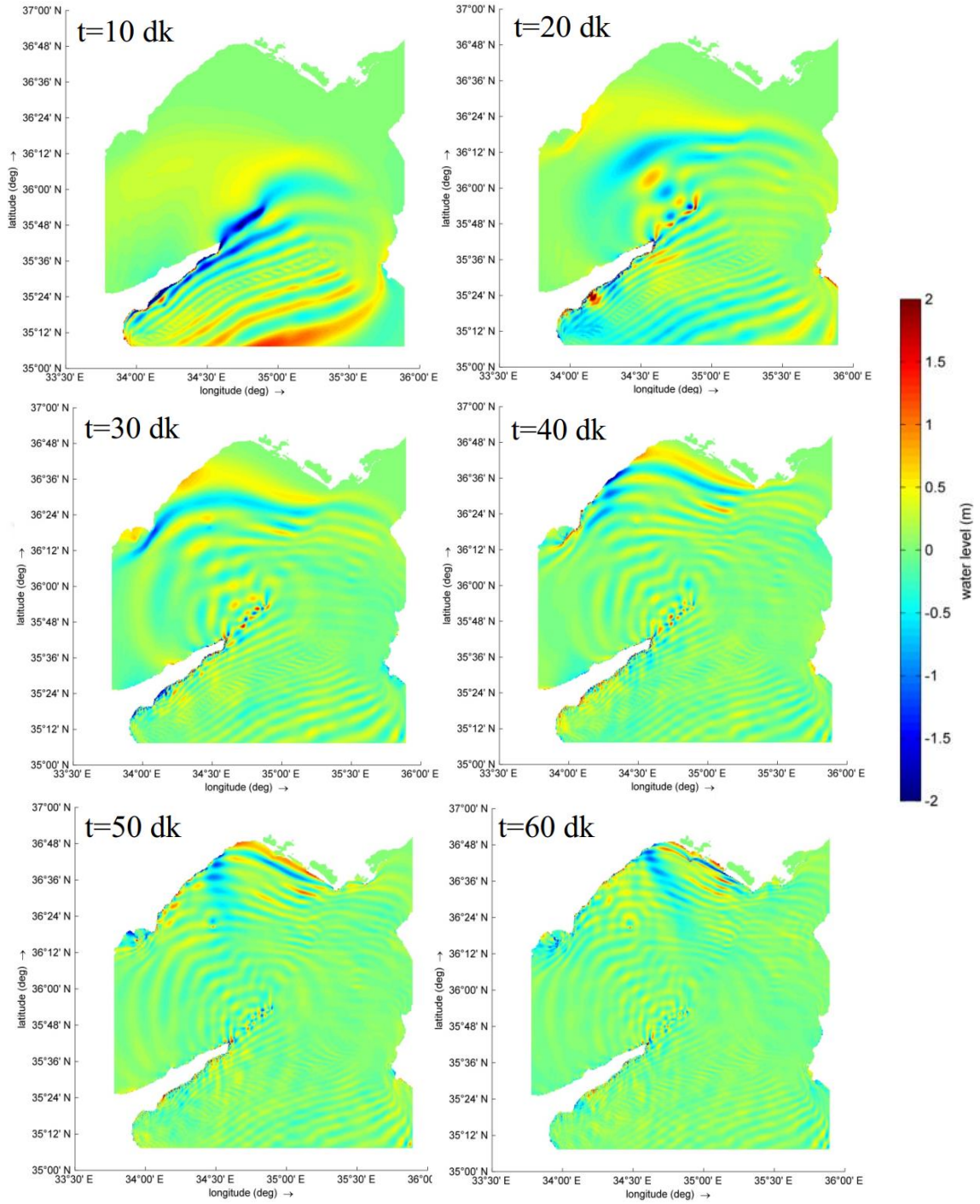
**Tablo 3.5.** Durum “C” için sismik kaynak parametreleri

İsim	Fay Tipi	Eğim ° (Dip)	Kayma ° (Strike)	Kırılma ° (Depth)	Derinlik (km)	L	W	U	
C	Tanımlı değil	33.79D 34.68K	70	40	250	25	250	74	4

Bölgedeki durum senaryosuna ait ilk tsunami dalga kaynağı ve gösterimi Şekil 3.21.'de verilmiştir. İlk dalga kaynağı için maksimum pozitif tsunami dalgası genliği 1.72 metre ve maksimum negatif tsunami dalgası genliği -1.66 metredir.

**Şekil 3.21.** Durum “C” için ilk dalga kaynağının görselleştirilmesi

Durum “C” için oluşan tsunami dalgalarının yayılımı görselleştirilmiştir. Farklı zaman adımlarında denizin durumu Şekil 3.22.'de verilmiştir. Durum “B” için maksimum pozitif tsunami dalgası genliği 1.42 metre ve maksimum negatif tsunami dalgası genliği -1.34 metredir.



**Şekil 3.22.** Farklı zaman dilimlerinde denizin durumu, maksimum dalga genlikleri ve dalgaların yayılımı

Doğu Akdeniz'in belirlenen sismik yoğunlaşma bölgelerinde sismik kaynaklarla tetiklenen tsunamiler modellenmiştir. Senaryo bölgeleri için modelleme sonuçlarında en büyük pozitif, en büyük negatif dalga yükseklikleri ve altı farklı zaman aralığında dalgaların ilerleyişi analiz edilmiştir.

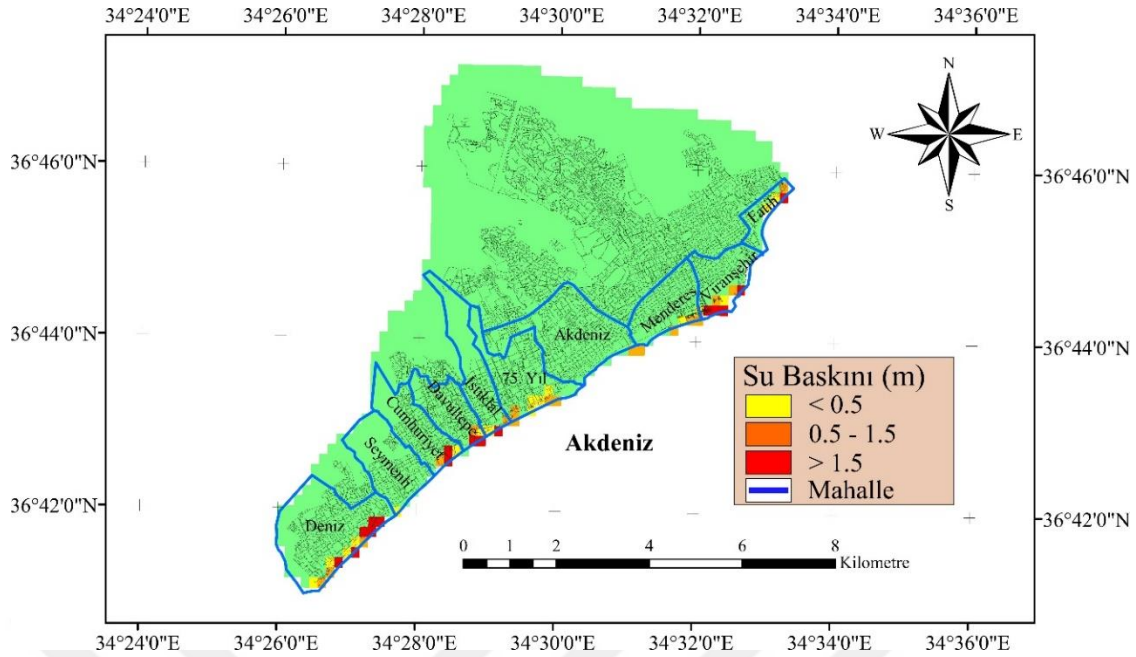
#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Akdeniz Havzası'nda gerçekleşecek olası bir deprem yıkıcı tsunami dalgalarını tetikleyebilmektedir. Bu kapsamda tsunami dalgalarının yol açacağı olası hasarın önceden tahmin edilmesi son derece önemlidir. Bunun için yüksek çözünürlüklü veriler kullanılarak tsunami modellenmesi yapılabilir ve önleme stratejileri geliştirilebilir. Uygulama bölgesinde üç farklı senaryoda ve bölgede, üretilen tsunami dalgalarının yayılışının modellenmesi ve görselleştirilmesi sağlanmıştır. Simülasyonlar sonucunda elde edilen su baskını verileri .tiff uzantısı olarak export edilmiş ve CBS (ArcGIS 10.4) ortamına entegre edilmiştir. Sonuç haritalarının grid aralıklarının mesafeleri 200 metredir. Tsunami potansiyel su baskını haritalarını arazi kullanımlarıyla ilişkilendirmek için, su baskını haritaları üzerine vektörel formdaki 2018 yılı Mersin İli Mezitli İlçesi uygulama imar planı bindirilmiştir. Bu bindirme işlemi, uygulama sahasında bir tsunami afeti gerçekleşmesi durumunda hangi arazi kullanım sınıflarının alansal olarak ne kadar su baskınına maruz kalacağını ortaya koyacaktır. Plandaki su baskını bölgelerindeki kullanım sınıfları tespit edilmiş, suyla teması olan önemli yapılar incelenmiştir.

##### 4.1. Potansiyel Su Baskını Bölgelerinin Tespiti Durum "A"

İlçe bütünündeki kıyı mahallelerinde tsunami dalgalarının yarattığı su basma bölgeleri sınıflandırılmıştır. Kıyı kesiminde kalan ve su baskınından etkilenen 10 mahalle üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Akdeniz Havzası'nda "A" durum senaryosuna göre gerçekleşecek olası sismik aktivitenin ardından tetiklenecek tsunami dalgaları sonucunda Mezitli İlçe bütününe kıyı mahallelerinde toplamda 101.9 hektarlık bir alanda tsunami baskını öngörülmektedir. Bu senaryoya göre Soli-Pompeiopolis Antik Kenti ve kazı alanının yer yer 1.5 metreden fazla su baskınına maruz kalacağı tespit edilmiştir. Durum senaryosu "A" su baskını haritası Şekil 4.1.'de verilmiştir.



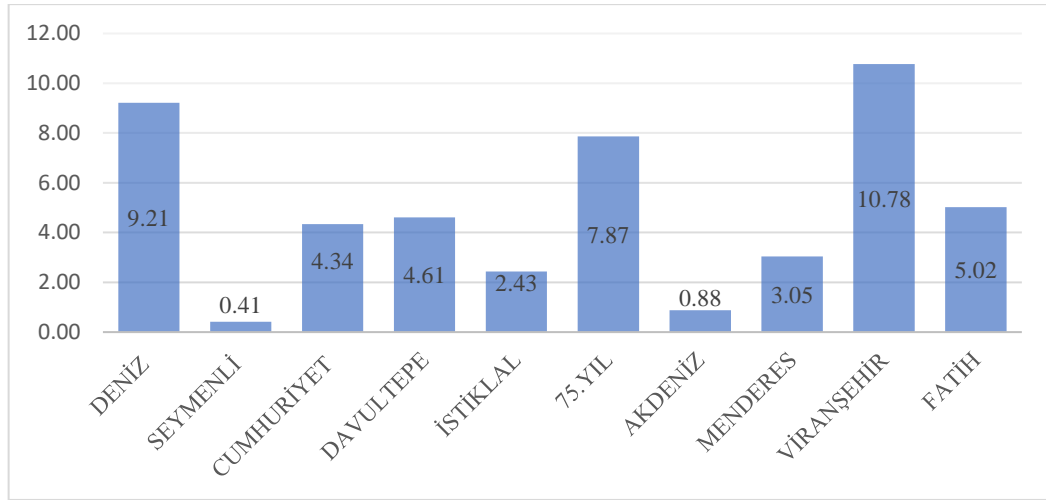


Şekil 4.1. Durum "A" Potansiyel su baskını haritası

Değerlendirme sonuçlarına göre alansal olarak Deniz (%9.21), Viranşehir (%10.78) ve 75. Yıl (%7.87) Mahalleleri en yüksek miktarlarda su baskınları oranlarının gözlemlendiği mahalleler olmuştur. Akdeniz ve Seymenli Mahalleleri ise su baskınından oransal olarak en az etkilenen mahalleler olmuştur. Bu iki mahallede toplam mahalle alanlarına göre sırasıyla %0.43 ve %0.81'lik bir su baskını öngörülmektedir İlçenin mahalle alanlarına göre su baskın alanlarının dağılımı Tablo 4.1. ve Şekil 4.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Mersin Mezitli İlçesi mahalle bazında su basma analizi sonuçları

Mahalleler	Toplam Mahalle Alanı (m <sup>2</sup> )	Su Basma Alanı (m <sup>2</sup> )	Su Basma Alanı (%)
DENİZ	3748901.81	345365.02	9.21
SEYMENLİ	4532886.4	18555.49	0.41
CUMHURİYET	2146247.14	93090.61	4.34
DAVULTEPE	1389923.95	64056.42	4.61
İSTİKLAL	1810901.78	43991.97	2.43
75.YIL	2246487.19	176789	7.87
AKDENİZ	3305038.45	29188	0.88
MENDERES	1624002.12	49458.54	3.05
VİRANŞEHİR	1461750.47	157508.3	10.78
FATİH	654243.37	32850.92	5.02



Şekil 4.2. Mersin Mezitli İlçesi mahalle bazında su basma yüzdesi grafiği

Türkiye İstatistik Kurumu’ndan elde edilen (2019) nüfus verileri ile il bazında kıyı mahalleleri için nüfus yoğunluğu hesaplanmıştır (Tablo 4.2.). En yoğun nüfuslu mahallelerin sırasıyla Menderes, Fatih ve Viranşehir Mahalleleri olduğu tespit edilmiştir. Nüfus yoğunluğu dikkate alındığında bu üç mahalle için hayati, ekonomik ve sosyal risklerin diğer mahallelere oranla daha fazla olacağı gözlemlenmiştir.

Tablo 4.2. Kıyı mahalleri nüfus yoğunlukları

Mahalleler	Nüfus	Toplam Mahalle Alanı (m <sup>2</sup> )	Nüfus Yoğunluğu
DENİZ	11727	3748901.81	0.00313
SEYMENLİ	4974	4532886.40	0.00110
CUMHURİYET	2485	2146247.14	0.00116
DAVULTEPE	2220	1389923.95	0.00160
İSTİKLAL	4454	1810901.78	0.00246
75.YIL	6587	2246487.19	0.00293
AKDENİZ	33768	3305038.45	0.01022
MENDERES	25710	1624002.12	0.01583
VİRANŞEHİR	18052	1461750.47	0.01235
FATİH	9126	654243.37	0.01395

Durum senaryosu “A” için, ilçe genelinde plandaki arazi kullanım sınıflarına göre su baskınına maruz kalacak kullanım sınıflarının alanları Tablo 4.3.’de verilmiştir.

**Tablo 4.3.** Arazi kullanım durumu ve su basma alanları

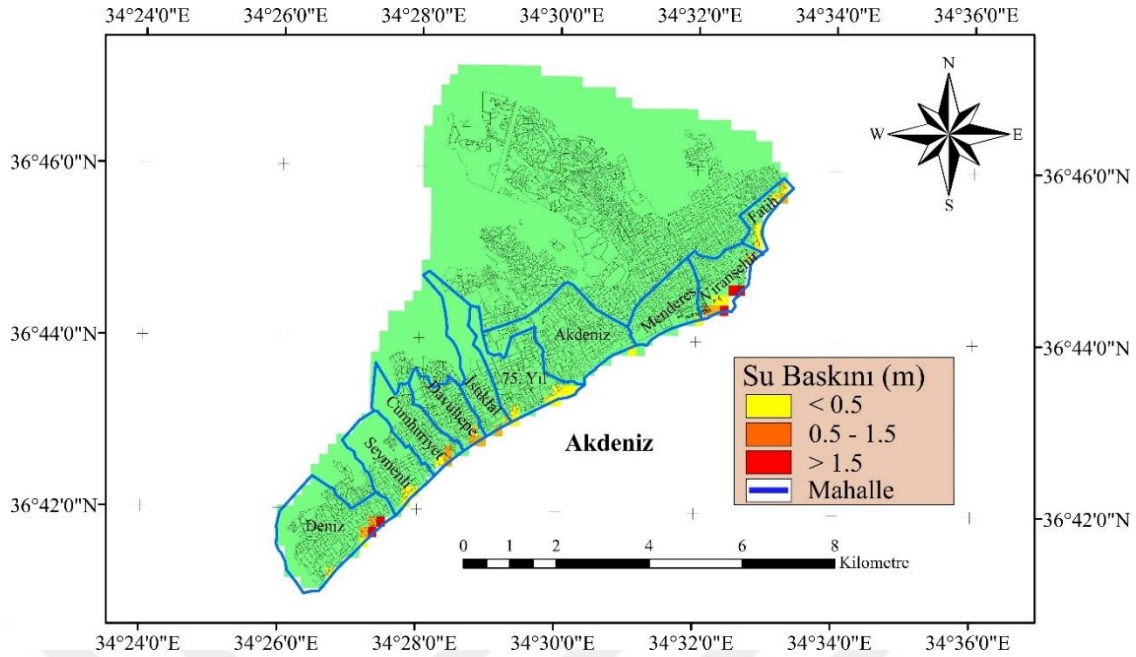
Arazi Kullanımı	Su Basma Alanı (m <sup>2</sup> )
Konut	154304.09
Ticaret	6527.88
Turizm	34347.08
İlkokul	3947.64
Ortaokul	11606.50
Yükseköğretim	11655.17
Resmi kurum	7173.88
Belediye hizmet alanı	6166.29
Günübirlik tesis	20346.34
Açık spor tesisi	35502.30
Doğalgaz basınç düşürme istasyonu	113.36
Trafo	611.43
Akaryakıt	3437.56

Bu senaryoya göre ilçedeki en işlek bulvarlardan biri olan Gazi Mustafa Kemal Bulvarı'nın belirli bölgelerinde suyla temasının gerçekleşeceği gözlemlenmiştir. İlçedeki su basma tehlikesi içerisinde önemli unsurlar Mersin Üniversitesi Denizcilik Meslek Yüksek Okulu, İçişleri Bakanlığı Mahalli İdareler Eğitim Birliği Tesisi, Mezitli İçel Anadolu Lisesi, Vatan koleji Mersin Polis evi vb. yapılarıdır.

Konut sınıfı kullanım durumundaki 15.4 hektar alanın, trafo ve doğalgaz basınç düşürme istasyonları gibi teknik altyapı sınıfı ve akaryakıt gibi yüksek riskli arazi kullanım sınıflarının su ile temasının olası olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca planlanan turizm kullanım sınıfındaki 3.4 hektarlık alanın (yazlık, bungalov ve otel, vb.) olası su basma tehlikesi sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.2. Potansiyel Su Baskını Bölgelerinin Tespiti Durum “B”

Akdeniz Havzası'nda “B” durum senaryosuna göre gerçekleşecek olası sismik aktivitenin ardından tetiklenecek tsunami dalgaları sonucunda Mezitli İlçe bütünüünün kıyı mahallelerinde toplamda 77.37 hektarlık bir alanda tsunami baskını öngörülmektedir. Durum senaryosu “B” su baskını haritası Şekil 4.3.'de verilmiştir.

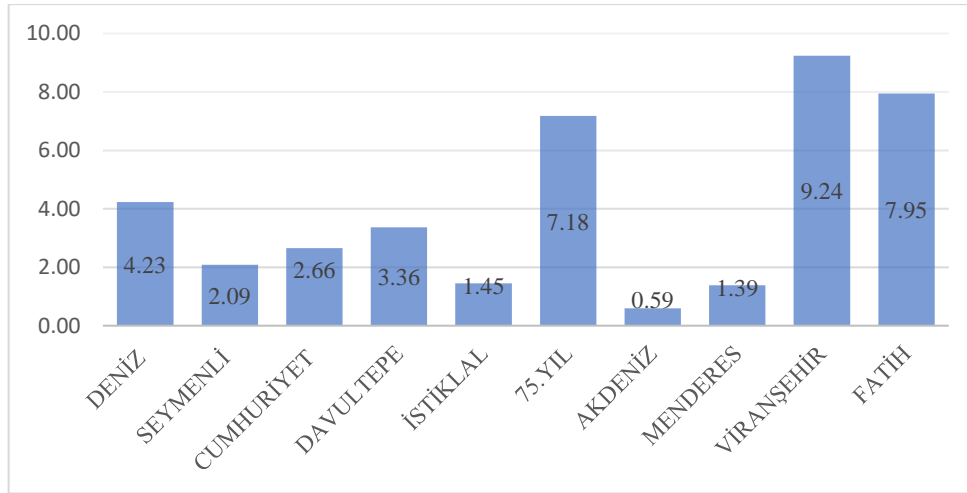


Şekil 4.3. Durum "B" Potansiyel su baskını haritası

Değerlendirme sonuçlarına göre alansal olarak Viranşehir (%9.24) ve Fatih (%7.95), 75. Yıl (%7.18) Mahalleleri en yüksek miktarlarda su baskını oranlarının gözlemlendiği mahalleler olmuştur. Bu senaryoya göre Viranşehir Mahallesinde bulunan Soli-Pompeipolis Antik Kentinin ve kazı alanının su baskınına maruz kalacağı tespit edilmiştir. Akdeniz ve Menderes Mahalleleri ise su baskınından en az etkilenen mahalleler olmuştur. Bu iki mahallede sırasıyla %0.59 ve %1.39 su baskınları oranları öngörülmektedir. İlçenin mahalle alanlarına göre su baskın alanlarının dağılımı Tablo 4.4. ve Şekil 4.4.'te gösterilmektedir.

Tablo 4.4. Mersin Mezitli İlçesi mahalleler bazında su basma analizi sonuçları

Mahalleler	Toplam Mahalle Alanı (m <sup>2</sup> )	Su Basma Alanı (m <sup>2</sup> )	Su Basma Alanı %
DENİZ	3748901.81	158538.5	4.23
SEYMENLİ	4532886.4	94725.7	2.09
CUMHURİYET	2146247.14	57048.39	2.66
DAVULTEPE	1389923.95	46767.9	3.36
İSTİKLAL	1810901.78	26186.47	1.45
75.YIL	2246487.19	161276.54	7.18
AKDENİZ	3305038.45	19610.06	0.59
MENDERES	1624002.12	22532.68	1.39
VİRANŞEHİR	1461750.47	135055.1	9.24
FATİH	654243.37	52004.77	7.95



**Şekil 4.4.** Mersin Mezitli İlçesi mahalle bazında su basma yüzdesi grafiği

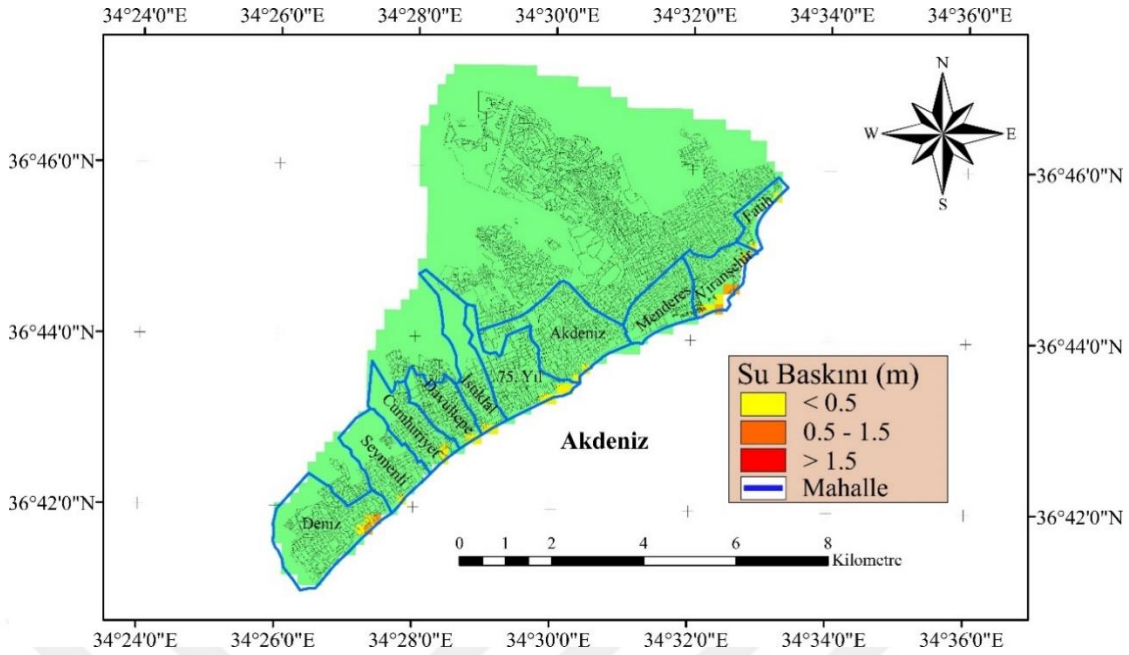
Durum senaryosu “B” ye göre ortaokul arazi kullanımı sınıfında yer alan Mersin İlçel Anadolu Lisesi’nin ve ilkokul arazi kullanım sınıfında yer alan ve Gazi Mustafa Kemal Bulvarı üzerinde konumlanan Vatan Koleji’nin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Konut, ticaret, turizm, ilkokul, ortaokul, belediye hizmet alanı vb. arazi kullanım sınıflarında su baskınına maruz kalması muhtemel alanların miktarları Tablo 4.5.’te verilmiştir.

**Tablo 4.5.** Arazi kullanım durumu ve su basma alanları

Arazi Kullanımı	Su Basma Alanı (m <sup>2</sup> )
Konut	117043.10
Ticaret	4851.25
Turizm	31300.86
İlkokul	3142.64
Ortaokul	9161.85
Belediye hizmet alanı	4984.26
Açık spor tesisi	32049.20
Doğalgaz basınç düşürme istasyonu	344.73
Trafo	634.55
Akaryakıt	3800.39

#### 4.3. Potansiyel Su Baskını Bölgelerinin Tespiti Durum “C”

Akdeniz Havzası’nda Kıbrıs Adası açıklarında gerçekleşecek olası bir depremin ardından tetiklenen tsunami dalgalarının Mersin Mezitli İlçe bütününün kıyı mahallelerinde toplamda 56.16 hektarlık bir alanı etkileyeceği öngörülmektedir. Durum senaryosu “C” su baskını haritası Şekil 4.5.’te gösterilmektedir.

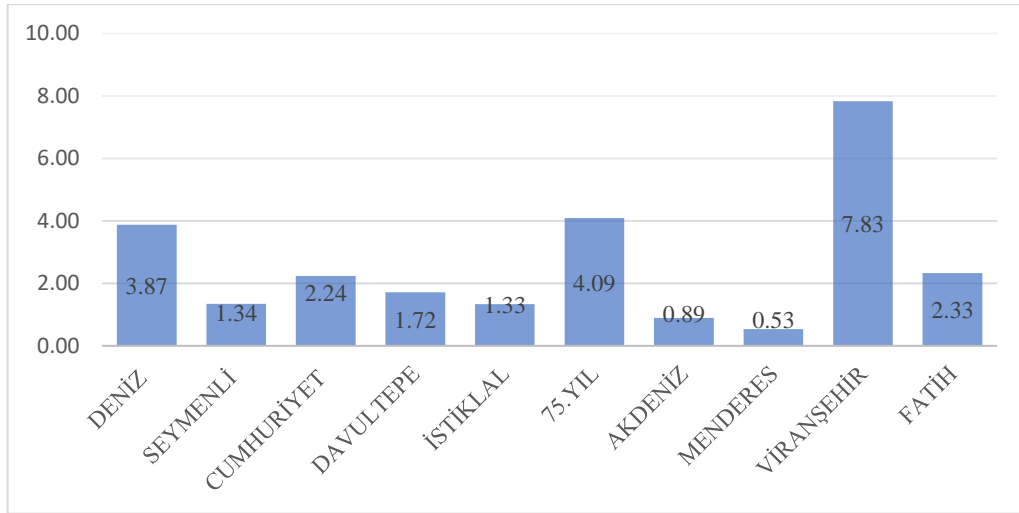


Şekil 4.5. Durum "C" Potansiyel su baskını haritası

Durum senaryosu "C" potansiyel su baskını haritasına göre Mezitli ilçesinin Viranşehir (%7.83), 75. Yıl (%4.09) ve Deniz (%3.87) Mahallelerinde en yüksek oranlarda su baskınları gözlemlenmiştir. Akdeniz ve Menderes Mahalleleri ise toplam mahalle alanlarına göre su baskınından en az etkilenen mahalleler olmuştur. Bu iki mahallede sırasıyla %0.89 ve %0.53 su baskını oranı öngörülmektedir. İlçenin mahalle alanlarına göre su baskın alanlarının dağılımı Tablo 4.6. ve Şekil 4.6.'da gösterilmektedir.

Tablo 4.6. Mersin Mezitli İlçesi mahalleler bazında su basma analizi sonuçları

Mahalleler	Toplam Mahalle Alanı (m <sup>2</sup> )	Su Basma Alanı (m <sup>2</sup> )	Su Basma Alanı %
DENİZ	3748901.81	145159.61	3.87
SEYMENLİ	4532886.4	60737.72	1.34
CUMHURİYET	2146247.14	47998.36	2.24
DAVULTEPE	1389923.95	23890.33	1.72
İSTİKLAL	1810901.78	24149.85	1.33
75.YIL	2246487.19	91880.22	4.09
AKDENİZ	3305038.45	29445.17	0.89
MENDERES	1624002.12	8652.28	0.53
VİRANŞEHİR	1461750.47	114493.7	7.83
FATİH	654243.37	15242.19	2.33



**Şekil 4.6.** Mersin Mezitli İlçesi mahalle bazında su basma yüzdesi grafiği

Potansiyel su baskını haritası incelendiğinde ilçe de çoğunlukla 0.5 metreden az bir seviyede su baskını öngörülmektedir. İlçe genelinde arazi kullanım planındaki su basma alanlarında bulunan ve etkilenen arazi kullanım sınıflarının alanları Tablo 4.7.'de verilmiştir.

**Tablo 4.7.** Arazi kullanım durumu ve su basma alanları

Arazi Kullanımı	Su Basma Alanı (m <sup>2</sup> )
Konut	103035.57
Ticaret	4286.39
Turizm	29026.04
İlkokul	2797.64
Belediye hizmet alanı	3639.97
Açık spor tesisi	21377.20
Trafo	325.71
Akaryakıt	2773.39

Üç farklı durum senaryosu kullanılarak tsunami felaketleri modellenmiştir. Oluşturulan tsunami modelleri üzerinden yapılan analizler sonucunda, üretilen su baskını haritaları incelendiğinde durum senaryosu “A” için; Deniz Mahallesiinde 34.54 hektar, 75. Yıl Mahallesiinde 17.68 hektar, Viranşehir Mahallesiinde ise 15.75 hektar alanın su baskınına maruz kalacağı tespit edilmiştir. Durum senaryosu “B” için; Deniz Mahallesiinde 15.85 hektar, 75. Yıl Mahallesiinde 16.13 hektar, Viranşehir Mahallesiinde ise 13.5 hektar alanın su baskınına maruz kalacağı tespit edilmiştir. Son olarak durum senaryosu “C” için; Deniz Mahallesiinde 14.52 hektar, 75. Yıl Mahallesiinde 9.19 hektar,

Viranşehir Mahallesiinde ise 11.45 hektar alanın su baskınına maruz kalacağı tespit edilmiştir.

Her üç felaket senaryosu sonucunda da Viranşehir Mahallesiinde bulunan Soli-Pompeiopolis Antik Kentinin ve kazı alanının su baskınına maruz kalacağı tespit edilmiştir. Üç durum senaryosu incelendiğinde tsunami dalgalarını tetikleyecek sismik kaynağın uygulama alanına mesafesinin, su basma yüksekliklerini etkilediği tespit edilmiştir. Durum senaryosu “C” için diğer senaryolardan daha kuvvetli ( $M_w = 8.2$ ) ve yıkıcı bir deprem üretilmiştir. Ancak bunun aksine tsunami dalgalarının boyları, su baskını alanlarının ve yüksekliklerinin diğer senaryolara oranla daha az miktarlarda olduğu gözlemlenmiştir.





## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemiz sahip olduğu topoğrafik yapı, jeolojik özellikler ve değişken iklim özelliklerinin etkisiyle doğal afetlerin yoğun olarak gözlemlendiği ülkelerden biridir. Ülkemizin çeşitli bölgelerinde deprem, heyelan, sel kuraklık gibi doğal afetler sıklıkla görülmekte, afetler normal yaşamı olumsuz etkileyerek sosyal, ekonomik ve çevresel kayıplara yol açmaktadır.

Afet yönetimi, insan hayatı başta olmak pek çok alanda yıkıma yol açan doğal afetlerle mücadeleyi sürekli ve etkin kılmak amacıyla oluşturulmuş bir yönetim sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Afet yönetimi, afet öncesinde, afet esnasında ve afet sonrasında olmak üzere iç içe girmiş aşamalardan oluşan bir modeldir. Her bir aşamada afetin getireceği sosyal, ekonomik fiziksel zararları en aza indirmek ve toplumu doğal afetlerin yol açacağı olumsuz durumlara karşı hazırlamak için planlamalar yapmak asıl amaçtır. Şüphesiz ki afet öncesi aşaması bu aşamalardan en önemlisidir. Afet öncesi dönemde yapılan analizlerle savunmasız sahaları ortaya koyan potansiyel su baskını haritalarının oluşturulması, olası afet senaryolarının modellenmesi ve olumsuz etkilerinin öngörülmesi, olası ya da beklenen bir afet karşısında kapsamlı tahliye ve ulaşım planlarının geliştirilmesi ve stratejik toplanma ya da sığınak noktalarını belirlenmesi gibi pek çok çalışma modern afet yönetimi bünyesinde afet öncesi aşamada gerçekleştirilmektedir.

CBS teknikleri modern afet yönetiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. CBS, çağımızın vazgeçilmez teknolojileri olan internet, uydu, radar, mobil ve kablosuz ağ sistemleri ile entegre biçimde kullanılabilen bir sistemdir ve ilgili tüm karmaşık sistemlerin idaresi tek bir merkezden koordine edilebilmektedir. CBS, veri hakkında istenilen doğrultuda mekansal, zamansal ve öznitelik bilgilerini birleştiren ve gizli ilişkileri, olağandışı ya da öngörülemeyen kalıpları, etkinlikleri ya da fark edilemeyecek kadar küçük ayrıntıları ortaya çıkaran bir teknolojidir. Ayrıca felaketle ilgili önemli karar verme bilgileri üretmek için uzamsal, zamansal ve öznitelik verilerini analiz edebilen bir donanım ve yazılımla birleştirebilmektedir. CBS modern afet yönetiminde ihtiyaç duyulan farklı türlerdeki coğrafi verileri birbirine entegre etme yeteneğiyle güvenilir olarak kullanılmaktadır. CBS ihtiyaç duyulan şekilde verileri sorgulamaya analiz etmeye, yorumlamaya olanak sağlamakta ve karşılaşılan sorunların üstesinden kolaylıkla gelebilmektedir. Ayrıca üç boyutlu görsel görüntüleyicileri sayesinde haritalar, raporlar ve grafikler biçiminde bunları araştırmacılara hızlı bir şekilde sunabilmektedir.

Sağladığı bütün bu kolaylıklar günden güne CBS'yi modern afet yönetimi için hayati bir bileşen haline getirmektedir. CBS'nin afet yönetiminde yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmasının özünde afet yönetiminin tüm aşamalarında mekanla yani yeryüzüyle ilişkili olması ve aynı zamanda üç boyutlu coğrafi referans veriye sürekli bir şekilde ihtiyaç duyması yatmaktadır. Ayrıca afet yönetimi kavramı farklı meslek alanları arasında geniş bir skalada şekillenmekte olan ve disiplinler arası çalışma gerektiren bir kavram olduğundan CBS bu ortamı afet yönetimine kolaylıkla sağlayabilmektedir.

Bu çalışmada yıkıcı bir doğal afet olan tsunaminin etkilerinin CBS kullanılarak modellenmesi amaçlanmıştır. Uygulama bölgesi olarak Mersin İli Mezitli İlçesi seçilmiştir. Akdeniz'e kıyı önemli bir liman kenti olan Mersin'de; iklimi, coğrafyası ve jeopolitik konumu itibariyle kentte turizm denizcilik, lojistik ve sanayi faaliyetleri gelişmiştir.

Tsunami modellemesi ve su baskını haritalaması, doğru, güvenilir verilere ve gerekli hesaplama araçlarına ihtiyaç duymaktadır. Sismik hareketlerden tetiklenecek tsunami dalgalarının oluşum parametreleri tarihsel verilere dayanmaktadır. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, AFAD, USGS ve TRANSFER projesi gibi kaynaklardan elde edilen tarihi tsunami kayıtları ve sismik parametreler incelenmiş, istatistiksel yaklaşımla uygulama bölgesi yakınlarında yoğunlaşan sismik hareketler üç farklı konumda gruplandırılmıştır. Belirlenen konumlarda 7.6 Mw, 8 Mw ve 8.2 Mw büyüklüklerindeki sismik kaynaklar aktifleştirilmiştir. Üç farklı potansiyel konumda ve farklı olası parametrelerde tetiklenen tsunami dalgalarının yayılımı DELFT3D yazılımında modellenmiştir. Tsunami dalgalarının ilerleyişleri ve yayılımları 60 dakikalık bir zaman aralığında dilimlerde her 10 dakikada bir görselleştirilmiştir. Bu simülasyonlarda tsunami oluşum dalgalarının maksimum ve minimum dalga genlikleri gözlemlenmiştir. Her üç durum senaryosunda da kıyı bölgelerinde oluşması beklenen maksimum dalga genliklerinin 1.5 metreden fazla olduğu tespit edilmiştir. İlk dalganın kıyılara ulaşma süresi, sismik kaynakların uygulama alanına yakınlığına bağlı olarak 15 ila 60 dakika arasında değişmektedir. CBS ortamında tsunami dalgalarının karada ilerleyişi analiz edilmiş ve üç farklı durum için su baskını haritaları üretilmiştir. Ayrıca arazi kullanım sınıflarının alansal olarak su basma yüzdeleri hesaplanmış potansiyel su baskını bölgelerinin tespiti yapılmıştır.

Potansiyel tsunami su baskını haritasını arazi kullanımıyla ilişkilendirmek için, su baskını haritaları üzerine resmi bir arazi kullanım haritası yerleştirilmiştir. Potansiyel su baskını haritalarının belirttiği riskli bölgelerde hangi arazi kullanım sınıflarının yer aldığı

bilgisi ve bu kullanım sınıflarının alansal olarak dağılımları elde edilmiştir. Çakıştırma işlemi, çalışma alanına bir tsunami afeti gerçekleşmesi durumunda, özellikle konut alanlarının, turizm alanlarının ve okulların risk altında olduğunu göstermiştir. Ayrıca pek çok önemli yapının suyla temasını olduğu tespit edilmiştir. Üç durum senaryosu incelendiğinde su baskınına maruz kalacak alan miktarları Deniz Viranşehir ve 75. Yıl Mahallerinde diğer mahallere görece fazladır. Viranşehir Mahallesinde bulunan Soli-Pompeopolis Antik Kentinin ve kazı alanının her üç durum senaryosunda da su ile temasının olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Gazi Mustafa Kemal Bulvarı'nın bazı bölgelerinde su baskınları gözlemlenmiştir.

Dik ve eğimli alanlara kıyasla daha düzlük ve eğimi az sahalarda daha yüksek su baskınlarına rastlanmıştır. Viranşehir ve Fatih Mahalleleri bu bölgelere örnektir. Karadaki zemin eğiminin ve kara topoğrafyasının taşkın mesafesi ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu tespit edilmiştir. Ayrıca tsunamiler limanlarda, nehirlerin denize döküldüğü yerlerde ve nehir boyunca daha etkili olmaktadır. Bunun sebebi bölgelerin eğiminin ve yüksekliğinin diğer bölgelere görece az olmasıdır. Viranşehir Mahallesinde su baskınlarının yüksek potansiyelde gözlemlenmesinin bir diğer nedeni Mezitli Deresi'nin mahalle sınırları içerisinde denize dökülmesidir.

Durum senaryosu "C" için üretilen deprem diğer durum senaryolarına göre daha fazla moment büyüklüğüne sahip olsa bile dalgaların kara yönlü ilerlemesinin ve dalga yüksekliklerinin diğer senaryolara göre daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bunun en büyük sebebi sismik kaynağın konumu itibarıyla Karpaz Yarımadası'nın (Kıbrıs Adası) tsunami dalgalarını sönmelenmesi ve sismik kaynağın uygulama alanına olan mesafesinin diğer senaryolara göre fazla olmasıdır. Diğer etmenler ise, senaryo "C" sismik yoğunlaşma bölgesinin denizinin daha sığ ve üretilen olası depremin odak mesafesinin daha fazla (25 kilometre) olmasıdır. Bu sayede ilerleyen dalga yükseklikleri azalmıştır. Sismik kaynağın odak mesafesi tsunami dalgalarının yıkıcılığını etkileyen bir diğer faktördür. Deprem su kütlelerine ne kadar yakın bir mesafede meydana gelirse, doğrudan iletilen enerji o kadar yüksek olacağından deprem daha yıkıcı dalgalar meydana getirecektir. Diğer taraftan depremin odak mesafesi su kütlelerine ne kadar uzak ise iletilen enerji azalacağından tsunami dalgaları çok da yıkıcı olmayacaktır.

Uygulamada tsunami modeli bazı varsayımlar üzerine geliştirilmiştir. Tsunami oluşumlarından en sık rastlanana sismik etkilerdir. Bu sebeple uygulamada tsunaminin bir sismik mekanizma ile tetiklendiği varsayılmaktadır. Volkanik aktivite, deniz tabanı hareketleri ve göktaş düşmesi kaynak mekanizmaları göz ardı edilmiştir. Ayrıca

potansiyel su baskını bölgelerinin tespit edilmesinde yalnızca arazi topografyası baz alınmış, mevcuttaki yapılar göz ardı edilmiştir. Bunlara ek olarak, dalgaların kıyıyı geçip kara yönünde ilerlemesinin genelde eş zamanlarda gerçekleştiği varsayılmaktadır. Ancak dalgalar farklı zamanlarda kıyı şeridinin farklı kısımlarını vurabilmektedir. Ayrıca, ilk dalga kıyıya vurduktan su baskını bölgesinin tamamının su altında kalması aynı anda gerçekleşmemekte, belirli zaman dilimlerinde kıyıyı vuran dalgalar ile beraber hasarın boyutu artmaktadır.

DELFT3D yazılımında tsunami modelleme aşamasında grid aralıklarının mesafeleri manuel bir şekilde 200 metre olarak belirlenmiştir. Bu mesafenin azaltılması veya artırılması mümkündür. Azaltılması durumunda tsunami modeli bizlere daha ayrıntılı sonuçlar sunacaktır, fakat tsunami dalgalarının modellenmesi ve verilerin işleme süresi dolaylı olarak artacaktır. Bu sürenin belirlenmesinde modelleme ve simülasyonda kullanılacak bilgisayar donanımının yetkinliği etkili olmaktadır.

Doğru batimetri/topografi verilerinin yanında tsunami kaynağının parametreleri, tsunami tehlike analizini uygun ve doğru bir şekilde gerçekleştirmek için gerekli girdi verilerdir. Kaynak parametreleri tsunami dalgalarının oluşum özelliklerini etkileyen temel faktördür. Modelleme aşamasında uygulanması gereken simülasyon süreleri, tsunaminin oluşumunu, yayılmasını ve kıyıların durumunu uygun şekilde hesaplamak ve görselleştirmek için tsunami kaynağı ile uygulama sahası arasındaki mesafeye göre belirlenmektedir.

Tsunami dalgaların etkisi, aynı büyüklükteki fırtına dalgalarından daha yıkıcı olabilmektedir. Çünkü tsunami dalgaları ilerlerken enerjilerini muhafaza etmekte ve kıyıya yaklaşırken çok daha az enerji kaybetmektedir. Tsunaminin bu özelliğiyle yıkıcılığını arttırmaktadır. Yakın tarihte yörede yıkıcı bir tsunami olayı olmaması nedeniyle tsunami afeti ve etkileri toplumumuz tarafından çokta iyi bilinmemektedir. Ayrıca ülkemizde özellikle kıyı kesimlerinde yapı tasarımında kullanılan şartnamelerin hiçbirinde tsunami ile ilgili önlemler göz önüne alınmamaktadır. Ülkemizin kıyısı olduğu denizlerinin iç deniz kapsamında olduğu ve gerçekleşecek tsunami afetinin boyutunun büyük olmayacağı düşüncesiyle tsunami riski ve sonuçları göz ardı edilmektedir. Ancak Doğu Akdeniz Havzası'nda yüksek sismik aktivite etkisiyle tetiklenebilecek büyük bir tsunami olma ihtimalinin her zaman olduğu unutulmamalıdır. Tsunamilerin yıkıcılığını azaltmak için kıyı yapılarının tasarım aşamasında bölgenin sismik özellikleri ve meydana gelmesi muhtemel tsunamilerin olası etkileri dikkate alınmalıdır.

CBS tabanlı analizler, çeşitli afet risk değerlendirilmelerinde yardımcı olabilir ve doğal afetlerin yönetiminde bölgesel planlamayı kolaylaştırabilir. Üretilen su baskını haritaları sayesinde, meydana gelmesi muhtemel bir tsunami felaketi öncesinde yöneticiler planlayıcılar ve karar vericiler, afet önleme ve hasar azaltma stratejileri geliştirmelerine katkıları sağlayabilir. Su baskını haritaları arazi kullanımı imar ve planlaması, acil müdahale eylemleri, tahliye güzergahlarının ve toplanma noktalarının belirlenmesi, afet planlaması için erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi, tehlike, kırılganlık ve risk değerlendirmelerinin gerçekleştirilmesinde rehber olarak kullanılabilir.

Afet öncesi riskli tespit edilen bölgelerde kıyı duvarları, dalgakıranlar kot yükseltme çalışmaları, kıyı ağaçlandırılması gibi yapısal önlemler hasarı olabildiğince azaltacaktır. Afet farkındalığının artırılması ve önlemlerin alınması için topluma verilecek eğitimler ile de felaket senaryolarında karşılaşılan yıkımın büyüklüğünü azaltacaktır. Özetle artan kamuoyu farkındalığı, fiziksel ve yapısal geliştirme stratejileri ile tsunami afetinin olumsuz etkilerini en aza indirmek mümkündür.

Doğal afetler normal yaşamı olumsuz etkileyerek sosyal, ekonomik ve çevresel kayıplara yol açmaktadır. Doğal afetlerin, meydana gelme sıklığının giderek arttığı ve şiddetlendiği bu yüzyılda ülkemizde sadece afet sonrasında gerçekleştirilen ve yara sarma politikası olarak adlandırılan arama kurtarma, göçük kaldırma ve ilkyardım çalışmalarından önce asıl olarak modern afet yönetimi kavramının amaç ve ilkelerini doğru anlayıp teknik ve yöntemsel yaklaşımları planlamak ve uygulamak, afetlerle etkin şekilde mücadele edilmesi kapsamında bir gereklilik haline gelmiştir.

## KAYNAKLAR

- Abramovitz, J., 2001, Unnatural disasters, *Worldwatch Institute*.
- Acar, S., 2015, Tsunami hazard analysis for Güllük Bay, Master of Science, *Middle East Technical University*.
- Alabdouli, K., 2015, Tsunami evacuation: Using GIS to integrate behavioral and vulnerability data with transportation modeling, Doctoral dissertation, *The Florida State University*.
- Alexander, D. and Alexander, D.E., (2000). Confronting catastrophe: new perspectives on natural disasters, *Oxford University Press*.
- Altinok, Y. and Ersoy, Ş., 2000, Tsunamis observed on and near the Turkish coast, *In Natural Hazards Springer, Dordrecht*, 185-205.
- Altinok, Y., Alpar, B., Özer, N. And Aykurt, H., (2011), Revision of the tsunami catalogue affecting Turkish coasts and surrounding regions, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(2), 273-291.
- Annunziato, A., 2007, The Tsunami assessment modelling system by the joint research centre, *Science of Tsunami Hazards*, 26(2), 70.
- Arca, D., 2012, Afet yönetiminde coğrafi bilgi sistemi ve uzaktan algılama. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 53-61.
- Balaji, D., Sankar, R. and Karthi, S., 2002, GIS Approach for Disaster Management through Awareness-An Overview, *Map India 2002 Proceedings*, New Delhi, India.
- Barros, J. L., Tavares, A. O., Santos, A. and Fonte, A., 2015, Territorial vulnerability assessment supporting risk managing coastal areas due to tsunami impact, *Water*, 7(9), 4971-4998.
- Benchekrone, S., Omira, R., Baptista, M. A., El Mouraouah, A., Brahim, A. I. and Toto, E. A., 2015, Tsunami impact and vulnerability in the harbour area of Tangier, Morocco, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 6(8), 718-740.
- Bondevik, S., 2022, Tsunami from the Storegga landslide, *Complexity in Tsunamis, Volcanoes, and their Hazards*, 153-185.
- Bonilauri, E. M., Harris, A. J., Morin, J., Ripepe, M., Mangione, D., Lacanna, G., ... and Deguy, P., 2021, Tsunami evacuation times and routes to safe zones: a GIS-based approach to tsunami evacuation planning on the island of Stromboli, Italy. *Journal of Applied Volcanology*, 10(1), 1-19.
- Campbell, J.E. and Shin, M., 2011, *Essentials of geographic information systems*, Liberty University, USA.

- Çankaya, Z. C., Suzen, M. L., Yalciner, A. C., Kolat, C., Zaytsev, A. and Aytore, B. 2016, A new GIS-based tsunami risk evaluation: MeTHuVA (METU tsunami human vulnerability assessment) at Yenikapı, Istanbul, *Earth, Planets and Space*, 68(1), 1-22.
- Değirmenci, Y. ve İter, İ., 2013, Coğrafya dersi öğretim programında doğal afetler, *Marmara Coğrafya Dergisi*, (28), 276-303.
- Demirci, A., Karakuyu, M., 2004, Afet yönetiminde coğrafi bilgi teknolojilerinin rolü, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9(12), 67-100.
- Dias, F., Dutykh, D., O'Brien, L., Renzi, E. and Stefanakis, T., 2014, On the modelling of tsunami generation and tsunami inundation. *Procedia* 10, 338-355.
- Doğanay, H. ve Doğanay, S., 2011, Türkiye'de Orman Yangınları ve Alınması Gereken Önlemler, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9(11).
- Dölek İ., 2016, Türkiyenin Fiziki Coğrafyası; *Türkiyede Doğal Afetler*, 311-364.
- Erkan, E.A., 2010, Afet yönetiminde risk azaltma ve Türkiye'de yaşanan sorunlar, *DPT Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü*.
- Ersoy Ş., 2009, Afetler Çağı, *Atlas*.
- Ertunç, E. ve Çay, T., 2020, Havaalanı yer seçiminde coğrafi bilgi sistemleri (cbs) ve analitik hiyerarşi süreci (ahp) kullanımı, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 200-210.
- Farhan, A. and Akhyar, H., 2017, Analysis of tsunami disaster map by geographic information system (GIS): Aceh Singkil-Indonesia. In *IOP conference series: earth and environmental science*, Vol. 56, No. 1, p. 012002.
- Fuhrmann, S., MacEachren, A. and Cai, G., 2008, Geoinformation technologies to support collaborative emergency management, In: et al. *Digital Government. Integrated Series In Information Systems*, vol 17, Springer, Boston.
- Goodchild, M.F., 2006, GIS and disasters: planning for catastrophe. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30(3), 227-229.
- Herold, S., 2009, The potential of free and open source geospatial information technology to improve local level capacity for natural disaster management in developing countries, Doctoral dissertation, *University of Ottawa, Canada*.
- Heywood, I., Cornelious, S. and Carver, S., 2006, An Introduction to Geographic Information Systems, *Pearson Education Limited*.
- Hussain, M., Arsalan, M. H., Siddiqi, K., Naseem, B. and Rabab, U., 2005, Emerging geo-information technologies (GIT) for natural disaster management in Pakistan: an overview, In *Proceedings of 2nd International Conference on Recent Advances in Space Technologies, 2005. RAST 2005*. (pp. 487-493).



- Islam, S. T. and Chik, Z., 2011, Disaster in Bangladesh and management with advanced information system, *Disaster Prevention and Management: An International Journal*.
- Ismail, H., Abd Wahab, A. K., Âmin, M. M., Yunus, M. M. and Sidek, F. J., 2012, A 3-tier tsunami vulnerability assessment technique for the north-west coast of Peninsular Malaysia, *Natural hazards*, 63(2), 549-573.
- İnsel, I., 2009, The effects of the material density and dimensions of the landslide on the generated tsunamis, Master's thesis, *Middle East Technical University*.
- Keller, E.A. and DeVecchio, D.E., 2012, Earth's processes as hazards, disasters, and catastrophes, *Natural Hazards*.
- Krishnamoorthi, N., 2016, Role of remote sensing and GIS in natural-disaster management cycle, *Imp J Inter Res*, 2(3), 144-154.
- Li, T., Xie, N., Zeng, C., Zhou, W., Zheng, L., Jiang, Y., ... and Iyengar, S. S., 2017, Data-driven techniques in disaster information management, *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 50(1), 1-45.
- Løvholt, F., Glimsdal, S., Harbitz, C. B., Zamora, N., Nadim, F., Peduzzi, P., ... and Smebye, H., 2012, Tsunami hazard and exposure on the global scale. *Earth-Science Reviews*, 110(1-4), 58-73.
- Løvholt, F., Glimsdal, S., Harbitz, C. B., Zamora, N., Nadim, F., Peduzzi, P., ... and Smebye, H., 2012, Tsunami hazard and exposure on the global scale, *Earth-Science Reviews*, 110(1-4), 58-73.
- Macit, İ., 2019, Bütünleşik afet yönetiminde Sendai çerçeve eylem planının beklenen etkisi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(1): 175-186.
- Mishra, A.K. and Singh, V.P., 2010, A review of drought concepts. *Journal of hydrology*, 391(1-2), 202-216.
- Mitsoudis, D. A., Flouri, E. T., Chrysoulakis, N., Kamarianakis, Y., Okal, E. A., and Synolakis, C. E., 2012, Tsunami hazard in the southeast Aegean Sea, *Coastal Engineering*, 60, 136-148.
- Montoya, L., 2002, GIS and remote sensing in urban disaster management, In *5th AGILE Conference on Geographic Information Science, Palma (Balearic Islands, Spain)* April 25th-27th (p. 7).
- Narvaez, R.W.M., 2012, Crowdsourcing for Disaster Preparedness: Realities and Opportunities, Master's Thesis, *Graduate Institute of International and Development Studies, Geneva*.

- Niroshinie, M. A. C., Eranga, N. G. and Priyanga, A. P. N. 2008, Modeling the tsunami wave propagation, *Women's career advancement and training & development in the*, 1358.
- Oktari, R. S., Munadi, K. and Idroes, R., 2020, Knowledge management practices in disaster management: Systematic Review, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 101881.
- Omira, R., Baptista, M. A., Miranda, J. M., Toto, E., Catita, C. and Catalao, J., 2010, Tsunami vulnerability assessment of Casablanca-Morocco using numerical modelling and GIS tools, *Natural hazards*, 54(1), 75-95.
- Onat, Y., 2011, Database development for tsunami warning system in mediterranean basin by tsunami modeling, Master's thesis, *Middle East Technical University*.
- Özdemir H., 2016, Afetler Coğrafyası: Coğrafya lisans programı, *İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Öğretim Fakültesi*.
- Papadopoulos, G. A., and Fokaefs, A 2005, Strong tsunamis in the Mediterranean Sea: a re-evaluation. *ISET Journal of Earthquake Technology*, 42(4), 159-170.
- Pararas-Carayannis, G., 2014. The Great Tohoku-Oki earthquake and tsunami of March 11, 2011 in Japan: A critical review and evaluation of the tsunami source mechanism. *Pure and applied geophysics*, 171(12), 3257-3278.
- Pelling, M., Maskrey, A., Ruiz, P., Hall, P., Peduzzi, P., Dao, Q. H., ... and Kluser, S., 2004, Reducing disaster risk: a challenge for development.
- Poursaber, M. R., 2016, Vulnerability assessment and disaster management in tsunamis by integrated approach of GIS and remote sensing, Doctoral dissertation, *Graduate School of System Informatics Kobe University*.
- Rawlinson, N., 2007, Lecture 11: Earthquake source mechanisms and radiation patterns I. <http://rses.anu.edu.au/~nick/teachdoc/lecture11.pdf>
- Rego, A. J., 2000, National disaster management information systems & networks: An Asian overview, *The Center*.
- Sambah, A. B., 2014, Tsunami vulnerability assessment using integrative remote sensing and GIS approaches, Doctoral dissertation, *Graduate School of Science and Engineering Yamaguchi University Japan*.
- Sambah, A. B. and Miura, F., 2019, Geo Spatial Analysis for Tsunami Risk Mapping. In *Advanced Remote Sensing Technology for Synthetic Aperture Radar Applications, Tsunami Disasters, and Infrastructure*.
- Selvan, S. C. and Kankara, R. S. 2016, Tsunami model simulation for 26 December 2004 and its effect on Koodankulam region of Tamil Nadu Coast. *The International Journal of Ocean and Climate Systems*, 7(2), 62-69.

- Sinaga, T. P., Nugroho, A., Lee, Y. W. and Suh, Y., 2011, GIS mapping of tsunami vulnerability: case study of the Jembrana Regency in Bali, Indonesia, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 15(3), 537-543.
- Steinritz, V., Pena-Castellnou, S., Marliyani, G. I. and Reicherter, K., 2021, GIS-based study of tsunami risk in the Special Region of Yogyakarta (Central Java, Indonesia), In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 851, No. 1, p. 012007.
- Sür, Ö., 1994, Türkiye’de volkanizma ve volkanik yerşekilleri. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Dergisi*, S, 3, 29-52.
- Tanaka, H., Shiiba, N. and Huang, M. C., 2021, Tsunami Impact Assessment and Vulnerability Index Development using Computable General Equilibrium (CGE) Model and Geographic Information System (GIS)—A Study on Mie Prefecture, Japan, *IDRiM Journal*, 11(1), 46-63.
- Tarhan, Ç. ve Aydın, C., 2017, Bilişim sistemleri kullanılarak afet direnci artırılabilir mi? *Anadolu Üniversitesi 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir.
- Tiwari, A. and Jain, K., 2015, A detailed 3D GIS architecture for disaster management, *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 4(1), 980-989.
- Triantafyllou, I., Novikova, T., Charalampakis, M., Fokaefs, A. and Papadopoulos, G. A., 2019, Quantitative tsunami risk assessment in terms of building replacement cost based on tsunami modelling and GIS methods: the case of crete isl., hellenic arc, *Pure and Applied Geophysics*, 176(7), 3207-3225.
- Van Westen, C. J., and Hofstee, P., 2000, The role of remote sensing and GIS in risk mapping and damage assessment for disasters in urban areas, *Fernerkundung und Naturkatastrophen*, 7, 442-450.
- Wilson, J. M., Schultz, K. W., Grzan, D., Rundle, J. B., Ward, S. N., Bhaskar, R., ... and Kaushal, H., 2020, Tsunami Squares simulation of megathrust-generated waves: Application to the 2011 Tohoku Tsunami, *Progress in Disaster Science*, 5, 100063.
- Wohl, E., 2004, Limits of downstream hydraulic geometry, *Geology*, 32(10), 897-900.
- Yalçiner, A. C., Alpar, B., Altınok, Y., Özbay, İ. And Imamura, F., 2002, Tsunamis in the Sea of Marmara: Historical documents for the past, models for the future. *Marine Geology*, 190(1-2), 445-463.
- Yalçiner, A., 2008, Spectral norms of some special circulant matrices, *Int. J. Contemp. Math. Sciences*, 3(35), 1733-1738.
- Yavuz, C., 2018, Tsunami risk assesment and positioning of a tsunami early warning system, Doctoral Program, *Middle East Technical University*.

Yodmani, S., 2001, Disaster risk management and vulnerability reduction.

Yomraliođlu, T., 2002, Coğrafi bilgi sistemleri: temel kavramlar ve uygulamalar, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*.

URL 1: Pasifik ateş çemberi, <https://www.mirror.co.uk/science/what-pacific-ring-fire-facts-12342864> [Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2022].

URL 2: Dünyada meydana gelmiş büyük depremler, <http://depremonlemleri.com/deprem-dunyasi-ve-turkiye/> [Ziyaret Tarihi: 18 Mayıs 2022].

URL 3: AFAD, <https://deprem.afad.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 7 Mayıs 2022].

URL 4: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/depremnedir/index.htm> [Ziyaret Tarihi: 7 Mayıs 2022].

URL 5: Ordu Aybastı heyelanı, <https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/> [Ziyaret Tarihi: 6 Mayıs 2022].

URL 6: Dünyayı etkileyen önemli afetler ve alınan dersler, [http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/acilyardimveafetyonetime\\_ao/deavad.pdf](http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/acilyardimveafetyonetime_ao/deavad.pdf) [Ziyaret Tarihi: 8 Mayıs 2022].

URL 7: Colorado Üniversitesi Sel Gözlemevi, <https://floodobservatory.colorado.edu/> [Ziyaret Tarihi: 10 Mayıs 2022].

URL 8: 22 Ağustos Giresun seli, <https://www.bbc.com/turkce/haberler> [Ziyaret Tarihi: 9 Mayıs 2022].

URL 9: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <http://www1.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=kuvvetliruzgar> [Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2022].

URL 10: Tarım ve Orman Bakanlığı, <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Menu/32/Erozyon-Kontrolu> [Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2022].

URL 11: Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu, <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/tsunamis-and-tsunami-hazards> [Ziyaret Tarihi: 1 Mayıs 2022].

URL 12: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Tsunami, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tsunami/tarihsel-tsunamiler/turkiyedeki-onemli-tsunamiler/> [Ziyaret Tarihi: 2 Mayıs 2022].

URL 13: 30 Ekim İzmir depremi, <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/izmir-depremi-iddianameleri-hazir-589051.html> [Ziyaret Tarihi: 2 Mayıs 2022].

- URL 14: Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu, Depremler, <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/science-earthquakes> [Ziyaret Tarihi: 5 Mayıs 2022].
- URL 15: Mersin Mezitli Belediyesi, <https://mezitli.bel.tr/> [Ziyaret Tarihi: 9 Mayıs 2022].
- URL 16: Akdeniz Deniz ve Kıyı Çevresi, <https://www.medqsr.org/mediterranean-marine-and-coastal-environment> [Ziyaret Tarihi: 4 Mayıs 2022].
- URL 17: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, <http://www.koeri.boun.edu.tr> [Ziyaret Tarihi: 4 Mayıs 2022].
- URL 18: Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu, Tarihsel depremler, <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/> [Ziyaret Tarihi: 10 Mayıs 2022].
- URL 19: TRANSFER Work packages [www.transferproject.eu](http://www.transferproject.eu) [Ziyaret Tarihi: 10 Mayıs 2022].
- URL 20: DELFT3D Açık Kaynak Topluluğu, <https://oss.deltares.nl/web/DELFT3d> [Ziyaret Tarihi: 9 Mayıs 2022].