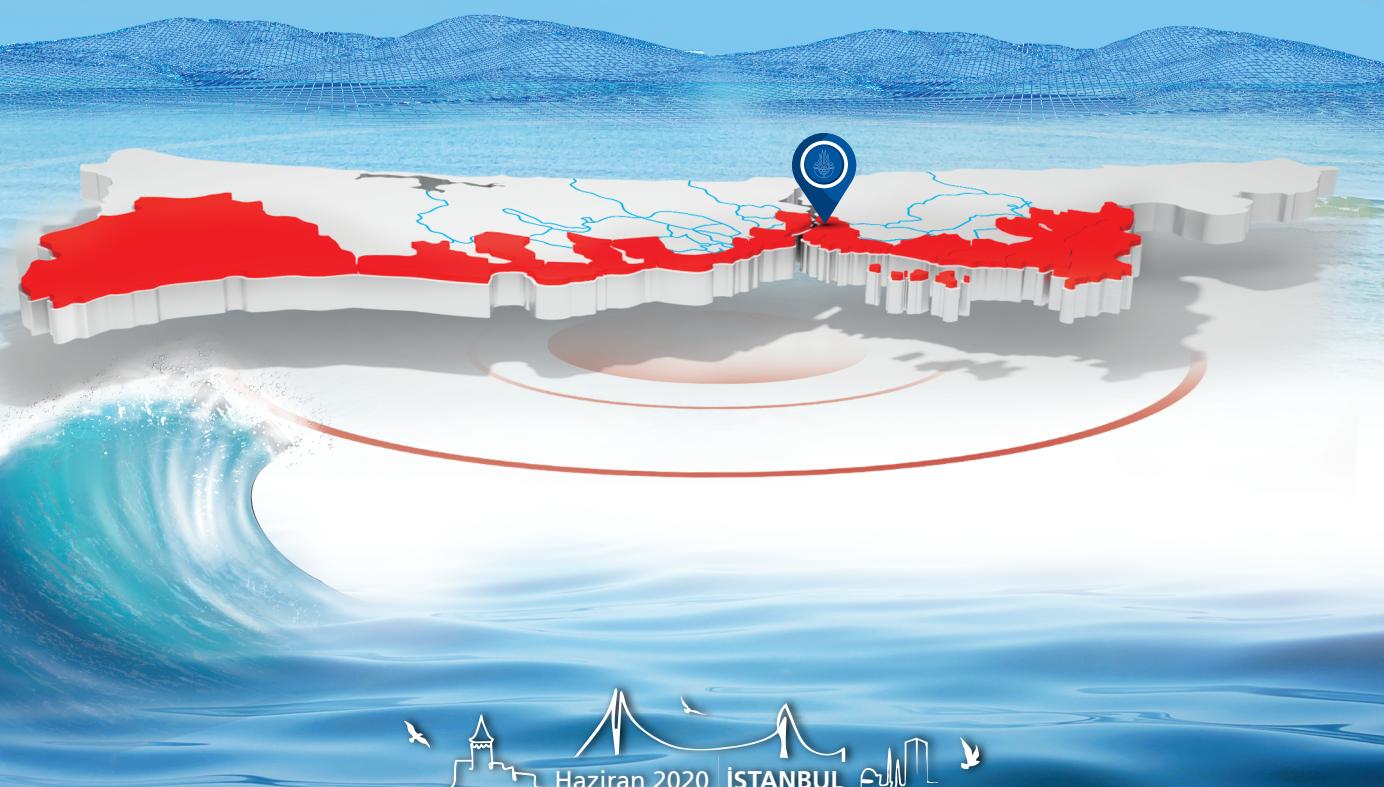




ZEYTİNBURNU

TSUNAMI RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI





**iSTANBUL
SENİN**



ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

ZEYTİNBURNU İLÇESİ TSUNAMİ RİSK ANALİZİ VE EYLEM PLANI RAPORU

BU RAPOR;

İSTANBUL İLİ MARMARA KİYILARI TSUNAMİ MODELLEME, HASAR GÖREBİLİRLİK VE TEHLİKE
ANALİZİ GÜNCELLEME PROJESİ (2018) VE İSTANBUL İÇİN TSUNAMİ EYLEM PLANI HAZIRLANMASI

İŞİ (2019) SONUÇ RAPORLARINDAN YARARLANILARAK,

İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ,

DEPREM RİSK YÖNETİMİ VE İYİLEŞTİRME DAİRE BAŞKANLIĞI,

DEPREM VE ZEMİN İNCELEME MÜDÜRLÜĞÜ

TARAFINDAN ÜRETİLMİŞTİR.

06/2020

PROJE BİLGİLERİ

“İstanbul İli Zeytinburnu İlçesi Tsunami Risk Analizi ve Eylem Planı Raporu”, İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi (2018) ve İstanbul İçin Tsunami Eylem Planı Hazırlanması İşi (2019) sonuç raporlarından yararlanılarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından üretilmiştir.

*Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümleri:*

Prof. Dr. Ahmet Cevdet Yalçınler, Proje Yürütücüsü, yalciner@metu.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Lütfi Süzen, Proje Yürütücüsü, suzen@metu.edu.tr

Araş. Gör. Duygu Tüfekçi Enginar, Bilimsel Proje Uzmanı, dtufekci@metu.edu.tr

Gözde Güney Doğan, Bilimsel Proje Uzmanı, gguneydogan@gmail.com

*İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı
Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü:*

Jeoloji Müh. Sema KARA

Jeofizik Yük. Müh. Yasin Yaşar YILDIRIM (Dai. Bşk. Danışmanı)

Jeoloji Müh. Evrens Rıza YAPAR

Jeofizik Müh. Özge UZUNKOL

Jeoloji Müh. Ahmet TARİH

Dr. Emin Yahya MENTEŞE (Md. Yrd.)

Jeofizik & Geoteknik Yük. Müh. Kemal DURAN (Müdür)

Dr. Tayfun KAHRAMAN (Daire Başkanı)



Kıymetli Hemşehrilerim;

Dünyada deprem riski en yüksek kentlerin başında, hem nüfus ve yapı yoğunluğu hem de fay hatlarına yakınılığı nedeniyle, maalesef İstanbul geliyor. Kadim kentimizde, değişmeyen öncelikte ve önemdeki birinci konu deprem riski ve beraberinde getireceği yıkımlardır. Bu nedenle, İstanbul'u daha yaşanabilir, daha dayanıklı, daha sürdürülebilir bir şehir yapabilmek için çalışmalarımıza hızlıca başladık.

Şeffaf ve katılımcı yönetim anlayışımız gereği, İstanbul Deprem Seferberlik Plani'na uygun olarak; daha güvenli, afete dirençli bir İstanbul için yol haritası oluşturmaya başladık. Geçtiğimiz yılın sonunda, 174 kurum ve 1.200 akademisyen ile gerçekleştirdiğimiz "İstanbul Deprem Çalıştayı" sorun analizleri, çözümlemeler ve proje önerileri ile geçmiş tüm tecrübeleri de dikkate alarak ortaya, bir yol haritası çıkardı. Keza, bu çalıştay sonrası paydaşların ihtiyaçlarını dile getirebilecekleri ve süreç yönetimine aktif olarak katılabilecekleri, siyaset üstü bir yapı olarak "İstanbul Deprem Platformu" kuruldu ve ilk toplantısını, 65 kurumun katılımı ile Şubat ayında yaptı. Böylece; tüm katılımcı kuruluşların, deprem riskini azaltma adına katkıda bulunmaları; platforma katılan kuruluşlar ve temsilcileri ile südürlülecek çalışmaların, şeffaf ve kesintisiz biçimde kamuoyunun bilgisine sunulması; toplumun her katmanından gelecek bilgi ve önerilerin de göz önüne alınmasını sağlayacak bir iletişim düzeninin kurulması hedeflendi.

Özellikle, 39 ilçe belediyemiz ile yapılacak iş birliği ve süreç yönetimine katılımın, tarafımızca çok önemsenmesi, platformda ilçe belediyelerini çok önemli bir yere oturttu. Bilimsel çalışmalar göstermektedir ki; yıkıcı bir deprem, er ya da geç meydana gelecek, gerçekleştiğinde ise afet boyutunda kayıplara neden olabilecektir. Dolayısıyla bu depreme, sadece İBB olarak değil siyaset üstü bir yaklaşım ile merkezi idare, İstanbul Valiliği, ilçe belediyeleri, STK'lar, üniversiteler gibi bütün paydaşlar ile beraber hazırlanmalıyız. İstanbululluların geleceğe daha güvenle bakılmesi için olmazsa olmaz koşul, bu birliliktektir. Depreme hazırlanabilmenin temelinde ise, depremin yaratacağı riskin anlaşılması ve azaltılması adına yapılabilecekler yatkınlıdır. Bu doğrultuda, İstanbul'un deprem nedeni ile karşı karşıya kalacağı riskin anlaşılabilmesi için; üniversiteler, uzmanlar ve profesyonel bir ekip ile aklın ve bilimin rehberliğinde İBB olarak çalışmalarımızı sürdürmektediriz.

39 ilçemiz için ayrı ayrı analizler ve haritalamalar devam ederken; sınırları kısmen Marmara Denizi'ne komşu 17 ilçemiz için de tsunami kaynaklı risk analizleri ve alınması gerekliliği yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin boyutlarını ortaya koyan "İstanbul İlçe Bazlı Tsunami Risk Analizi ve Eylem Planı İlçe Kitapçıları", İBB imkânları ile üretilmiştir. İBB ve ODTÜ işbirliği ile yapılmış olan "İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi (ODTÜ, 2018)" ve "İstanbul İli Tsunami Eylem Planı (ODTÜ, 2019)" projelerinden faydalananlarak üretilen bu bilgi kitapçıları ile İstanbul genelinde etkili olabilecek olası bir tsunami olayının yarataceği kayıpları minimuma indirmek, Marmara kıyılarında yer alan önemli kritik yapıların tsunamiden etkilenmemesi ya da en az etkilenmesi için alınması gereken önlemleri saptayarak gerekli aşamaları tanımlamak, detaylandırmak ve aynı zamanda afete hazırlık konusunda ilgili kurum ve kuruluşların bilgilendirilmesi hedeflenmektedir. İBB Başkanı olarak, ilk günden itibaren ilan ettiğimiz demokratik, katılımcı ve şeffaf bir yönetim anlayışı yaklaşımı gereği kamuoyu ile paylaştığımız "İstanbul'u beraber yönetelim" prensibimize uygun bir seferberlik ruhu ve el birliğiyle yürüteceğimiz tüm bu çalışmalar sayesinde, İstanbul'un depreme daha dayanıklı bir kent olmasını ve biz İstanbululluların da geleceğe daha güvenle bakmasını mümkün kılacagımıza inancım tamdır.

Saygılarımla,

Ekrem İMAMOĞLU

İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı

İçindekiler

Şekiller	11
Tablolar.....	13
1. GİRİŞ	5
2. TSUNAMİ TEHLİKESİ	7
3. KAPSAM VE YÖNTEM.....	8
4.ZEYTİNBURNU İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ.....	12
4.1.Zeytinburnu İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası	12
4.2. Zeytinburnu İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları.....	15
5. ZEYTİNBURNU İLÇESİ MeTHuVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ	21
5.1.Mekânsal Hasar Görebilirlik.....	21
5.1.1.Jeoloji	21
5.1.2.Heyelan Taç Yoğunluğu	22
5.1.3.Kıyıdan Uzaklık.....	23
5.1.4.Yükseklik	24
5.2.Tahliye Esnekliği	25
5.2.1.Binaya Uzaklık.....	25
5.2.2.Yol Ağına Uzaklık.....	26
5.2.3.Denize Dik Yolların Yoğunluğu.....	27
5.2.4.Eğim.....	28
5.3.Zeytinburnu İlçesi MeTHuVA Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları.....	29
6. ZEYTİNBURNU İLÇESİ MeTHuVA RİSK ANALİZLERİ	31
6.1. Zeytinburnu İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası	31
6.2. Zeytinburnu İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları	31
7. ZEYTİNBURNU İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI	34
7.1.Tsunami Riskinin Azaltılmasına Yönelik Alınması Gerekli Önlemler	34
7.2. Zeytinburnu İlçesi Tsunami Hazırlık Rehberi	40
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	41
9. KAYNAKÇA	43
EK-1	44

Şekiller

Şekil 1: Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme ile d) Karada İlerlemesi Aşamalarının Şematik Gösterimi	7
Şekil 2: Tsunami Parametrelerini Anlatan Temsili Çizim (Kaynak: UNESCO-IOC, 2014)	7
Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı	10
Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri.....	11
Şekil 5: PIN ve YAN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	12
Şekil 6: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN/YAN).....	13
Şekil 7: Zeytinburnu İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN/YAN)	14
Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası.....	15
Şekil 9: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC)	16
Şekil 10: Zeytinburnu İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSBC)	17
Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası.....	18
Şekil 12: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)	19
Şekil 13: Zeytinburnu İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)	20
Şekil 14: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	22
Şekil 15: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	23
Şekil 16: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	24
Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası.....	25
Şekil 18: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	26
Şekil 19: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	27
Şekil 20: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	28
Şekil 21: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	29
Şekil 22: Zeytinburnu Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası	30
Şekil 23: PIN ve YAN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	31
Şekil 24: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası.....	32
Şekil 25: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası.....	33
Şekil 26: Zeytinburnu Doğusu Sahil Kullanımları a) Kayık Hanı ve Kazlıçeşme Sahil Parkı, b) Kazlıçeşme Meydanı,c) Yedikule Surları ve Uluslararası Barış Parkı	35

Şekil 27: Zeytinburnu Doğusunda Tahliye Rotası, Aynı Zamanda Dikey Tahliye Alanı Olabilecek Geçitler. (Geçitlerin kara tarafındaki ayakları topografik yükseltilere yaslanmış durumda olduğundan tsunami dalgasının ilerlemesini önleyici etki göstermektedir.).....	36
Şekil 28: a) Zeytinburnu Doğusundaki Kıyı Koruma Yapıları, b, c) Yeşil Kuşak Uygulanabilecek Alanlar	37
Şekil 29: a) Kazlıçeşme Meydanı Çevre Duvarları ve Gerisindeki Bitki Örtüsü, b) Kazlıçeşme Fatih Cami, c) Kazlı Cami	38
Şekil 30: Kayık Hanı ile Ayvalı Dere Arası Sahil Yolundan Görünüm	38
Şekil 31: Zeytinburnu Balıkçı Barınağı ve ZEYPORT Limanı (©Google Earth, 01.03.2020 görüntüsü).....	39
Şekil 32: Balıkçı Barınağı Gerisinde Sahil Yoluna Paralel Uzanan Tren Yolu Güzergâhı Duvarları	40

Tablolar

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları	9
Tablo 2: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN/YAN)	13
Tablo 3: Zeytinburnu İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN/YAN)	14
Tablo 4: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSBC)	16
Tablo 5: Zeytinburnu İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC)	17
Tablo 6: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY)	18
Tablo 7: Zeytinburnu İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY) ..	20
Tablo 8: Zeytinburnu Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri.....	21

1. GİRİŞ

İstanbul ili tarih boyunca belirli aralıklarla birçok depreme maruz kalmış ve bu depremler büyük kayıplara sebep olmuştur. Bilimsel çalışmalar, jeolojik veriler, edinilen tecrübeler ve İstanbul'un şehirleşme nitelikleri bir arada değerlendirildiğinde, yakın gelecekteki olası büyük bir depremin yönetilemez boyutlarda hasar meydana getireceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, geçmişte İstanbul'u afet boyutunda etkilemiş olan depremler incelendiğinde, tüm kıyı şeridini tehdit ederek bu hat boyunca hasara yol açan tsunami olayları ayrıca göze çarpmaktadır. Diğer bir deyişle tarihsel bilgiler Marmara Denizi'nde tsunami dalgalarının oluştuğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır. Türkiye kıyılarında 3.000 yılı aşkın sürede saptanan 90 kadar tsunami dalgasının üçte biri Marmara Denizinde yer almıştır.

Bu çerçevede, kıyı şehirlerinin ve özellikle mega kentlerin tsunami olaylarına karşı hazırlıklı olması için başta Japonya ve ABD'de olmak üzere dünyanın çeşitli ülkelerinde tsunami etkilerini azaltmaya yönelik gerçekleştirilen projelerde, farklı senaryolara göre oluşacak tsunami kaynaklı bir afet durumunda kıyılardaki olası baskın alanlarının saptanması, akım derinliği ve tırmanma yüksekliği dağılımlarının hesaplanması, binaların hasar görebilirlik durumlarının belirlenmesi, tahliye yollarının hizmet görebilirliğinin anlaşılması ve risk düzeylerinin hesaplanması amaçlamaktadır. Bu nedenle bu tür çalışmalar hem riski saptama hem de risk azaltma için yöntem geliştirme yolunda, karar vericiler ve şehir yöneticileri için çok faydalı araçlardır. Bu tür projelerin sonuçlarının başarılı olarak uygulanabilmesi için kullanılan verilerin kaliteli, güvenilir ve yüksek çözünürlüklü olması, kullanılan hesaplama araçları, sayısal modeller ve yöntemlerin güncel, doğruluğu ve geçerliliği kanıtlanmış ve yüksek performanslı model ve yöntemlerle olmaları gereklidir.

Bu doğrultuda, İstanbul genelinde yapılmış ilk çalışma 2007 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (İBB-DEZİM) tarafından gerçekleştirilen; "İstanbul Kıyılarını Etkileyebilecek Tsunami Dalgaları İçin Benzetim ve Hasar Görebilirlik Analizi Projesi" dir (İBB, OYO, 2007). Bu proje sonuçları, geliştirilen yerleşime uygunluk haritalarında altlık olarak kullanılmış, birçok altyapı ve üstyapı yatırımda da yön gösterici olmuştur. Bu ilk çalışmadan sonraki dönemde, deniz içi, kıyı ve karasal alandaki yapısal unsurlarda değişiklikler, sayısal modelleme araçlarında hem yazılım hem de donanım teknolojilerinde önemli gelişmeler olmuş, bunların yanında veri toplama ve işleme yöntemlerinde de çok etkin ölçüm ve işleme araçları kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmelere ek olarak özellikle 2011 Tohoku Depremi (Japonya), tsunami karşısında alınması gereken önlemlerin önemini de bir kez daha gözler önüne sermiştir. Gerek ülkemizde gerekse dünyadaki tüm bu bilimsel ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda İBB-DEZİM tarafından İstanbul'u etkilemesi olası tsunami karşısında kentsel dayanıklılığı artırmak amacıyla "**Tsunami Dayanıklı İstanbul**" yaklaşımı geliştirilmiş ve üç aşamalı bir süreç tanımlanmıştır. Buna göre öncelikli olarak tsunami kaynaklı risk ve risk bileşenlerinin tekrar analiz edilmesi ve değerlendirilmesi kararlaştırılmış, böylelikle "**İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncellemeye Projesi**" (ODTÜ, 2018) gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında kullanılan çözünürlük seviyesi,

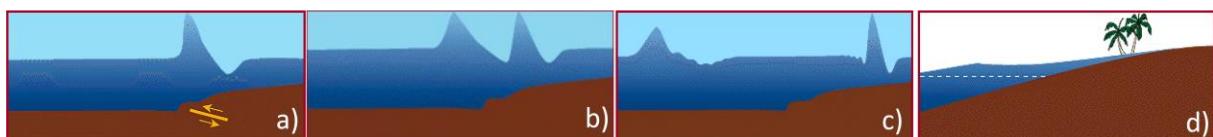
dünyada mega kentler için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün ilçelerde değişken ama önemli boyutlarda tsunami etkisi olacağının görülmektedir.

İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi'nin (ODTÜ, 2018) ardından, bu proje çıktılarına bağlı olarak İstanbul genelinde etkili olabilecek olası bir tsunami olayının yaratacağı kayıpları minimuma indirmek, Marmara kıyılarında yer alan önemli kritik yapıların tsunamiden etkilenmemesi ya da en az etkilenmesi için alınması gereken önlemleri saptayarak gerekli aşamaları tanımlamak ve detaylandırmak ve aynı zamanda afete hazırlık konusunda ilgili kurum ve kuruluşların bilgilendirilmesi amacıyla tasarlanan "**İstanbul İli Tsunami Eylem Planı**" (ODTÜ, 2019) çalışması da "**Tsunami Dayanıklı İstanbul**" yaklaşımının ikinci aşaması olarak tamamlanmıştır.

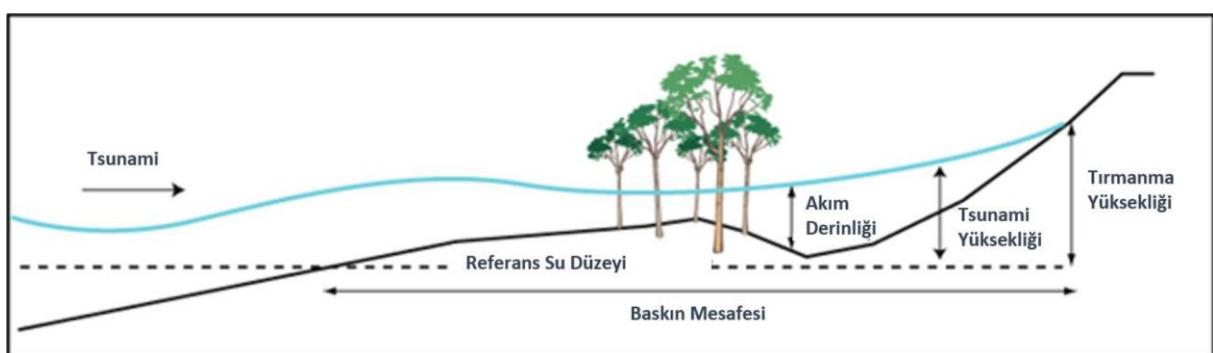
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan ilçe belediyeleri, kaymakamlıklar, ilgili diğer kurum-kuruluşlar, STK'lar ve yerel halk tarafından gereğince sahiplenilmesine bağlıdır. Bu kapsamda gerek analizlerle ortaya çıkarılan tehlike ve risklerin doğru anlaşılabilmesi, gerekse risklerin azaltılmasına yönelik çalışmaların önemini kavranarak tüm paydaşlarca sahiplenilmesinin sağlanması amacıyla tsunami etkisine maruz kalacak her bir ilçeye özel raporlama yapılmıştır. Bu sayede karar verici ve uygulayıcı birimlerin sorumluluk alanlarında kalan tehlikelere ve olası risklerin azaltılması için gereken önlemlere daha kolay odaklanması ve konuma özgün çözümlemeler geliştirmesinin önünün açılması hedeflenmiştir.

2. TSUNAMİ TEHLİKESİ

Tsunamiler temelde deniz tabanı deformasyonlarına bağlı olarak oluşan uzun deniz dalgalarıdır. Bu deformasyonlar deniz tabanındaki depremler, deniz altı heyelanları, volkanik patlamalar veya meteorit çarpmaları sonucu oluşabilir. Bu olaylardan herhangi biri ya da birkaçının birden oluşması sırasında potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşerek deniz ortamına kısa sürede enerji aktarılması gerçekleşir. Denize geçen enerji, su kütlesi içinde akıntılar ve su düzeyi değişimine neden olarak tsunami dalgası oluşturur. Tsunamiler sadece kendi oluşturdukları bölgelerde değil, deniz ve okyanus alanlarında çok uzak mesafelerde de zararlara yol açmaktadır. Tsunami dalgaları, derin deniz bölgesinde pek yüksek değilken, sıçradırda şiddetli akıntılar ve suyun yükselmesi biçiminde değişim göstererek, kıyılarda azalan derinliğin etkisi ile dalga boyu kısalması, su düzeyi (genlik) artması, suyun çekilmesi, tırmanma ve su basması biçiminde etkili olurlar. Tsunamilerin oluşum, ayrılma, yayılma ve yükselme ile karada ilerlemesi gibi dört ana aşamasını gösteren görseller Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 2'de ise tsunaminin kıyılardaki parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 1: Tsunamilerin a) Oluşum, b) Ayrılma, c) Yayılma ve Yükselme ile d) Karada İlerlemesi Aşamalarının
Şematik Gösterimi



Şekil 2: Tsunami Parametrelerini Anlatan Temsili Çizim (Kaynak: UNESCO-IOC, 2014)

3. KAPSAM VE YÖNTEM

İstanbul ili Marmara kıyıları için hazırlanan Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncellemeye Projesi kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur:

Veritabanının Oluşturulması: Marmara kıyılarındaki her ilçe için binalar, yollar, altyapı ve kıyı tesisleri, idari sınırlar, dereler, jeoloji, heyelan alanları ve arazi kullanım verileri toparlanmış, sonrasında ise toplanan bu veriler kıyı alanları için oluşturulmuş LIDAR kaynaklı 1 m hassasiyetli sayısal yükseklik modeli (DEM) ve deniz alanları için 42 m düzeyinde oluşturulmuş batimetri verileri ile birleştirilerek tsunami sayısal modellemesi için yüksek çözünürlükte ve kapsamlı bir veri tabanı hazırlanmıştır.

Tsunami Senaryolarının Hazırlanması: Kuzey Anadolu Fayı'nın batıya doğru Marmara Denizi'ne uzanan ve ikiye ayrılan kolları üzerinde tarihteki depremler de dikkate alınarak olası deprem yaratacak bölgeler seçilmiştir. Bu bölgelerin her biri farklı bir tsunami kaynağı olarak düşünülerek her birine farklı isimler verilmiştir (OYO, 2007; MARSITE, 2016; MARDIM-SATREPS, 2018). Her bir tsunami kaynağı farklı sayıda segmentlerden oluşmaktadır. Bu rapor kapsamında yapılan benzetimlerde, her bir tsunami kaynağında yer alan segmentlerin tamamının depremle beraber kırıldığı kabul edilmiş ve her bir tsunami kaynağı için olası en uzun kırılma boyu kullanılmıştır. Böylece Marmara Denizi'nde sismik etkilerle oluşabilecek toplam 11 farklı tsunami senaryosu belirlenmiştir. Marmara'da yapılan bilimsel araştırmaların sonuçları göstermektedir ki; Marmara Denizi'nde bazı bölgelerde geçmişte deniz altı heyelanları da olmuştur. Deniz altı heyelani ile oluşan tsunamiler sismik kaynaklı tsunamilere göre daha yüksek ve dik dalga özelliğinde olup, en yakın kıyıya çok daha şiddetli etki edebilmektedir. Bu nedenle 3 ayrı deniz altı heyelani da tsunami kaynağı veri tabanına dahil edilmiş ve benzetimler yapılmıştır.

Tablo 1 'de verilen toplam 14 senaryonun her biri ayrı ayrı olarak benzetimlerde kullanılmıştır. Deniz altı heyelanlarının oluşma sebeplerinin başında sismik sarsıntılar yer alır. Bundan başka dip akıntıları, içsel dalgalar (internal waves), ani su düzeyi değişimleri de deniz altı heyelanlarının oluşmasında diğer sebepler arasında yer almaktadır. Deniz altı heyelani ile oluşan tsunami dalgaları, Marmara Denizi'ndeki sismik kaynaklı tsunami senaryoları ile oluşabilecek dalgalarдан çok daha yüksek ve diktir. Bu dalgalar deniz altı heyelan bölgesinde ortaya çıkar ve en yakın kıyıda çok daha fazla baskın alanı yaratır. Bu nedenle sismik kaynaklı senaryolar ile deniz altı kaynaklı senaryolar ayrı ayrı olarak benzetimlerde incelenmiştir.

Kritik Tsunami Senaryolarının Modellenmesi: Modelleme çalışmalarında Tsunami Sayısal Modeli NAMI DANCE kullanılmıştır. NAMI DANCE girdi olarak ya tanımlanmış bir faydan, önceden belirlenmiş bir dalga formundan ya da grid sınırlındaki su yüzeyi dalgalanmalarının zaman serisinden elde edilen tsunami kaynağını kullanır ve dalga hareketini, ilerlemesini, kıyılara gelene kadarki değişimleri, kıyıdaki yükselmeleri ve karadaki baskın alanlarını ve başka

birçok tsunami parametresini hesaplar. Bu aşamada her ilçe ve senaryo için tsunami baskın analizlerinde su basma alanı içinde bulunan yapılar, metropoliten kullanım amaçlarına göre 'sosyal', 'idari' ve 'iktisadi' olmak üzere 3 ana grupta incelenmiştir. Veri tabanında mesken olarak belirtilen yapılar sosyal; okul ve resmi olarak belirtilen yapılar idari; fabrika, imalat, ticari, trafo, elektrik santrali olarak belirtilen yapılar ise iktisadi gruba dahil edilmiştir. Her ilçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri her tsunami senaryosu için ilgili alt bölgelerde sunulmuştur. NAMI DANCE sayısal modeli, çalışma prensipleri ve İstanbul kıyıları için uygulanması ile ilgili olarak İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.

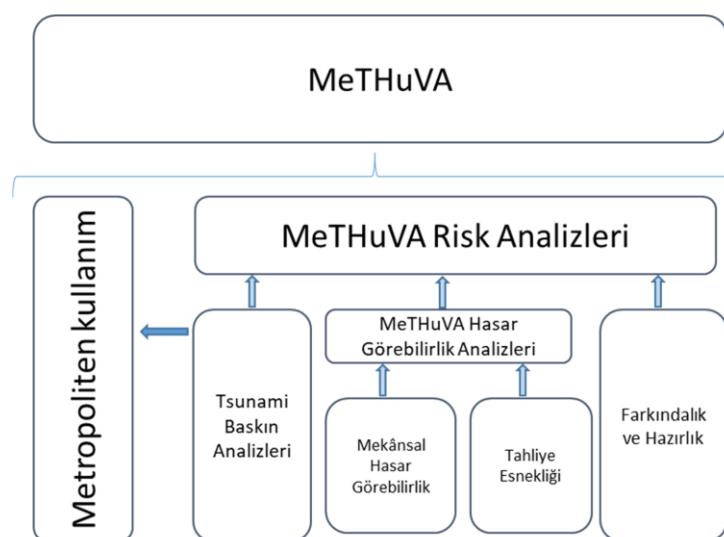
Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

No	Tsunami Senaryosu	Açıklama
1	PI	Prens Adaları Fayı (Oblik(verev)-Normal)
2	PIN	Prens Adaları Fayı (Normal)
3	GA	Ganos Fayı (Oblik (verev) Normal ve Eğik Ters)
4	PI+GA	Prens Adaları Fayı (Oblik(verev)-Normal) ve Ganos Fayı
5	YAN	Yalova Fayı (Oblik(verev) Normal ve Normal)
6	CMN	Orta Marmara Fayı (Normal)
7	SN05	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
8	SN08	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
9	SN10	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
10	SN23	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
11	SN29-30	Marsite Projesi Çıktısı Tsunami Kaynağı
12	LSY	Deniz Altı Heyelanına Bağlı Olası Tsunami Kaynağı (Yenikapı Açıkları)
13	LSBC	Deniz Altı Heyelanına Bağlı Olası Tsunami Kaynağı (Büyükkemce Açıkları)
14	LST	Deniz Altı Heyelanına Bağlı Olası Tsunami Kaynağı (Tuzla Açıkları)

Hasar Görebilirlik Analizleri (MeTHuVA): Metropoliten alanlarda tsunami afeti sırasında bireylerin hasar görebilirlik durumlarının tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Özellikle insanlar için bu afet türünün tehlikesi, afet anında bulundukları konumdan kaynaklanmaktadır. MeTHuVA yöntemi bu ihtiyacı gözterek, metropoliten alanlarda tsunami insan hasar görebilirliğini ve buna bağlı olarak tehlike altındaki alanları ve bu alanlardaki risk seviyesini tespit etmek üzere tasarlanmıştır. MeTHuVA yöntemi, binaların yapı tipinden kaynaklı hasar görebilirliğini değil, bu yapıların kullanım amaçlarını ve afet anında bu alanlardaki insan yoğunluğunu göz önünde bulundurarak analiz etmekte ve bu değişkenlere göre sınıflandırma ve değerlendirme işlemlerini uygulamaktadır. Analizlerde iki ana etken üzerinden yola çıkılmaktadır. Bunlar Mekânsal Hasar Görebilirlik (MHG) ve Tahliye Esnekliği (TE) ana etkenleridir. Mekânsal Hasar Görebilirlik, uygulama alanındaki her bir konum için tsunami

afetinden etkilenmesine bazı fiziksel özelliklerinden kaynaklanan tsunami hasar görebilirlik değerini, Tahliye Esnekliği ise bir bireyin bulunduğu alanda tsunami tehlikesi anında güvenli bir yere ulaşabilmesi için konumundan kaynaklanan tahliye esnekliğini temsil etmektedir. Bu iki ana parametrenin birbirlerine karşı herhangi bir üstünlükleri yoktur. Bu iki ana parametre, Mekânsal Hasar Görebilirlik için, kıyıdan uzaklık, yükseklik, heyelan taç yoğunluğu ve jeoloji olmak üzere dört adet, Tahliye Esnekliği için ise, binaya uzaklık, yol ağına uzaklık, denize dik yolların yoğunluğu ve eğim olmak üzere dört adet alt parametreden oluşmaktadır. Bu alt parametreler ise MeTHuVA hasar görebilirlik analizi için AHP uygulamalarında hiyerarşinin üçüncü ve en alt basamaklarını oluşturmaktadır.

Son parametre ise bölge halkının hazırlıklı olma ve farkındalık seviyesini belirten parametredir. Hazırlıklı olma ve farkındalık seviyeleri toplumun olası bir afeti nasıl karşılayacağını direkt olarak etkilediğinden bu parametre MeTHuVA Risk Analizi 'ne, sonucu büyük oranda etkileyebilecek şekilde dahil edilmiştir. MeTHuVA yöntemine göre, bu parametrenin değeri, diğer bir deyişle toplumun farkındalık ve hazırlıklı olma düzeyi arttıkça diğer parametrelere bağımlı olmaksızın risk seviyesi düşmektedir. MeTHuVA çalışma prensipleri ve İstanbul kıyıları için uygulanması ile ilgili olarak İstanbul Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.



Şekil 3: METHUVA Analizi Akış Diyagramı



Şekil 4: METHUVA Analizi Bileşenleri

Risk Analizleri (MeTHuVA): MeTHuVA kapsamında her bir ilçenin tsunami risk hesaplaması aşağıda verilen MeTHuVA risk denklemi ile yapılmıştır.

$$Risk = (TB) * \left(\frac{MHG}{n * TE} \right)$$

Bu denklemde, TB, tsunami benzetimleri sonucu elde edilen Tsunami Baskını'ni; MHG, Mekânsal Hasar Görebilirliği; TE, Tahliye Esnekliği'ni göstermektedir. Denklemdeki n parametresi ise bölge halkın hazırlıklı olma ve farkındalık seviyesini belirten ve 1 ve 10 arasında değer alan bir katsayıdır. Bölge halkın tsunami olayını yaşadığında gerekliliğinden farkındalık, hazırlık ve zamanında tahliye konularında yeterince bilgi ve deneyim sahibi olduğu durum 10 ile, en hazırlıksız olduğu durum ise 1 ile temsil edilmektedir.

MeTHuVA risk denkleminin elemanları göz önünde bulundurulduğunda, tsunami baskın parametresi doğa tarafından kontrol edilen ve gücü düşürülemeyecek bir etkendir. Metropoliten şehirlerde şehrin yapısı oturmuş olduğundan ve kolayca değiştirilemeyeceğinden Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği parametreleri de riski azaltmak üzere hızlıca ve etkili bir şekilde değiştirilemez. Ancak, toplumun hazırlıklı olma ve farkındalık düzeyini temsil eden n parametresi, risk denklemi içinde zaman içinde değiştirilebilecek en etkin parametredir.

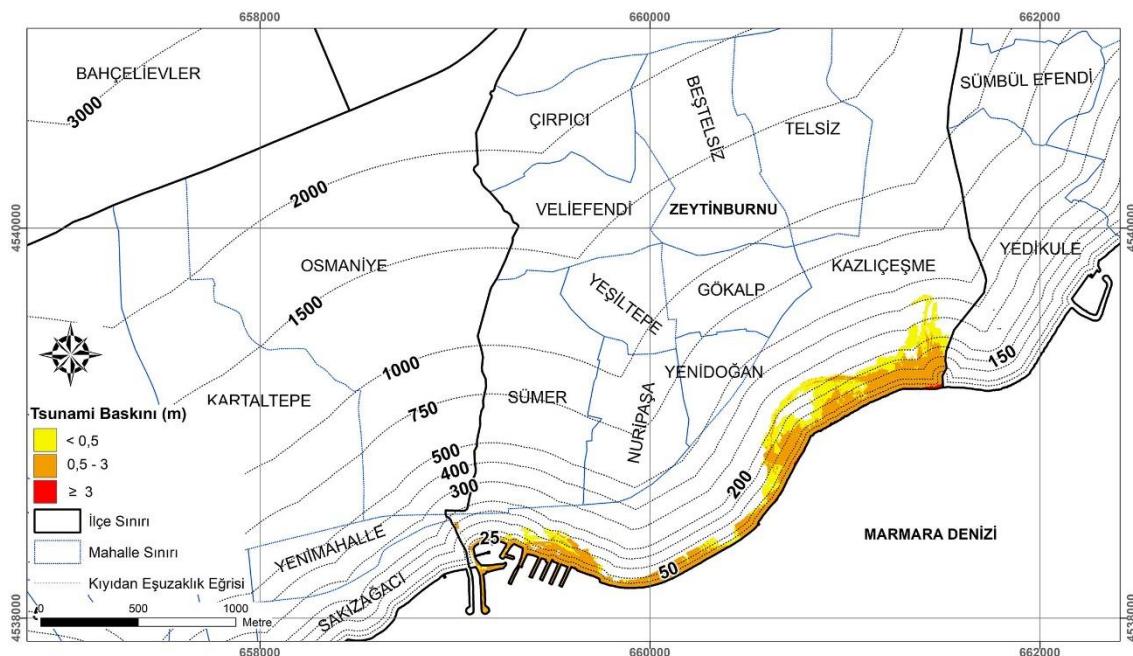
Toplumun tsunami ile ilgili bilgisinin artırılması ve ilgili birimlerce alınacak önlemler n parametresinin değerinde artış sağlayarak riskin azalmasına sebep olacaktır.

2004 Hint Okyanusu ve 2011 Tohoku felaketlerinin ardından tüm dünyada tsunami olayına karşı artan farkındalık ve 1999 İzmit depreminden sonra Marmara Denizi için gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası projeler gözetilerek bu projede İstanbul ilçeleri için uygun görülen n parametresi değeri 3 olarak kabul edilmiştir.

4.ZEYTİNBURNU İLÇESİ TSUNAMI BASKIN ANALİZLERİ

4.1.Zeytinburnu İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Zeytinburnu ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynaklarının Marmara Denizi içinde bulunan Prens Adaları Fayı (Prince Islands Fault-PIN) ve Yalova Normal Fayı (Yalova Normal Fault-YAN) olduğu tespit edilmiştir. Zeytinburnu ilçesine ait sonuçları ayrı ayrı sunulan PIN ve YAN tsunami kaynakları oldukça benzer sonuçlar sunduğundan bu bölümde birlikte ele alınmıştır. Bu iki tsunami senaryosunun birlikte değerlendirilmesi; iki senaryonun tsunami su basmasına ait sonuçlarının Zeytinburnu ilçe sınırları içinde etkiledikleri her alan için iki kaynak arasından maksimum değere sahip olan senaryodan gelen değerin seçilmesi yoluyla yapılmıştır. Tsunami kaynağı olarak PIN ve YAN kullanılarak yapılan 5 m çözünürlüklü benzetimlerin birleştirilmesi sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 5'te gösterilmiştir. PIN ve YAN kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Zeytinburnu ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 5.95 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 470 metreye ulaşmaktadır.



Şekil 5: PIN ve YAN Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

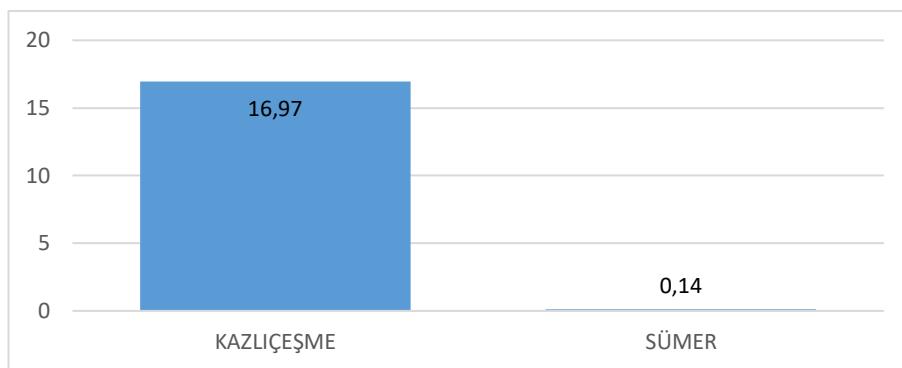
Yatayda su ilerlemesini arttıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Zeytinburnu ilçesinde özellikle 10. Yıl Deresi yatağında su ilerlemesi ve bunlardan kaynaklı taşmalar hesaplanmıştır.

Benzetim sonuçlarına göre, PIN/YAN kaynaklı olası bir tsunamiye, Zeytinburnu ilçesinin %3.29'unu kapsayan 0.38 km²'lik bir alanda ve 2 mahallede tsunami su baskını öngörmektedir. Tsunami su baskını alanının Zeytinburnu ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve

ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 2 ve Şekil 6' da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre Kazlıçeşme Mahallesi'nin %16.97'si tsunami su basmasından etkilenmektedir. İlçedeki maksimum su basma derinliği Kazlıçeşme Mahallesi'nde noktasal olarak 5,95 m olarak hesaplanmıştır. Sümer Mahallesi'nin ise %0.14'ü su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 2: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN/YAN)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah. Alanı (km ²)	Su basma alanı %
KAZLIÇEŞME	5.95	0.83	382.750	2.255	16.97
SÜMER	1.96	0.81	900	0.658	0.14



Şekil 6: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN/YAN)

PIN/YAN kaynaklı olası bir tsunamide Zeytinburnu ilçesi içinde bulunan 16.703 yapıdan 22'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bu yapılar Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirilmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 3'te verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre PIN/YAN kaynaklı olası bir tsunamide yalnızca Kazlıçeşme Mahallesi'ndeki binaların etkilendiği görülmüştür. Kazlıçeşme Mahallesi'ndeki İdari yapı grubundaki resmi binaların %3.17'si etkilenirken, İktisadi grup içinde yer alan trafo binalarının %25'i ve ticari binaların %7.36'sı su basmasından etkilenmiştir.

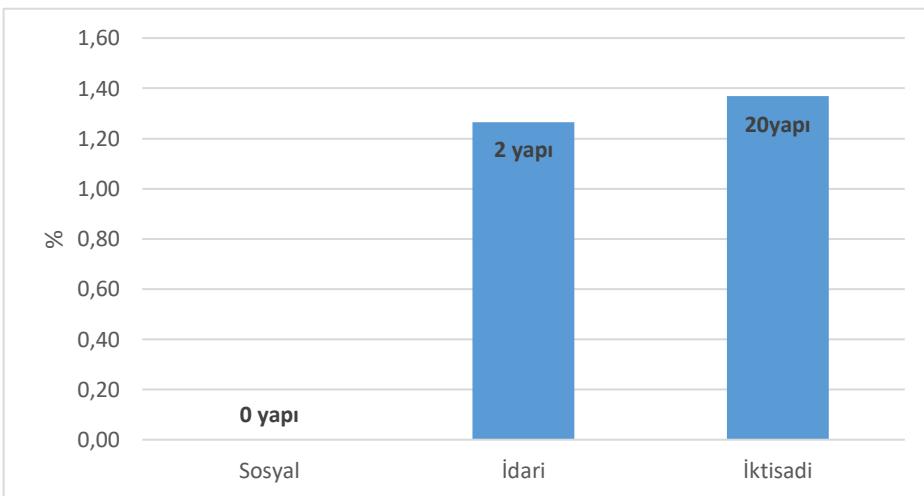
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7' de sunulmuştur. Zeytinburnu ilçesi genelinde PIN/YAN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapılarda herhangi bir etki gözlenmezken, İdari yapıların %1.27'si, İktisadi yapıların ise %1.37'si su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 3: Zeytinburnu İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN/YAN)

	İlçe Genel	İdari			İktisadi	
		Resmi	Ticari	Trafo	Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı	
	Kazlıçeşme	63	258	4	596	
	İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	158	1.420	42	16.703 (ilçe geneli toplam bina sayısı)	

Etkilenen birimler	Resmi	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Kazlıçeşme	2	19	1	22
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	2	19	1	22 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 22 (Toplam etkilenen bina sayısı)

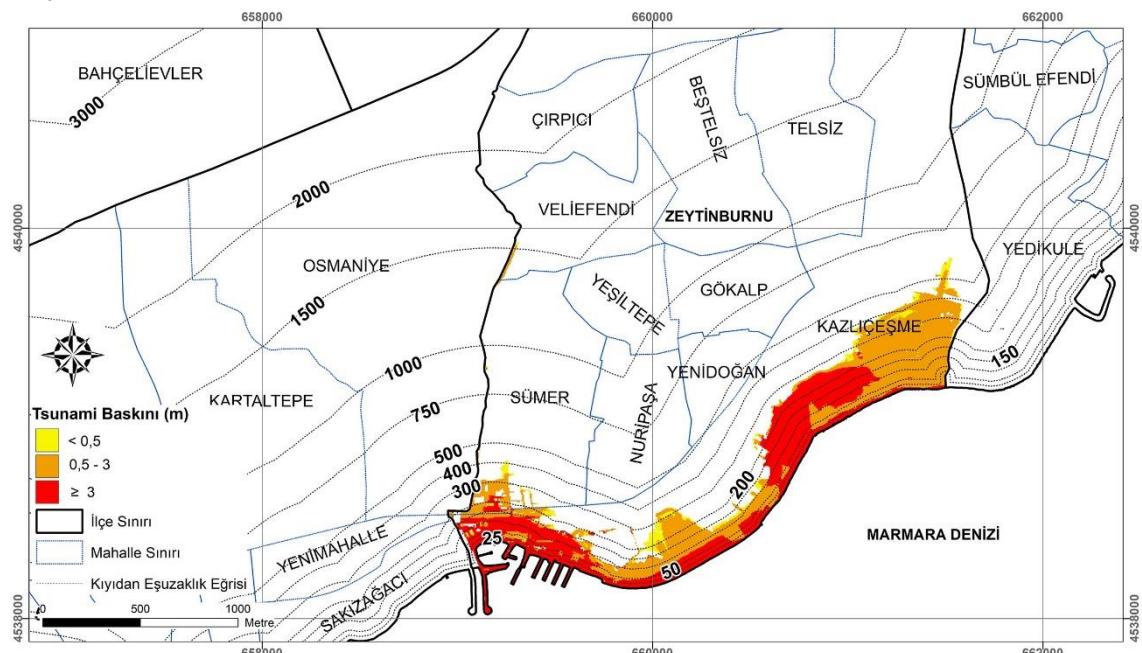
Etkilenen birimler %	Resmi	Ticari	Trafo
Kazlıçeşme	3.17	7.36	25.00
İlçe Toplamı	1.27	1.34	2.38



Şekil 7: Zeytinburnu İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN/YAN)

4.2. Zeytinburnu İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Zeytinburnu ilçesi için kritik deniz altı heyelani kaynaklı tsunami senaryolarından birinin Büyükçekmece Deniz Altı Heyelani (LSBC) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak LSBC kullanılarak yapılan 5 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir. LSBC kaynaklı benzetim sonuçlarına göre, Zeytinburnu ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 8.93 metreye ulaştığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 690 metreye ulaşmaktadır.

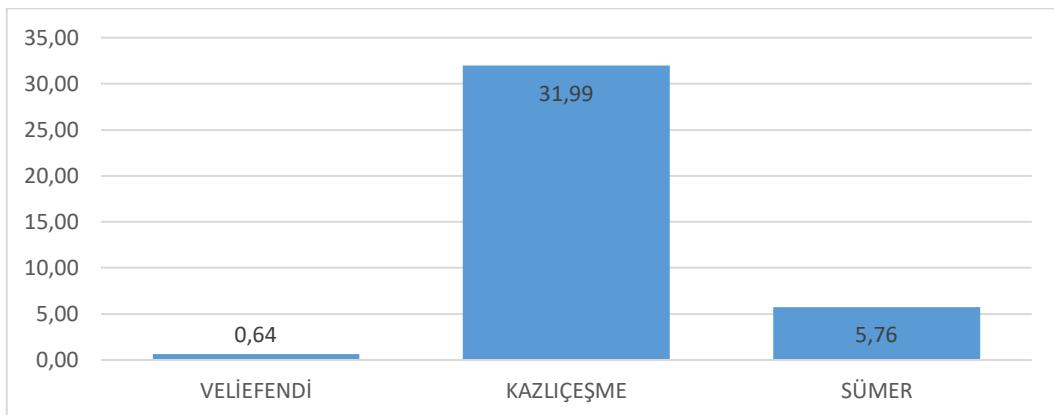


Şekil 8: LSBC Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Benzetim sonuçlarına göre, LSBC kaynaklı olası bir tsunamiye, Zeytinburnu ilçesinin %6.54'ünü kapsayan 0.76 km^2 'lik bir alanda ve 3 mahallede tsunami su baskını öngörmektedir. Tsunami su baskını alanının Zeytinburnu ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 4 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre maksimum su derinliğinin noktasal olarak 8.93 m hesaplandığı Kazlıçeşme Mahallesi'nin %31.99'unda su basması tespit edilmiştir. Bunu Sümer Mahallesi %5.76 ile takip etmektedir. Veliefendi Mahallesi'nin ise %0.64'ü su basma alanı içinde bulunmaktadır.

Tablo 4: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSBC)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah. Alanı (km ²)	Su basma alanı %
KAZLIÇEŞME	8.93	2.83	721.525	2.255	31.99
SÜMER	4.65	1.86	37.875	0.658	5.76
VELİEFENDİ	2.99	1.73	2.575	0.402	0.64



Şekil 9: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSBC)

LSBC kaynaklı olası bir tsunamiye Zeytinburnu ilçesi içinde bulunan 16.703 yapıdan 130'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 122'si Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirilmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 5'de verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSBC kaynaklı olası bir tsunamiye Kazlıçeşme Mahallesi'nde bulunan ve sosyal yapı grubu içinde yer alan mesken binalarının %6.48'sinin suyla teması bulunmaktadır. Sümer Mahallesi'nde ise idari yapı grubunda bulunan resmi binaların %91.67'si su basmasından etkilenmiştir. Ayrıca Kazlıçeşme ve Sümer mahallelerindeki trafoların %50 oranında sudan etkilendikleri tespit edilmiştir. Veliefendi Mahallesi'nde ise yalnızca bir adet ticari bina su basmasından etkilenmiştir.

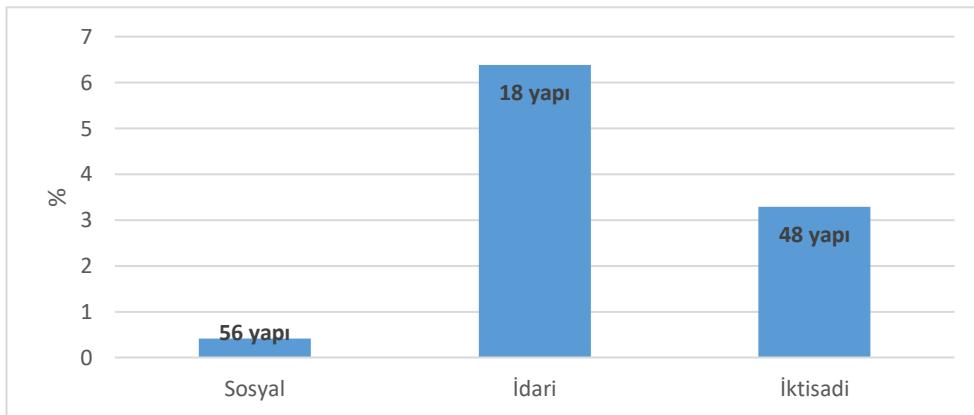
Zeytinburnu ilçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Zeytinburnu ilçesi genelinde LSBC kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.42'si, İdari yapıların %6.38'i ve İktisadi yapıların ise %3.28'i su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 5: Zeytinburnu İlçesi Suya Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSBC)

	Sosyal	İdari		İktisadi		Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
İlçe Genel	Mesken	Okul	Resmi	Ticari	Trafo	
Kazlıçeşme	108	19	63	258	4	596
Sümer	1392	18	12	11	2	1.455
Veliefendi	1327	4	1	6	1	1.353
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	13.382	124	158	1.420	42	16.703 (ilçe geneli toplam bina sayısı)

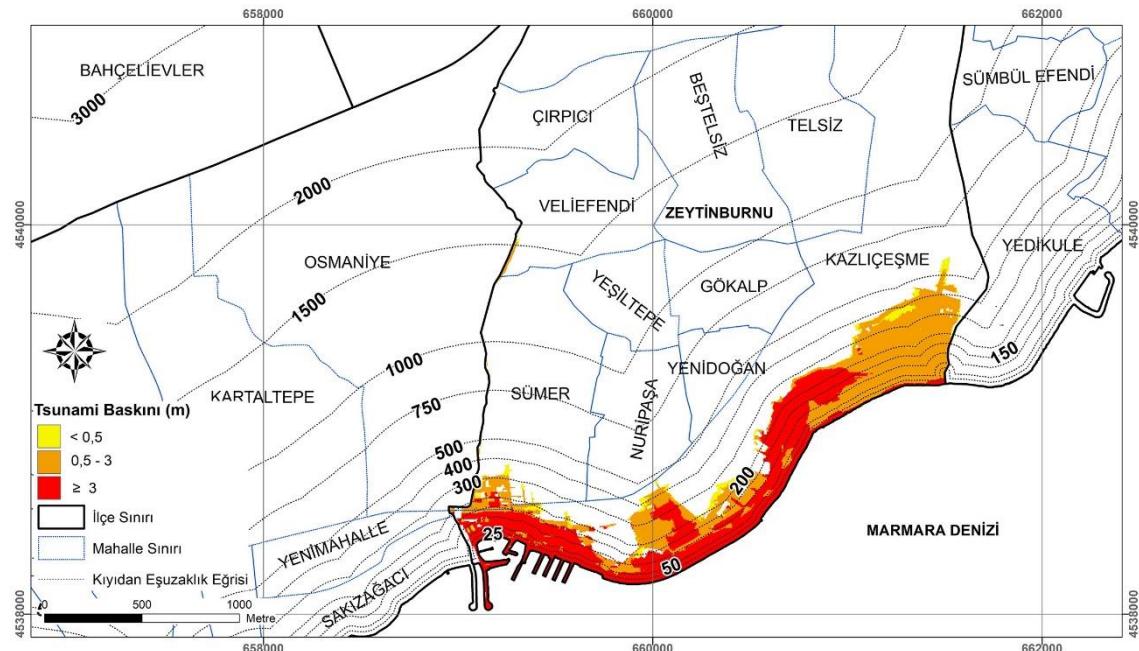
Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Kazlıçeşme	7	1	5	44	2	59
Sümer	49	1	11	0	1	62
Veliefendi	0	0	0	1	0	1
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	56	2	16	45	3	122 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 130 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Ticari	Trafo
Kazlıçeşme	6.48	5.26	7.94	17.05	50.00
Sümer	3.52	5.56	91.67	0.00	50.00
Veliefendi	0.00	0.00	0.00	16.67	0.00
İlçe Toplamı	0.42	1.61	10.13	3.17	7.14



Şekil 10: Zeytinburnu İlçesi Suya Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSBC)

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Zeytinburnu ilçesi için kritik deniz altı heyelani kaynaklı tsunami senaryolarından bir diğerinin Yenikapı Deniz Altı Heyelani (LSY) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak LSY kullanılarak yapılan 5 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 11'de gösterilmiştir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Zeytinburnu ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 12.1 metreye ulaşığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 650 metreye ulaşmaktadır.

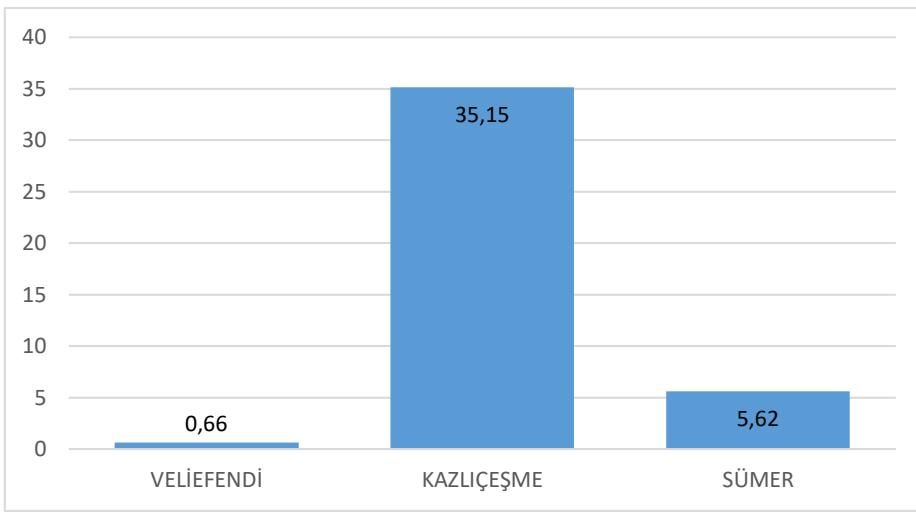


Şekil 11: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini artıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Zeytinburnu ilçesinde özellikle 10.Yıl Deresi yatağında su ilerlemesi ve bunlardan kaynaklı taşmalar hesaplanmıştır. Benzetim sonuçlarına göre, LSY kaynaklı olası bir tsunamide, Zeytinburnu ilçesinin %7.14'ünü kapsayan 0.83 km²'lik bir alanda ve 3 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Zeytinburnu ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 6 ve Şekil 12'de gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre noktasal olarak maksimum su derinliğinin 12.1 m hesaplandığı Kazlıçeşme Mahallesinin %35.15'inde su basması tespit edilmiştir. Bunu Sümer Mahallesi %5.62 ile takip etmektedir. Veliefendi Mahallesi'nin ise %0.66'sı su basma alanı içinde bulunmaktadır.

Tablo 6: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah. Alanı (km ²)	Su basma alanı %
KAZLIÇEŞME	12.10	3.23	792.625	2.255	35.15
SÜMER	4.86	1.81	37.000	0.658	5.62
VELİEFENDİ	2.90	1.69	2.650	0.402	0.66



Şekil 12: Zeytinburnu İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)

LSY kaynaklı olası bir tsunami Zeytinburnu ilçesi içinde bulunan 16.703 yapıdan 152'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 142'si Metropoliten Kullanım (MK) değerlendirmeleri kapsamında sosyal, idari ve iktisadi grupları altında değerlendirmeye alınmıştır. İlçe genelinde ve mahalle bazında su basma alanında yukarıda belirtilen gruplar içinde bulunan yapı türlerinin sayıları ve etkilenen birimlerin yüzdeleri Tablo 7'de verilmiştir.

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LSY kaynaklı olası bir tsunami Kazlıçeşme Mahallesi'nde bulunan ve sosyal yapı grubu içinde yer alan mesken binalarının %16.67'sinin suyla teması bulunmaktadır. Sümer Mahallesinde ise idari yapı grubunda bulunan resmi binaların %91.67'si su basmasından etkilenmiştir. Ayrıca Kazlıçeşme ve Sümer mahallelerindeki trafoların %50 oranında sudan etkilendikleri tespit edilmiştir. Veliefendi Mahallesi'nde ise yalnızca bir adet ticari bina su basmasından etkilenmiştir. Zeytinburnu ilçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 13'de sunulmuştur.

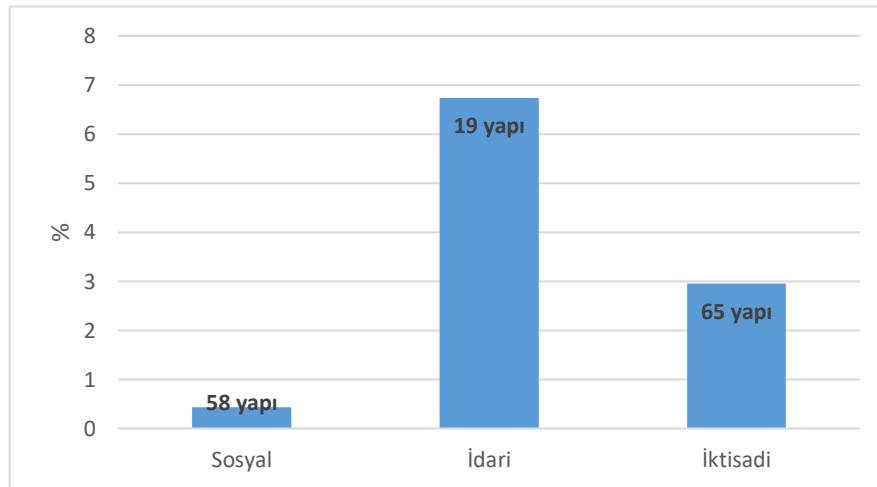
Zeytinburnu ilçesi genelinde LSY kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.43'ü, İdari yapıların %6.74'ü ve İktisadi yapıların ise %2.96'sı su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 7: Zeytinburnu İlçesi Suya Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)

	Sosyal	İdari		İktisadi			Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
İlçe Genel	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	Ticari	Trafo	
Kazlıçeşme	108	19	63	91	258	4	596
Sümer	1.392	18	12	-	11	2	1.455
Veliefendi	1.327	4	1	-	6	1	1.353
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	13.382	124	158	736	1.420	42	16.703 (ilçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen birimler	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Kazlıçeşme	18	2	5	7	54	2	88
Sümer	40	1	11	0	0	1	53
Veliefendi	0	0	0	0	1	0	1
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	58	3	16	7	55	3	142 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 152 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen birimler %	Mesken	Okul	Resmi	Fabrika	Ticari	Trafo
Kazlıçeşme	16.67	10.53	7.94	7.69	20.93	50.00
Sümer	2.87	5.56	91.67	-	0.00	50.00
Veliefendi	0.00	0.00	0.00	-	16.67	0.00
İlçe Toplamı	0.43	2.42	10.13	0.95	3.87	7.14



Şekil 13: Zeytinburnu İlçesi Suya Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)

5. ZEYTİNBURNU İLÇESİ MeTHuVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul ilinin batısında Marmara kıyısında 40,97-41,03 K ve 28,88-28,92 D koordinatları arasında yer alan Zeytinburnu ilçesi 11,58 km² yüz ölçümüne sahiptir. Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları, takip eden başlıklarda verilmiştir.

5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik

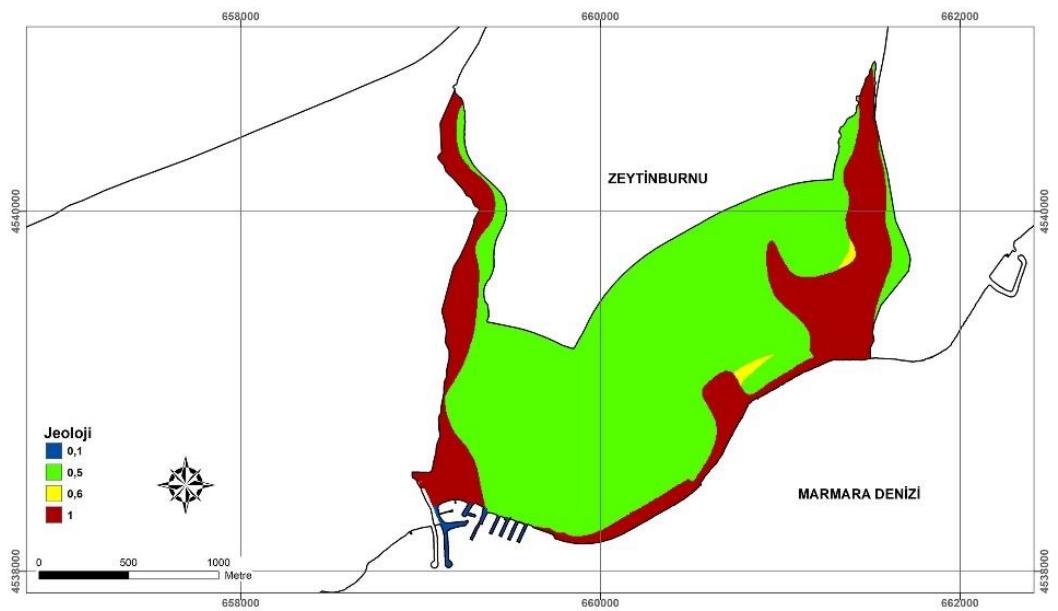
5.1.1. Jeoloji

Zeytinburnu uygulama alanı sınırları içerisinde 3 ana jeolojik birim bulunmaktadır. Bu birimler: Güncel Birikintiler-Qg (Alüvyon-Qal, Plaj birikintisi-Qp), Çekmece Formasyonu-Tç (Bakırköy üyesi-Tcb, Güngören üyesi-Tcg) ve kaya dolgudur.

İlçe uygulama alanı içinde bulunan bu birimler, MeTHuVA Hasar Görebilirlik Analizleri kapsamında anlatıldığı üzere, jeoteknik ve jeolojik özellikleri bakımından değerlendirilmiş ve sıralama değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Bu sıralama değerleri ile oluşturulan Zeytinburnu ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 14'te gösterilmiştir.

Tablo 8: Zeytinburnu Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler ve Sıralama Değerleri

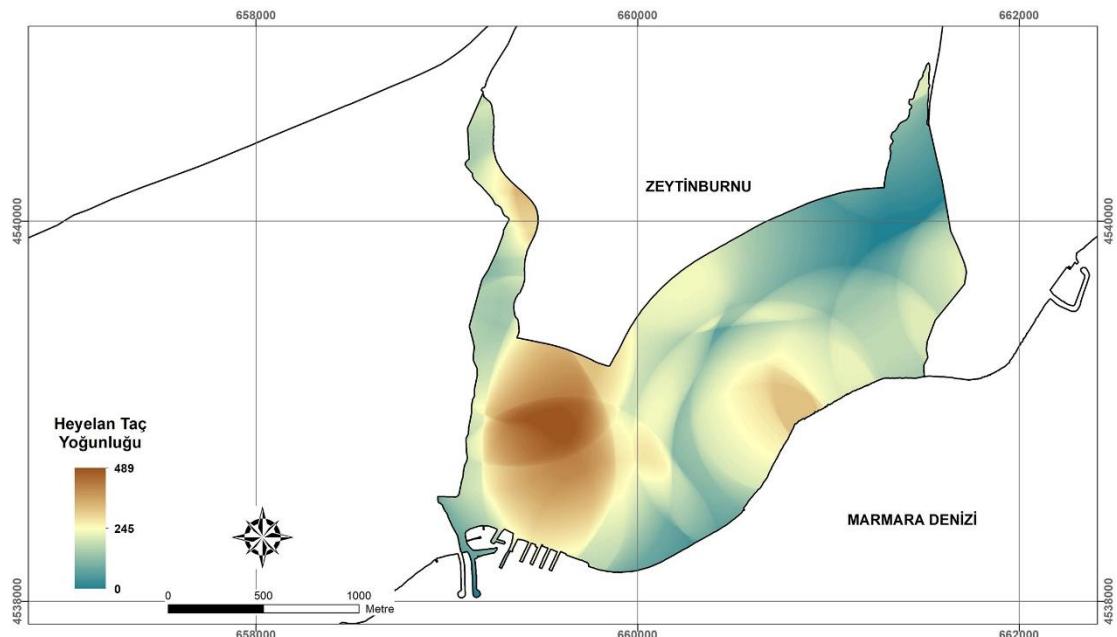
Yaş	Jeolojik Birim	Standardize Sıralama Değerleri		
Kuvaterner	Antropojenik Dolgu	Yd	Yapay Dolgu	1
		Kd	Kaya Dolgu	0,1
	Qg (Güncel Birikintiler)	Qal	Alüvyon	1
		Qp	Plaj Birikintisi	1
Geç Oligosen – Erken Miyosen	Tç (Çekmece Formasyonu)	Tcb	Bakırköy üyesi	0,5
		Tcg	Güngören üyesi	0,6



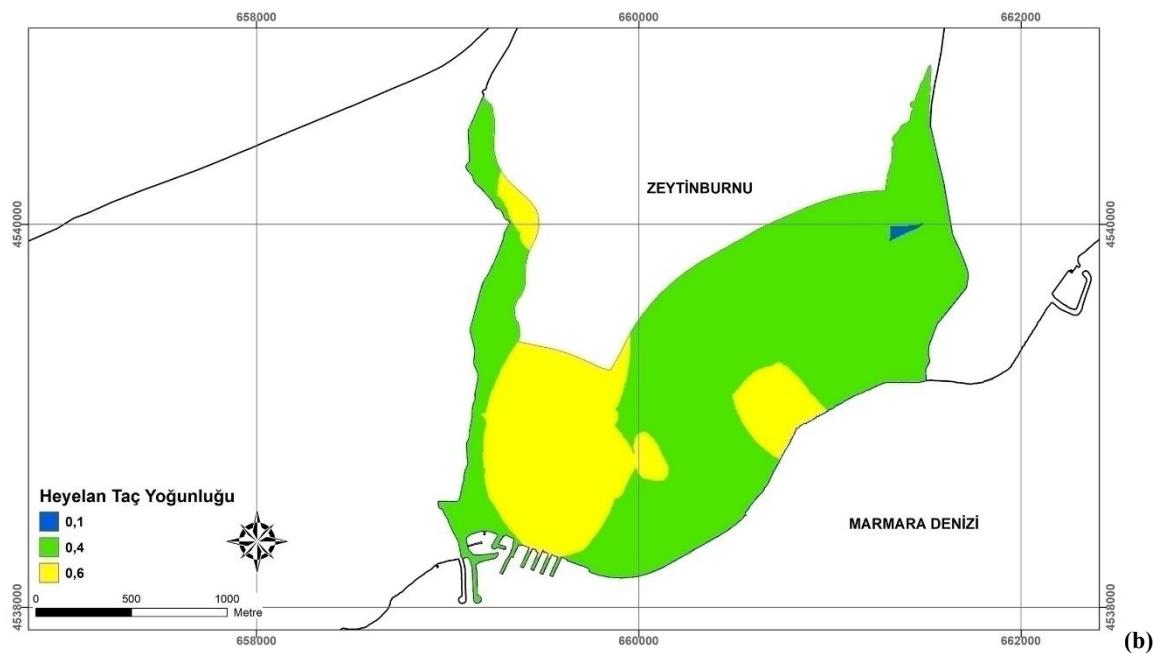
Şekil 14: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu

Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'de sunulmuştur.



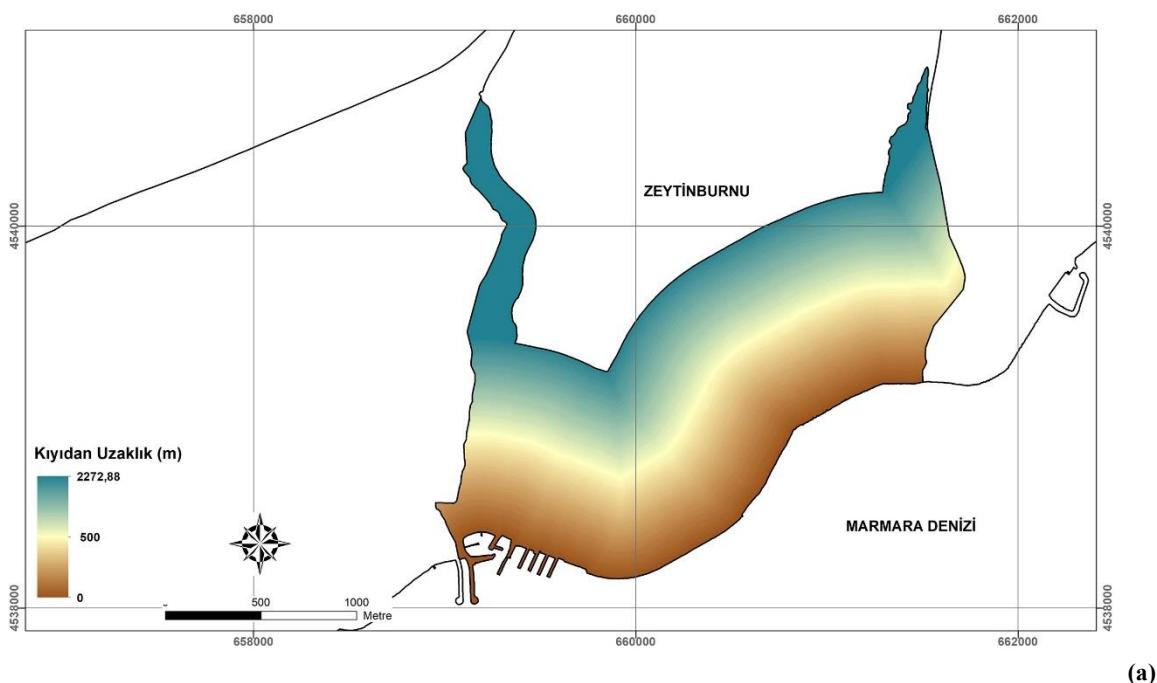
(a)

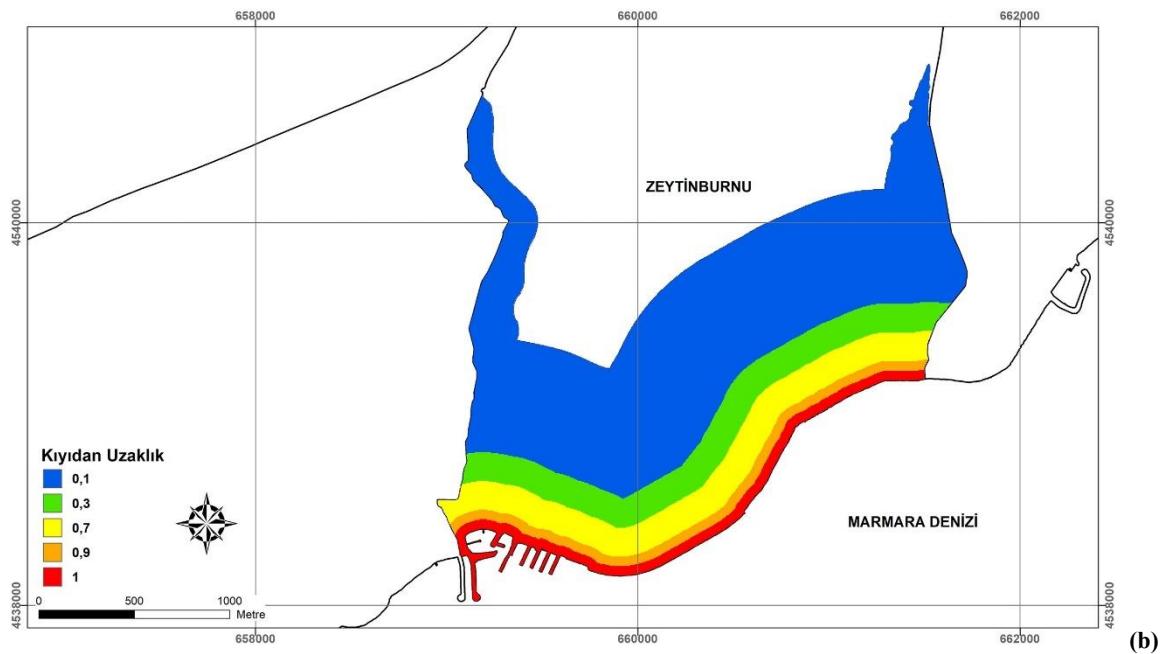


Şekil 15: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.3. Kıyıdan Uzaklık

Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı kıyıdan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'da sunulmuştur.

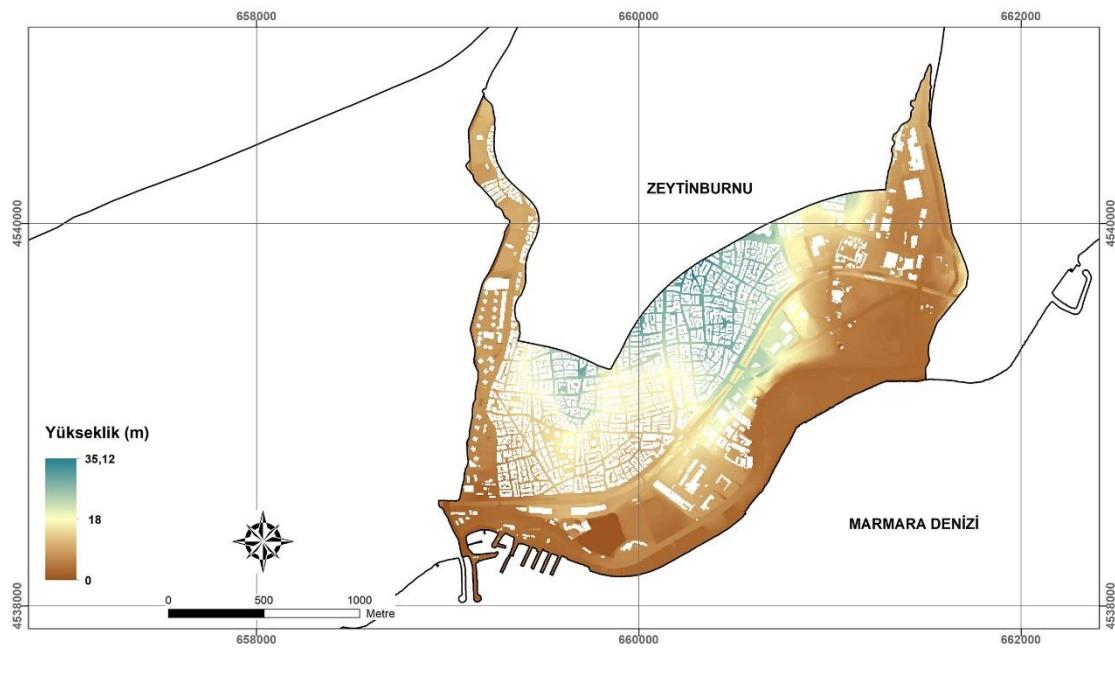




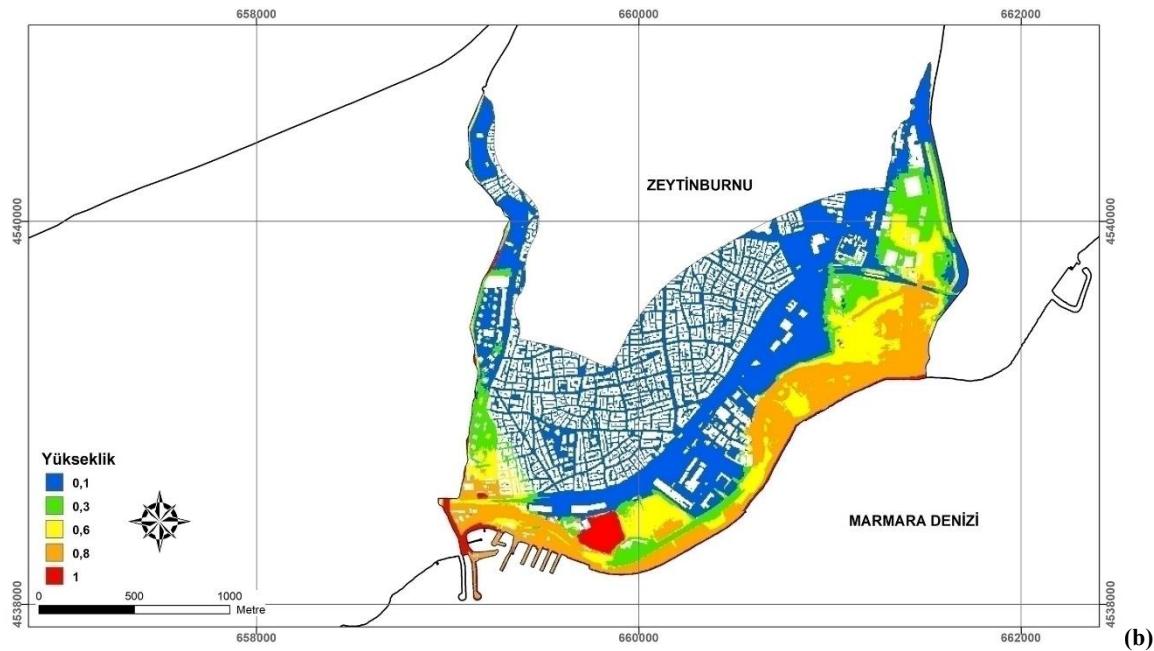
Şekil 16: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.4. Yükseklik

Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı yükseklik parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 17'de sunulmuştur.



(a)

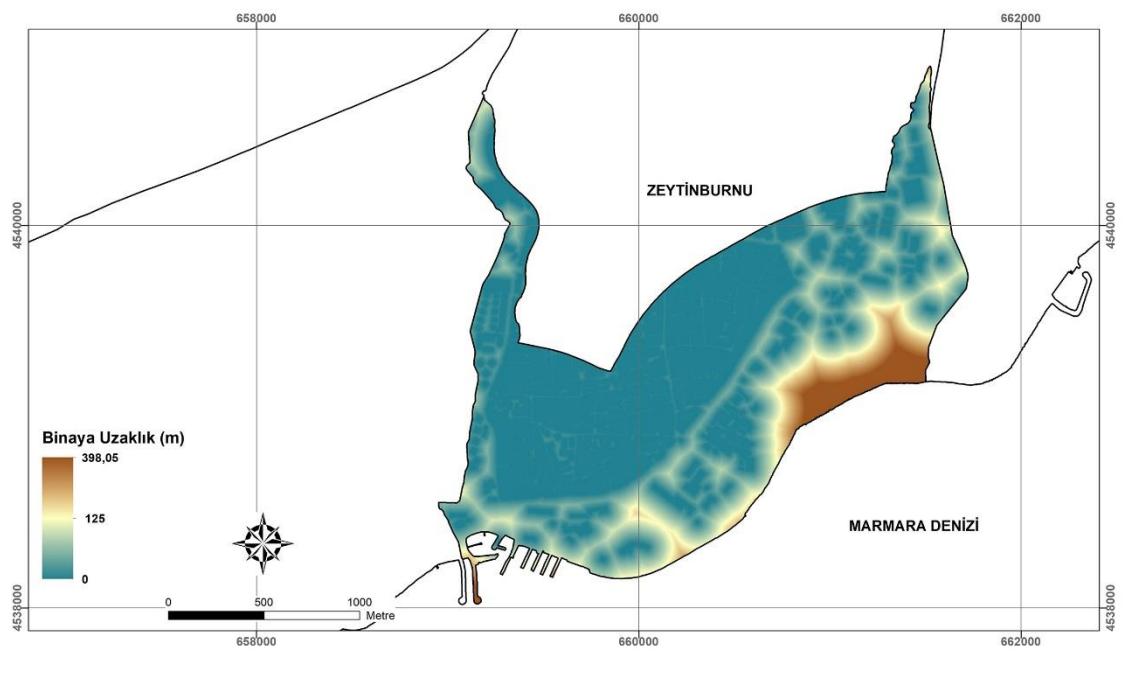


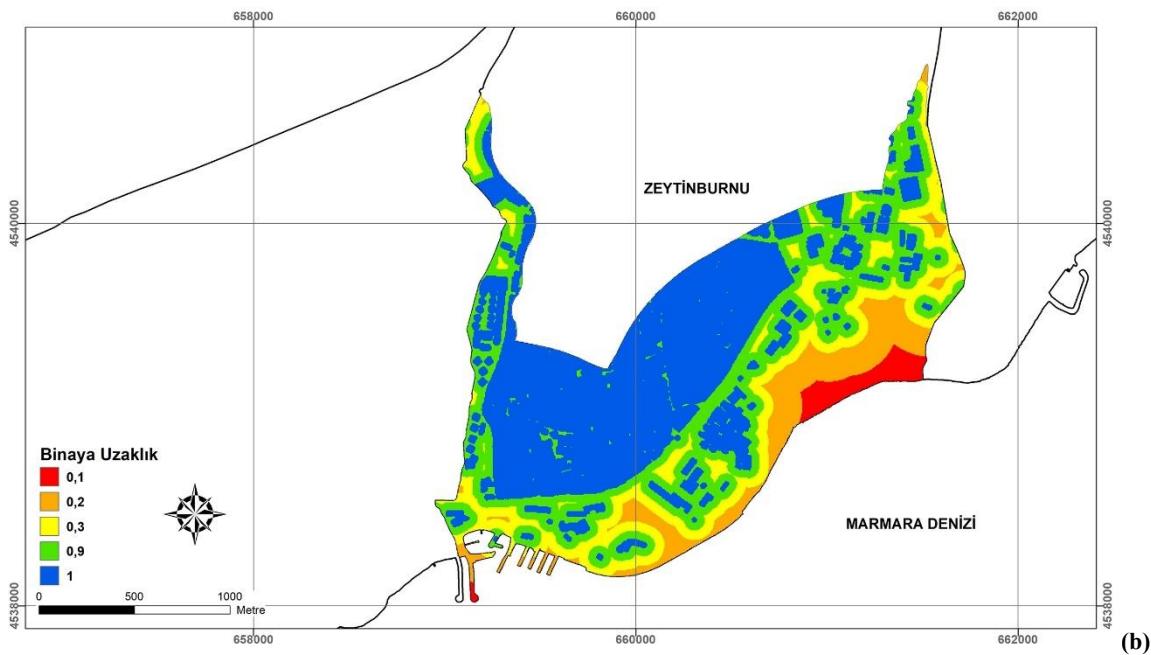
Şekil 17: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.Tahliye Esnekliği

5.2.1.Binaya Uzaklık

Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı binaya uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 18'de sunulmuştur.

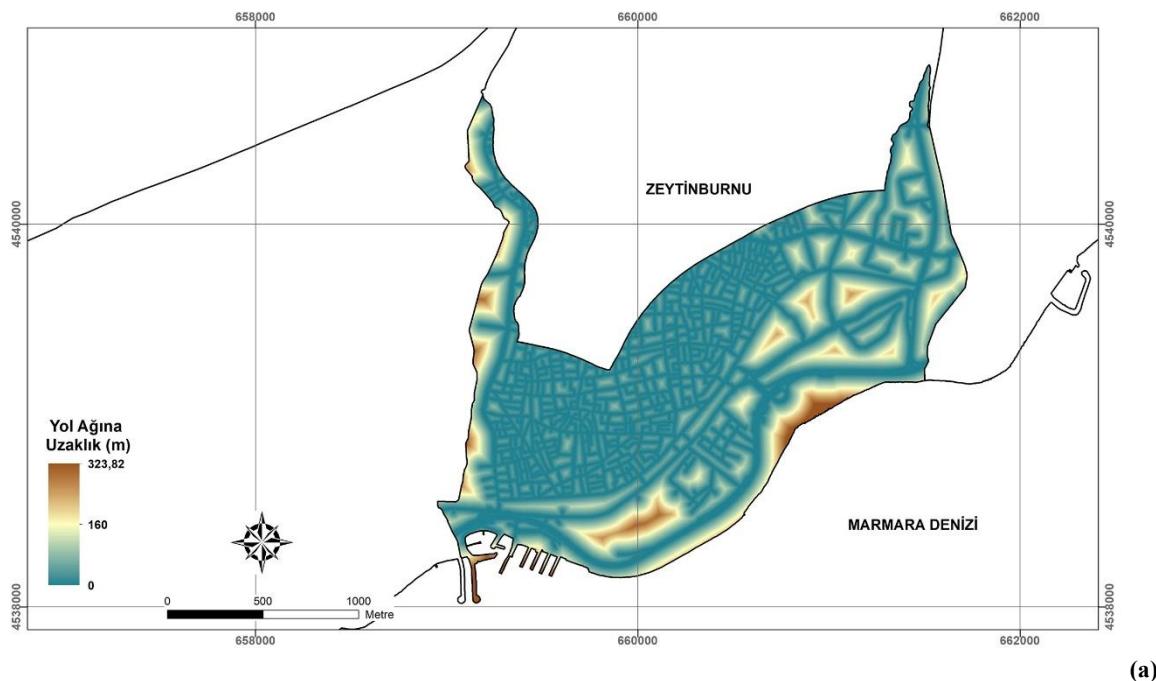


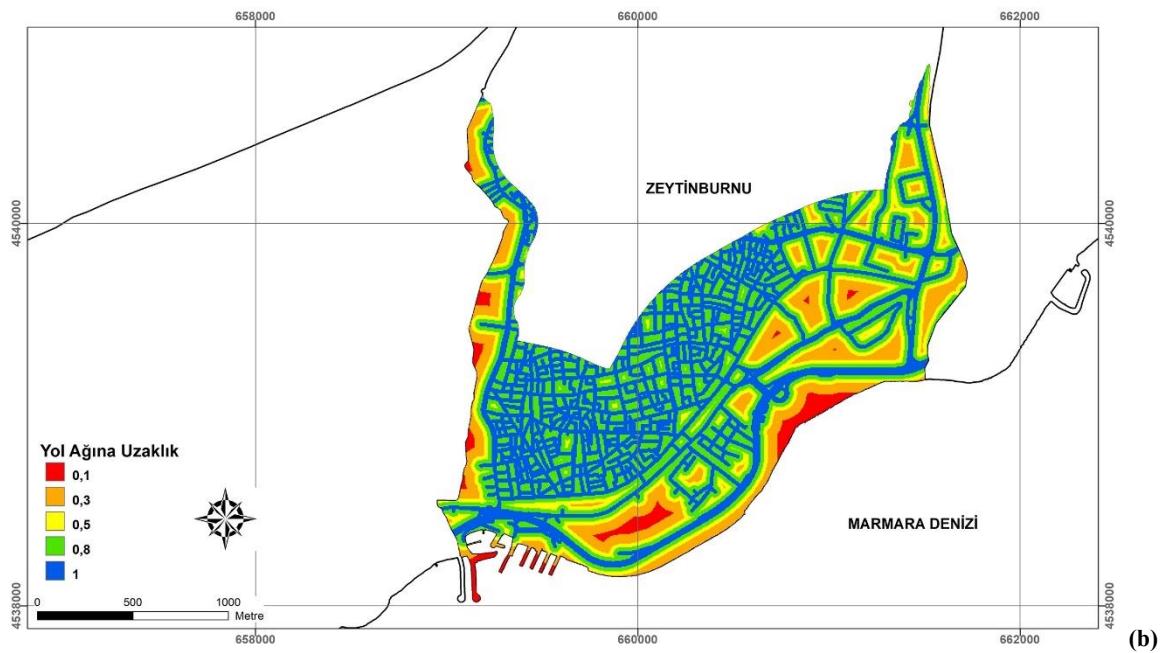


Şekil 18: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.2. Yol Ağına Uzaklık

Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 19'da sunulmuştur.

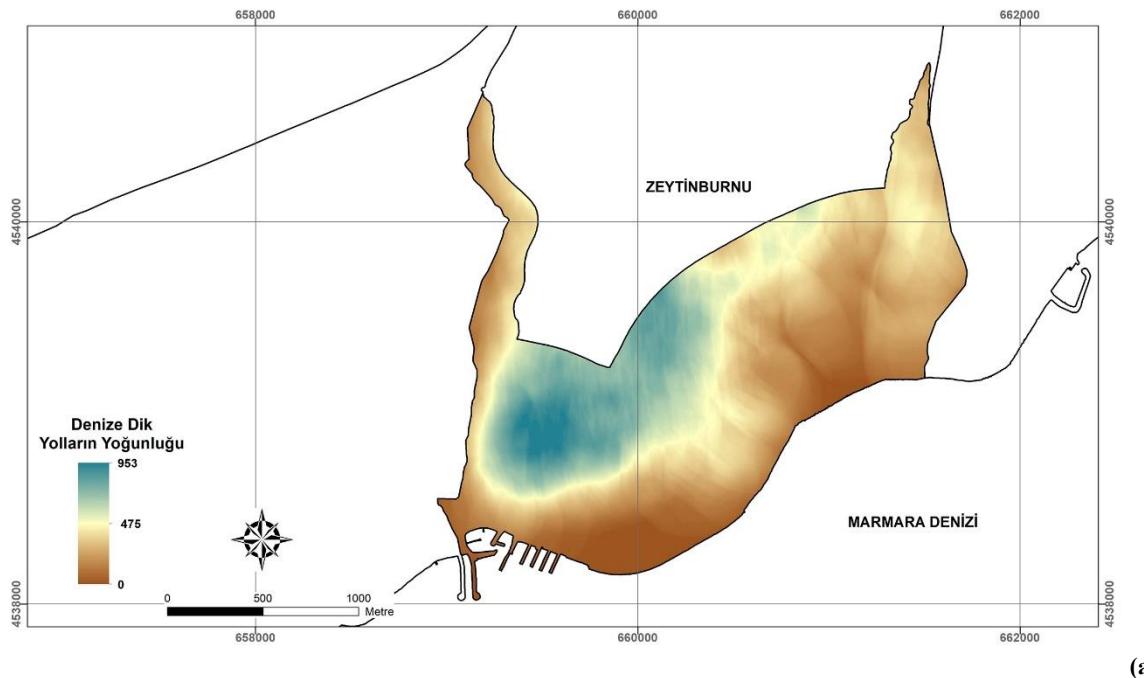




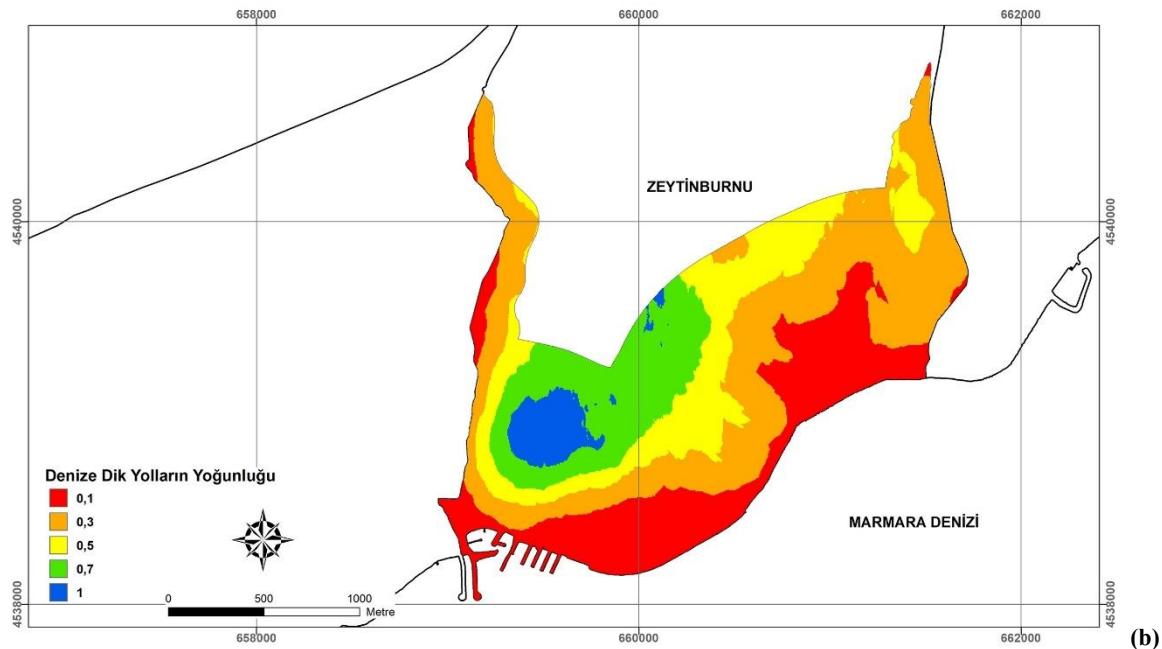
Şekil 19: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu

Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 20'de sunulmuştur.



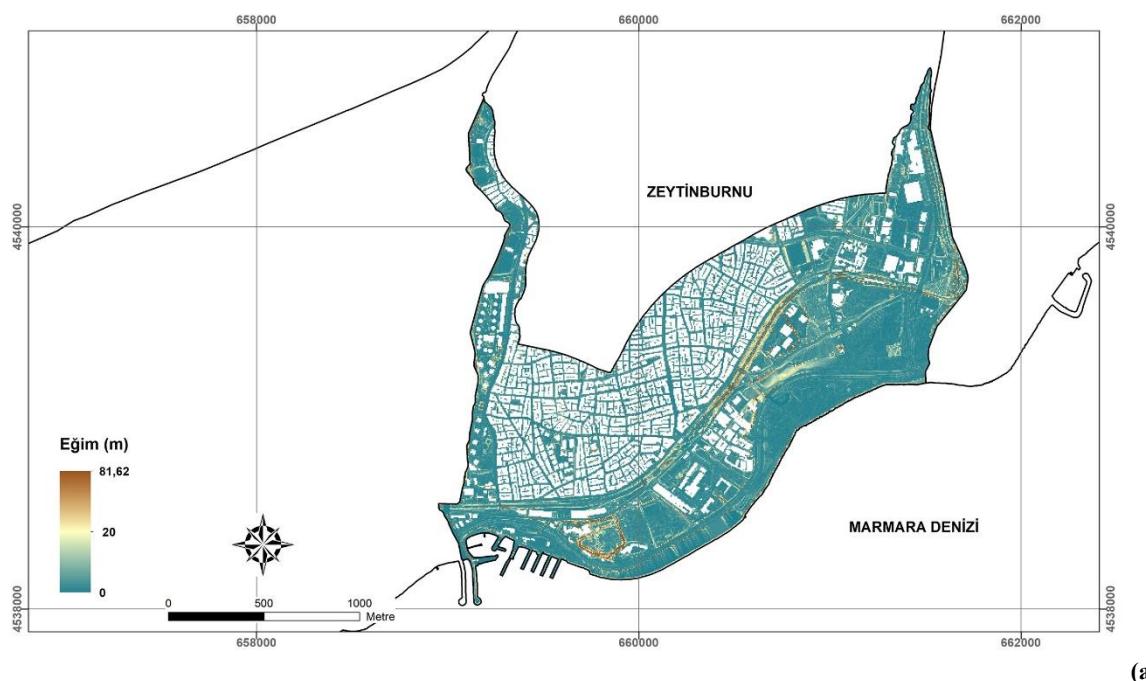
(a)



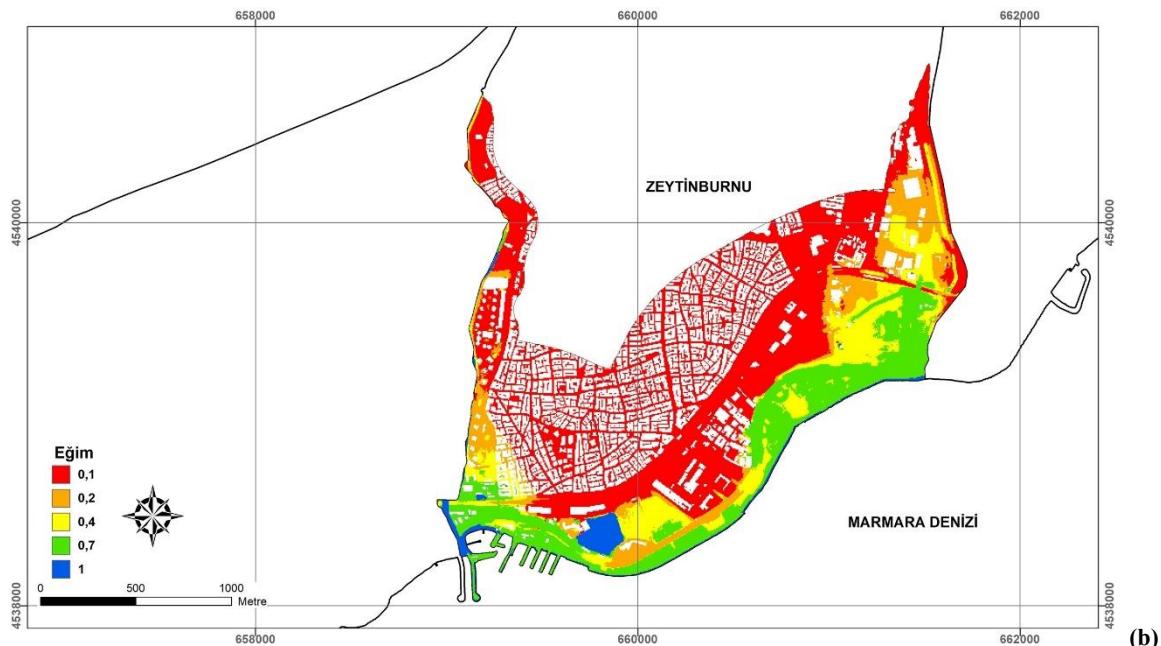
Şekil 20: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.4. Eğim

Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 21'de sunulmuştur.



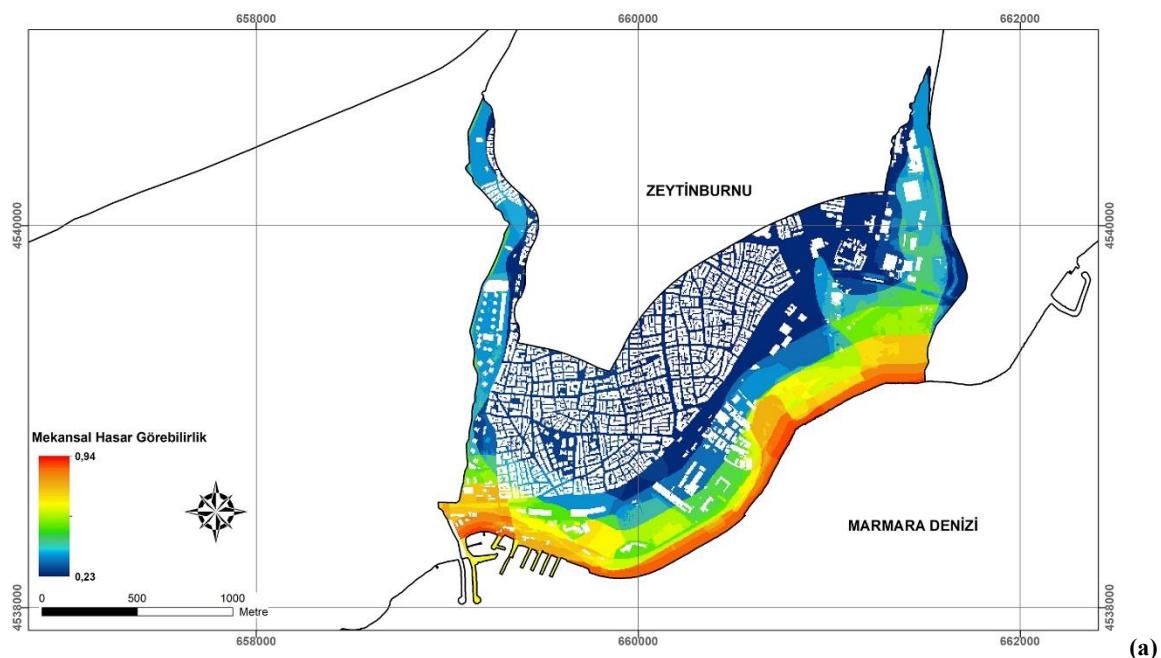
(a)

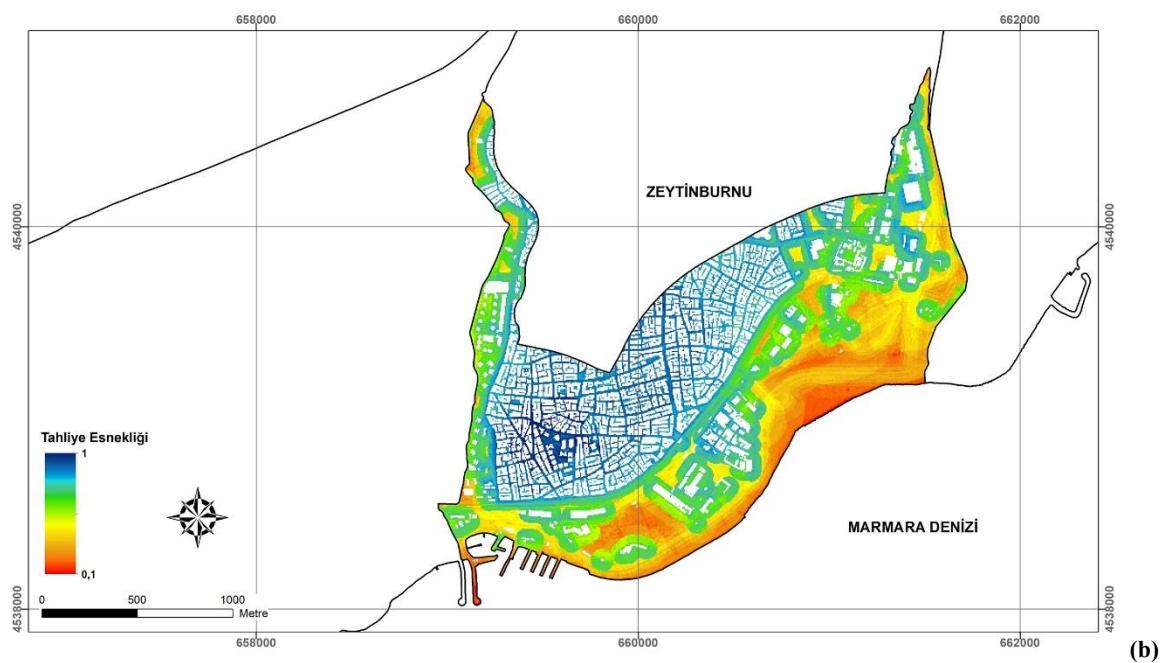


Şekil 21: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.3.Zeytinburnu İlçesi MeTHuVA Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

Zeytinburnu ilçesi için üretilen Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği sınıflandırılmış alt parametre haritaları ve ikili karşılaştırmalara göre belirlenen ağırlık değerleri kullanılarak Zeytinburnu ilçesi için Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği haritaları üretilmiştir (Şekil 22).





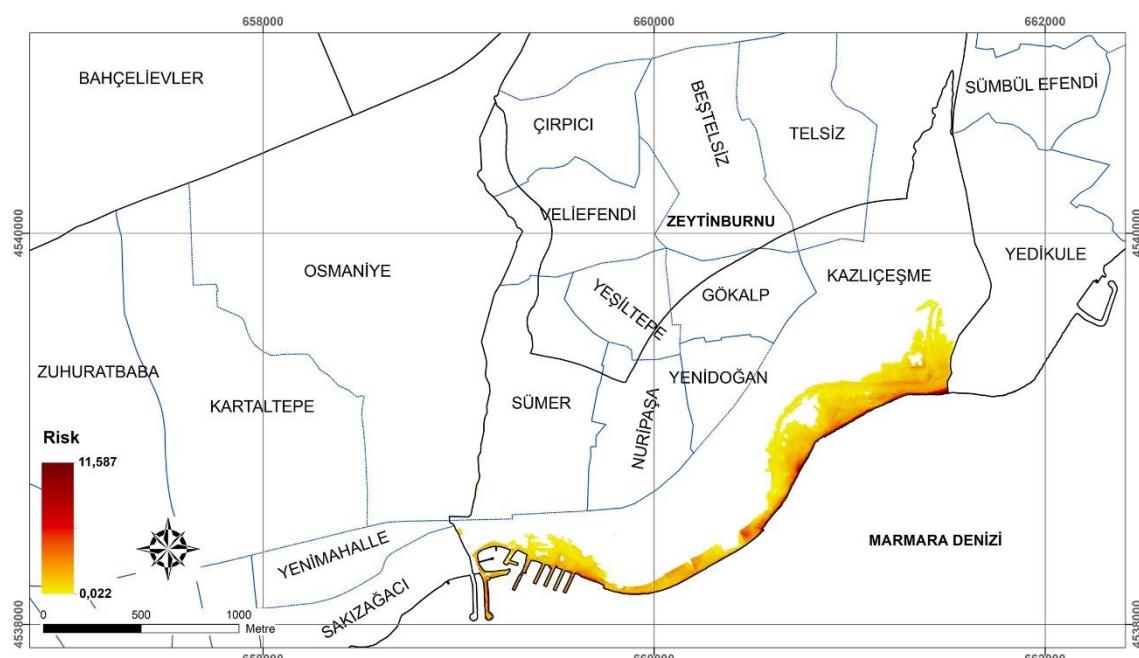
Şekil 22: Zeytinburnu Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası

6. ZEYTİNBURNU İLÇESİ MeTHuVA RİSK ANALİZLERİ

MeTHuVA tsunami risk denklemine göre, Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı için biri sismik kaynaklı, ikisi deniz altı heyelani kaynaklı olmak üzere üç MeTHuVA risk haritası oluşturulmuştur. Risk haritalarında hesaplanan değerler, uygulanan denklem dolayısıyla yalnızca su basmasının olduğu yerlerde sıfırdan farklı değer vermektedir. Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı için sismik ve deniz altı heyelani kaynaklı MeTHuVA risk analiz değerlendirmeleri aşağıda iki alt başlık altında verilmiştir.

6.1. Zeytinburnu İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 23'te verilmiştir. Bu harita üretilirken Zeytinburnu ilçesi için kritik sismik tsunami kaynakları olarak PIN ve YAN tsunami kaynakları kullanılmıştır. Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgenin Kazlıçeşme Mahallesi'nin doğu ve orta-doğu kıyısı olduğu öngörmektedir. Bu bölgeyi Kazlıçeşme Mahallesi'nin batı kıyısı takip etmektedir. Zeytinburnu ilçesinde Kazlıçeşme ve Sümer mahalleleri dışındaki mahallelerde sismik kaynaklı MeTHuVA riski beklenmemektedir.

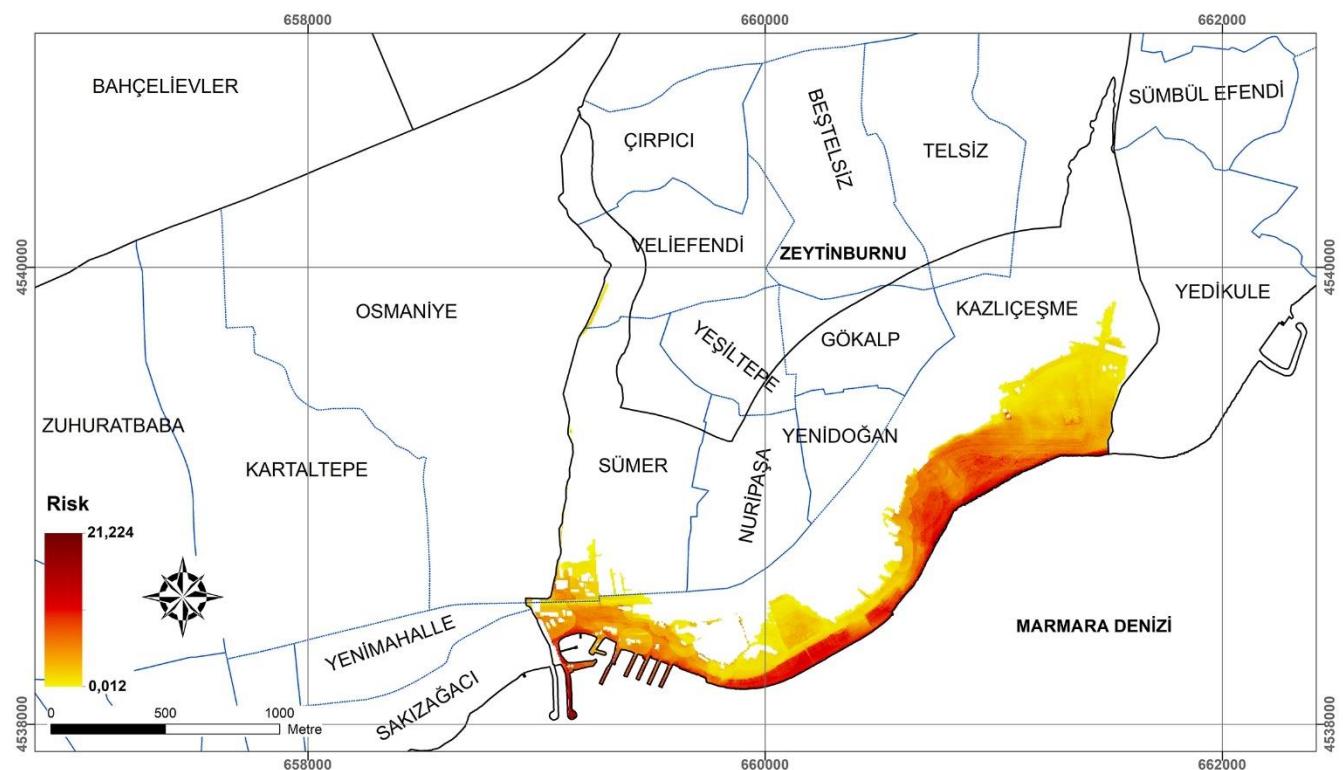


Şekil 23: PIN ve YAN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

6.2. Zeytinburnu İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Risk Haritaları

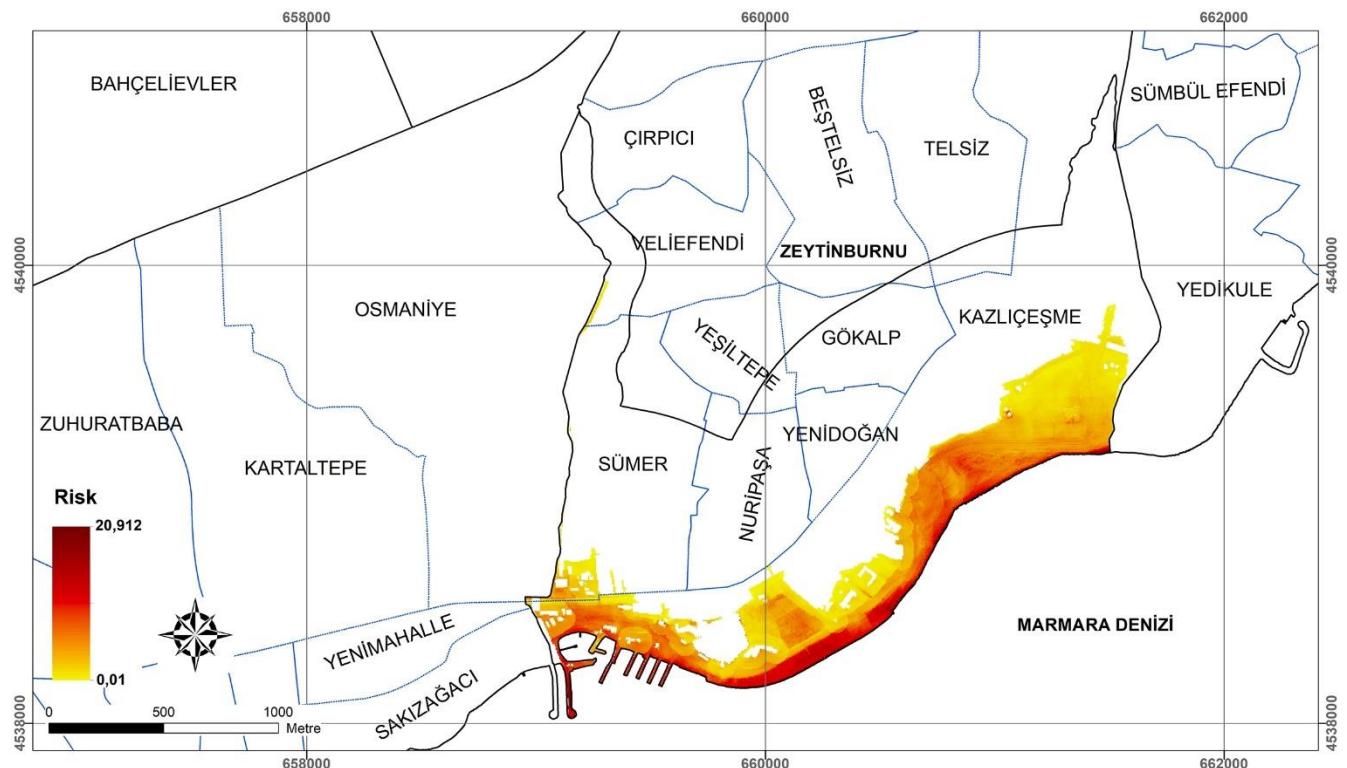
Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı için, Büyükçekmece Deniz Altı Heyelani (LSBC) kaynaklı ve Yenikapı Deniz Altı Heyelani (LSY) kaynaklı iki ayrı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuştur. Bu haritalar üretilirken Zeytinburnu ilçesi için kritik tsunami kaynakları olarak LSBC ve LSY kullanılmıştır. Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı için, LSBC kaynaklı MeTHuVA risk haritası Şekil 24'te verilmiştir. Bu risk haritasına göre en riskli bölgelerin Kazlıçeşme Mahallesi'nin orta-doğu

ve doğu kıyısı olduğu öngörmektedir. Bu bölgeleri Kazlıçeşme Mahallesi'nin en batı ve orta kıyısı takip etmektedir. Zeytinburnu ilçesinde Kazlıçeşme, Sümer ve Veliefendi mahalleleri dışındaki mahallelerde LSBC kaynaklı MeTHuVA riski beklenmemektedir.



Şekil 24: LSBC Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

Zeytinburnu ilçesi uygulama alanı için LSY kaynaklı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuş ve Şekil 25'te verilmiştir. Bu risk haritasına göre en riskli bölgenin Kazlıçeşme Mahallesi'nin orta kıyısı ile en doğu kıyısı olduğu öngörmektedir. Bu bölgeleri Kazlıçeşme Mahallesi'nin doğu ve batı kıyıları takip etmektedir. Zeytinburnu ilçesinde Kazlıçeşme, Sümer ve Veliefendi mahalleleri dışındaki mahallelerde LSY kaynaklı MeTHuVA riski de beklenmemektedir.



Şekil 25: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

7. ZEYTİNBURNU İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI

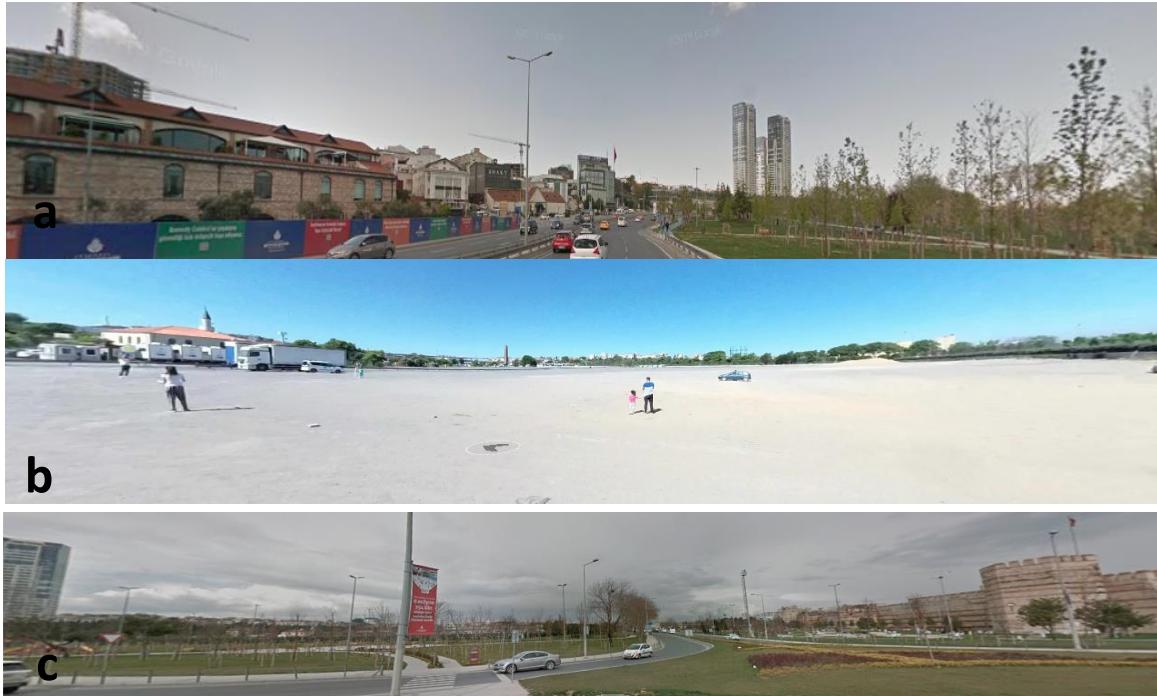
Olası Marmara depreminde oluşabilecek tsunami(ler) nedeniyle İstanbul kıyılarında meydana gelebilecek kayıp ve hasarların önceden kestirilmesi, tsunami hasar görebilirlik ve risk analizlerinin yapılması amacı ile 2018 yılında tamamlanan İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Projesi (ODTÜ, 2018) çıktılarına dayanılarak tsunami olayının yaratacağı kayıpların en aza indirilmesi için gerekli hazırlıkların tanımlanması ve detaylandırılması amacıyla İstanbul İli Tsunami Eylem Planı Hazırlanması Projesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği ve Jeoloji Mühendisliği Bölümleri ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. İstanbul ili kıyılarında tsunami kaynaklı riskin azaltılması temel amacıyla gerçekleştirilen projede dünyada uygulanan farklı yöntem ve çalışmalardan yararlanılarak İstanbul ili kıyılara uygulanabilecek önlem önerileri geliştirilmiş ve bunlarla ilgili uygulama yaklaşımları sunulmuştur. İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik ve Tehlike Analizi Projesi (ODTÜ, 2018) kapsamında çıkarılan baskın ve risk haritaları ile kıyıların ve kıyılardaki yapıların mevcut durumları değerlendirilerek yapısal ve yapısal olmayan önlemler önerilmiştir. Tsunami tehlikesinin azaltılması ve riskin yönetilebilir düzeye getirilmesi öncelikli amaçtır. Bu proje çıktılarına göre Zeytinburnu ilçesi için önerilen adımlar alt başlıklarda sunulmuştur.

Zeytinburnu İlçesi'nin Marmara Denizi ile kıyısı olan tek mahallesi Kazlıçeşmedir. Bölgede sahil yolu olarak bilinen Kennedy Caddesi, mahalle yerleşimleri ile deniz arasında uzanan ve tüm ilçe sahilini boydan boya kat eden önemli bir ulaşım güzergahıdır. Kennedy Caddesi'nin deniz tarafı yeşil alanlar, park ve spor alanları ile yürüyüş yollarından oluşmaktadır. Deniz tarafında kurulu önemli bir yapı ZEYPORT Liman İşletmeleri ve balıkçı barınağıdır. Marmara Denizi'nde oluşabilecek sismik aktiviteye bağlı tsunami etkisinin yoğun olarak bu liman ve kıyı şeridinde olacağı, karadaki dalga ilerleyişinin Kennedy Caddesi ile sınırlı kalacağı, cadde üzerindeki az sayıda yapının da su baskınına maruz kalacağı hesaplanmıştır. Deniz altı heyelan aktivitesi ile oluşacak bir tsunami ise dalgaların sahil yolunu da aşarak gerisindeki yapılasmaların içlerine kadar ulaşabileceği hesaplanmıştır. Ancak sahil yolu gerisinde oluşabilecek karadaki akım derinliklerinin üç metreden az olacağı tahmin edilmektedir. Zeytinburnu İlçesi için en kötü senaryo olarak belirlenen Yenikapı deniz altı heyelanına bağlı tsunaminin gerçekleşmesi durumunda sahil yolu gerisinde su baskınına maruz kalabilecek alanlar, doğuda Kazlıçeşme Meydanı, batıda Ayvalı Dere yatağı boyunca Sümer ve Veliefendi mahalleleri ile sahil yolu üzerinde yeni inşa edilen toplu konut alanları ve oteller bölgesidir. Bu özellikleri nedeni ile ilçedeki olası baskın alanlarında tsunami riskinin azaltılması ile ilgili alınması gereklili önlem ve tavsiyeler en kötü senaryo gözetilerek belirlenmeye çalışılmıştır.

7.1.Tsunami Riskinin Azaltılmasına Yönelik Alınması Gerekli Önlemler

İlçenin doğu sınırını oluşturan Yedikule Surlarından başlayarak tarihi Kayık Hanı (şimdi Fox Tv) binasına kadar olan sahil şeridinde, Uluslararası Barış Parkı, Kazlıçeşme Meydanı ve Kazlıçeşme Sahil

Parkı bulunmaktadır (Şekil 26). Sahil parkları ve diğer yeşil alanlar özellikle yaz aylarında yoğun şekilde kullanılmaktadır. Kazlıçeşme Meydanı'nın bir kısmı İSPARK tarafından otopark olarak, bir kısmı ise Zeytinburnu İlçe Belediyesi ve diğer kamu kurumlarında geçici araç gereç ve malzeme depolama alanı olarak kullanılmaktadır. Yine bu meydan içerisinde tarihi eser niteliği olan Kazlı ve Kazlıdere Fatih Camileri yer almaktadır. Bu alanlardaki tsunami riski bölgenin kullanım zamanlarındaki insan, araç ve malzeme yoğunlukları ile sınırlı olup, olası bir tehlike öncesinde bölgenin hızlıca tahliyesi alınabilecek basit ve uygun önlemlerden biri olacaktır. Bunun için öncelikle konuma göre en uygun tahliye rotalarının belirlenmesi ve bölgeyi kullanan kişilerin (sürekli veya günübirlik) farkındalık düzeylerini arttıracı bilgilendirmelerin yapılması, sonrasında ise mümkün olduğunda belirli aralıklar ile tatbikatların düzenlenmesi gerekmektedir. Farkındalık düzeyinin artırılması için en etkili yöntemlerden birisi uyarıci, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgeye yerleştirilmesidir. Park alanlarında uygun yerlere, parka ulaşır yollara ve otopark alanına uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler yerleştirilmelidir. Bilgilendirici tabelalarda, alanın olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geleceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gerektiği aktarılmalıdır. Oluşabilecek panik ortamı düşünülerek en yakın tahliye koridoruna yönlendirici tabelalar yerleştirilmeli, tahliye koridorları üzerine güvenli bölge sınırlarını gösteren işaretler konulmalıdır. Bu tabela ve panoların istenen amaca ulaşabilmesi için yapımından itibaren sürekli bakım ve onarım işlemlerinin yapılması gereklidir. Anlatılan bu alanlar için güvenli bölge sınırı Abay Caddesi olacaktır.



Şekil 26: Zeytinburnu Doğusu Sahil Kullanımları a) Kayık Hanı ve Kazlıçeşme Sahil Parkı, b) Kazlıçeşme Meydanı, c) Yedikule Surları ve Uluslararası Barış Parkı

Sahil yolunun kuzeyindeki alanlardan Abay Caddesi'ne yaya erişiminde sorun görünmemektedir. Ancak sahil yolu güneyindeki (deniz tarafı) park alanlarından güvenli

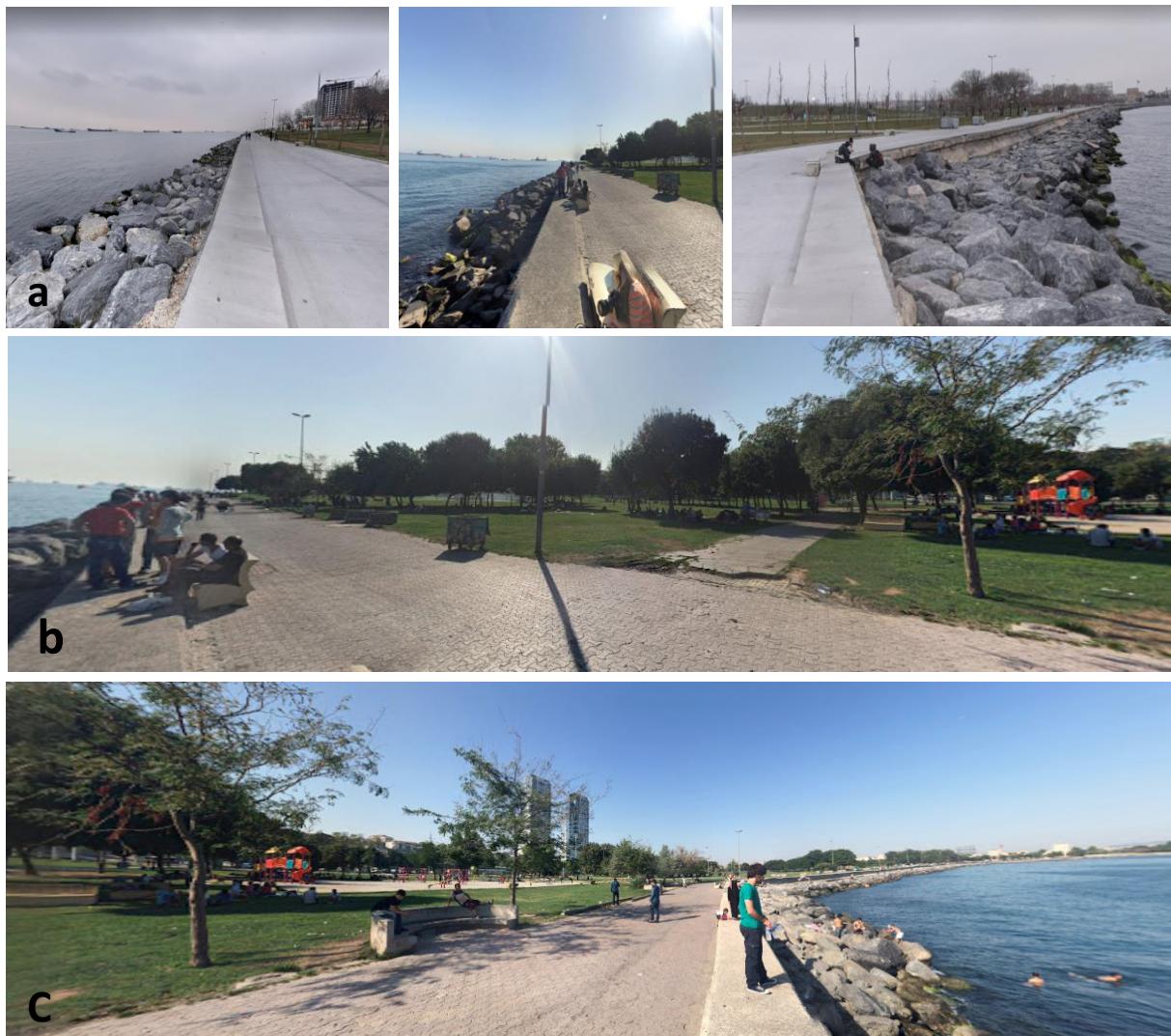
bölgeye yaya olarak erişmek için Kennedy Caddesi'ni geçmek gerekecektir. Bunun için bölgede bir adet yaya üst geçidi ile iki adet araç ve yaya geçişine uygun köprülü kavşak bulunmaktadır. Tsunami tehlike durumunda tahliye için, köprülü kavşakların kenarlarında yayalar için ayrılmış kaldırımları kullanmak özellikle yaşlı, hasta, çocuk gibi hareketliliği kısıtlı kişiler için zaman kaybettirici olabilecektir. Bu nedenle köprü üstlerinden direk parka iniş-çıkışa uygun merdivenler yapılmalıdır. Köprülü kavşakların kara tarafında topografik yükseklikler aniden artmakta ve kavşak ayakları bu yükseltilere dayanmaktadır. Köprü altı ve çevresi ise bu yükseltiye uygun duvarlar veya yeşil alan düzenlemesi yapılmış dolgular ile oluşturulmuş olup bu yükseltiler bariyer işlevi görerek tsunami dalgasının karada ilerlemesini önleyici etki göstermektedir (Şekil 27). Bu alandaki geçitlerin üstleri aynı zamanda dikey tahliye ve güvenli bölge alanı olarak kullanılabilecektir. Dikkat edilmesi gereken unsur bölgenin en yoğun kullanıldığı dönemde tahliye rotalarının yetersiz kalmamasıdır. Yetersizliğin görülmemesi durumunda ise ya koşullar iyileştirilmeli ya da sahilde uygun yerlere dikey tahliye için tsunami kulesi yapımı düşünülmelidir. Kara tarafında yer alan ve su baskınına maruz kalabileceği hesaplanan yapıların ikinci ve daha üst katları dikey tahliye için kullanılabilir. Belirlenen ve duyurulan tahliye rotalarının sürekli açık ve işler durumda tutulması gereklidir.



Şekil 27: Zeytinburnu Doğusunda Tahliye Rotası, Aynı Zamanda Dikey Tahliye Alanı Olabilecek Geçitler. (Geçitlerin kara tarafındaki ayakları topografik yükseltilere yaslanmış durumda olduğundan tsunami dalgasının ilerlemesini önleyici etki göstermektedir.)

Tahliye rotalarının oluşturulması ve halkın bilinçlendirilmesi çalışmaları dışında yine bu bölgede dalga akıntı hızı ve taşıdığı birikinti (enkaz, moloz vb.) etkisini azaltarak karadaki su basma mesafesini kısaltabilecek birtakım uygulamalar da bulunmaktadır. Bunlardan biri deniz kıyısındaki kıyı koruma amaçlı kaya dolgu alanlarının yükseltilmesi olabilir (Şekil 28a). Tsunami dalga etkisine dayanıklı uygun büyülükte kaya bloklar kullanılarak uygun kotlarda yükselme işlemi uygulanabilir. Baskın etkisini azaltabilecek bir diğer uygulama ise uygun türde bitkilerden

seçilerek "Yeşil Kuşak" alanlarının oluşturulmasıdır. Hâlihazırda seyrek de olsa peyzaj amaçlı ağaçlandırma çalışmaları yapılmış bölgeler bulunmaktadır (Şekil 28b, c). Ancak mevcut ağaçlar gerek sıklıkları gerekse dayanımları itibarıyla amaca uygun olmadığından bu alanlarda tsunami etkisine dayanabilecek özellikteki bitkilerle sıklaştırma veya yeniden düzenleme çalışması uygulanabilir.



Şekil 28: a) Zeytinburnu Doğusundaki Kıyı Koruma Yapıları, b, c) Yeşil Kuşak Uygulanabilecek Alanlar
Ayrıca Kazlıçeşme Meydanı'nın güvenliğinin sağlanması için bu meydanın çevre duvarının yükseltilmesi düşünülebilir (Şekil 29a). Duvar gerisinde yer alan ağaçların uygun türler ile sıklaştırılması sağlanarak duvar gerisinde ikinci bir bariyer de oluşturulabilir. Meydan içerisinde tarihi nitelikte iki adet cami bulunmaktadır (Şekil 29b, c). Meydanda oluşabilecek su baskınının engellenemediği durumlarda bu yapıların korunması için alınması gereken önlemler tarihi yapıların korunması konusunda faaliyet yürüten kurumlar ile yapılacak görüşmeler neticesinde belirlenmeli ve uygulanmalıdır.



Şekil 29: a) Kazlıçeşme Meydanı Çevre Duvarları ve Gerisindeki Bitki Örtüsü, b) Kazlıçeşme Fatih Cami, c) Kazlı Cami

Kayık Hanı (Fox Tv) binasından itibaren ilçenin batı sınırını oluşturan Ayvalı Dere'ye kadar olan bölgenin sahil tarafı ise dar bir şerit halinde bisiklet ve yürüyüş yolu olarak düzenlenmiş kaldırımdan oluşmaktadır. Kara tarafında ise halen devam eden veya tamamlanmış çok sayıda yüksek katlı toplu konut ve otel bulunmaktadır (Şekil 30). Bu bölgede de öncelikle tahliye çalışmasının planlanması gereklidir. Ancak sahil yolunun genişliği ve orta refüj yüksekliği, uzun bir aksta üst geçit olmaması, sahile bağlantılı dikey yolların bulunmayışı gibi unsurlar bu bölgenin tahliyesinde zayıflıklar oluşturmaktadır. Yapılacak üst geçitler ile yayaların kara tarafına aktarılmasının sağlanması durumunda bu bölgedeki yapı ve oteller dikey tahliye için kullanılabilecektir. Bunun için söz konusu yapıların yönetimi ile yapılacak görüşmeler ile tehlike durumunda dikey tahliyenin nasıl gerçekleştirileceği planlanmalıdır.



Şekil 31: Kayık Hanı ile Ayvalı Dere Arası Sahil Yolundan Görünüm

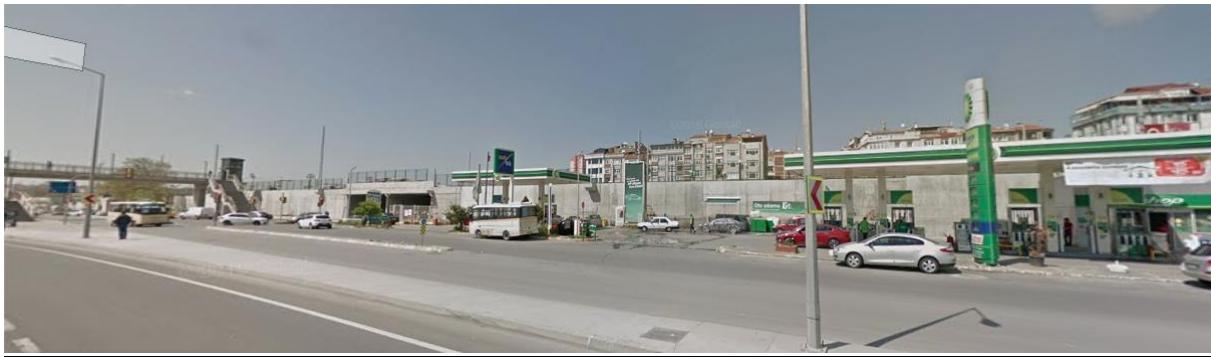
İlçe sahilinde tsunamiden en çok etkilenenecek alan ise Zeytinburnu Balıkçı Barınağı ve 5 adet iskele ve 7 adet Ro-Ro rampası ile hizmet veren (ZEYPORT) Zeytinburnu Liman İşletmeleri ve Gümrük Müdürlüğü'ne ait liman yapısıdır (Şekil 31). Limanda, İstanbul Liman Başkanlığı Denet Memurluğu, Zeytinburnu Gümrük Müdürlüğü, İstanbul Gümrük Saymanlık Veznesi, İEM Deniz Limanı Şube Müdürlüğü Zeytinburnu Deniz Limanı Büro Amirliği, Karaköy Sahil Sağlık

Denetleme Merkezi Tabipliği birimleri görev yapmaktadır. İşletme sistemi ve tabi olduğu yasal mevzuatlar gereğince bu saha içerisinde alınması gereken önlemler limanda faliyet gösteren tüm birimlerin katılımıyla belirlenmelidir. Ancak balıkçı barınağındaki mendirek yapısı ile Ayvalı Dere girişindeki mahmuz yapılarının kret kotları yükseltilerek gerek limanın gerekse liman gerisindeki alanın güvenliği arttırılabilir.



Şekil 32: Zeytinburnu Balıkçı Barınağı ve ZEYPORT Limanı (©Google Earth, 01.03.2020 görüntüsü)

Liman gerisinde sahil yoluna paralel uzanan tren yolu güzergahının yükseltilmesi ile oluşturulan duvarlar tsunami dalgasının bu noktada ilerlemesini önleyici etki gösterse de (Şekil 32) araç geçişçi için ayrılan tren yolu alt geçidinden ve daha çok Ayvalı Dere yatağından giren dalganın Sümer ve Veliefendi Mahallelerinde su baskınına neden olacağı hesaplanmıştır. Sümer ve Veliefendi Mahallelerinde Ayvalı Dere yatağı ile dereye paralel uzanan Prof.Dr. Turan Güneş Caddesi arasında kalan kısımlarda su baskınına maruz kalacağı öngörülen yapılar ve yine bu kesimde yer alan park alanlarını kullanan kişilerin bilinçlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmelidir. Bu alanlar içinde tahliye planlarını ve güvenli bölge sınırlarını belirten bilgilendirici ve yönlendirici işaret ve tabelalar hazırlanmalıdır.



Şekil 33: Balıkçı Barınağı Gerisinde Sahil Yoluna Paralel Uzanan Tren Yolu Güzergâhı Duvarları

7.2. Zeytinburnu İlçesi Tsunami Hazırlık Rehberi

Bu çalışma kapsamında üretilen bilgiler ve elde edilen bulgular doğrultusunda, Zeytinburnu ilçesinde olası tsunami kayıplarının azaltılmasına yönelik önerilerin yer aldığı Zeytinburnu ilçesine özel A0 boyutunda örnek bir haritada hazırlanmıştır (Ek-1). Bu haritada sismik aktiviteye bağlı ve deniz altı heyelanı sebebi ile oluşabilecek tsunami baskın alanları ile olası bir tsunamiye hazırlık olarak yapılması gerekenler vurgulanmaktadır. Ayrıca tahliye rotaları, bilgi ve yönlendirme pano yerleri ile diğer kritik önlemler ve öneriler posterde yer almaktadır. Bu bilgiler hazırlık çalışmalarına yön gösterici özellikte olup, ilerleyen dönemde alınan önlemlerin ve gerçekleştirilen uygulamaların sonuçları doğrultusunda bu haritanın revize edilmesi gerekmektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zeytinburnu İlçesi'nin Marmara Denizi ile kıyısı olan tek mahallesi Kazlıçeşme'dir. Bölgede sahil yolu olarak bilinen Kennedy Caddesi, mahalle yerleşimleri ile deniz arasında uzanan ve tüm ilçe sahilini boydan boya kat eden önemli bir ulaşım güzergahıdır. Kennedy Caddesi'nin deniz tarafı yeşil alanlar, park ve spor alanları ile yürüyüş yollarından oluşmaktadır. Deniz tarafında kurulu önemli bir yapı ZEYPORT Liman İşletmeleri ve balıkçı barınağıdır. Marmara Denizi'nde olusabilecek sismik aktiviteye bağlı tsunami etkisinin yoğun olarak bu liman ve kıyı şeridinde olacağı, karadaki dalga ilerleyişinin Kennedy Caddesi ile sınırlı kalacağı, cadde üzerindeki az sayıda yapının da su baskınına maruz kalacağı hesaplanmıştır. Deniz altı heyelan aktivitesi ile olusacak bir tsunami ise dalgaların sahil yolunu da aşarak gerisindeki yapışmaların içlerine kadar ulaşabileceği hesaplanmıştır. Ancak sahil yolu gerisinde olusabilecek karadaki akım derinliklerinin üç metreden az olacağı tahmin edilmektedir. Zeytinburnu İlçesi için en kötü senaryo olarak belirlenen Yenikapı deniz altı heyelanına bağlı tsunaminin gerçekleşmesi durumunda sahil yolu gerisinde su baskınına maruz kalabilecek alanlar, doğuda Kazlıçeşme Meydanı, batıda Ayvalı Dere yatağı boyunca Sümer ve Veliefendi mahalleleri ile sahil yolu üzerinde yeni inşa edilen toplu konut alanları ve oteller bölgesidir. Bu özellikleri nedeni ile ilçedeki olası baskın alanlarında tsunami riskinin azaltılması ile ilgili alınması gerekliliğin ve tavsiyeler en kötü senaryo gözetilerek belirlenmeye çalışılmıştır.

İlçe genelinde tsunami riskini azaltmaya yönelik en temel eylem olarak tahliye esnekliğinin artırılması görülmektedir. Bunun için öncelikle konuma göre en uygun tahliye rotalarının belirlenmesi ve bölgeyi kullanan kişilerin (sürekli veya günübirlik) farkındalık düzeylerini artıracı bilgilendirmelerin yapılması, sonrasında ise mümkün olduğunca belirli aralıklar ile tatbikatların düzenlenmesi gerekmektedir. Farkındalık düzeyinin artırılması için en etkili yöntemlerden birisi uyarıcı, yönlendirici ve bilgilendirici amaçlar ile hazırlanmış tabelaların bölgeye yerleştirilmesidir. Park alanlarında uygun yerlere, parka ulaştıran yollara ve otopark alanına uygun aralıklar ile bu tabela ve işaretçiler yerleştirilmelidir. Bilgilendirici tabelalarda, alanın olası tsunami riski hakkında bilgiler verilirken hangi durumlarda harekete geçileceği ve bölgenin hangi yollar kullanılarak hızlıca terk edilmesi gerektiği aktarılmalıdır. Olusabilecek panik ortamı düşünülerek en yakın tahliye koridoruna yönlendirici tabelalar yerleştirilmeli, tahliye koridorları üzerine güvenli bölge sınırlarını gösteren işaretler konulmalıdır.

Tahliye rotalarının oluşturulması ve halkın bilinçlendirilmesi çalışmaları dışında yine bu bölgede dalga akıntı hızı ve taşıdığı birikinti (enkaz, moloz vb.) etkisini azaltarak karadaki su basma mesafesini kısaltabilecek birtakım uygulamalar da bulunmaktadır. Bunlardan biri deniz kıyısındaki kıyı koruma amaçlı kaya dolgu alanlarının yükseltilmesi olabilir. Tsunami dalga etkisine dayanıklı uygun büyülükte kaya bloklar kullanılarak uygun kotlarda yükselme işlemi uygulanabilir. Baskın etkisini azaltabilecek bir diğer uygulama ise uygun türde bitkilerden seçilerek "Yeşil Kuşak" alanlarının oluşturulmasıdır. Hâlihazırda seyrek de olsa peyzaj amaçlı ağaçlandırma çalışmaları yapılmış bölgeler bulunmaktadır (Şekil 28b, c). Ancak mevcut ağaçlar gerek sıklıkları gerekse dayanımları itibarıyla amaca uygun olmadığından bu alanlarda tsunami

etkisine dayanabilecek özellikle bitkilerle sıklaştırma veya yeniden düzenleme çalışması uygulanabilir.

İlçe sahilinde tsunamiden en çok etkilenecek alan ise Zeytinburnu Balıkçı Barınağı ve 5 adet iskele ve 7 adet Ro-Ro rampası ile hizmet veren (ZEYPORT) Zeytinburnu Liman İşletmeleri ve Gümrük Müdürlüğüne ait liman yapısıdır. Limanda, İstanbul Liman Başkanlığı Denet Memurluğu, Zeytinburnu Gümrük Müdürlüğü, İstanbul Gümrük Saymanlık Veznesi, İEM Deniz Limanı Şube Müdürlüğü Zeytinburnu Deniz Limanı Büro Amirliği, Karaköy Sahil Sağlık Denetleme Merkezi Tabipliği birimleri görev yapmaktadır. İşletme sistemi ve tabi olduğu yasal mevzuatlar gereğince bu saha içerisinde alınması gereken önlemler limanda faliyet gösteren tüm birimlerin katılımıyla belirlenmelidir. Ancak balıkçı barınağındaki mendirek yapısı ile Ayvalı Dere girişindeki mahmuz yapılarının kret kotları yükseltilerek gerek limanın gerekse liman gerisindeki alanın güvenliği arttırılabilir.

Sonuç itibarıyle bu raporda yer alan önlemler değerlendirilirken sahil boyunca etki altındaki alanların fonksiyonları dikkate alınarak yapısal ve yapısal olmayan eylemler bir bütün olarak ele alınmalıdır. Ayrıca, sahil boyunca yapılacak kıyı şeridi düzenlemeleri, ağaçlandırma, yönlendirici tabelaların eklenmesi gibi uygulamaların yanında, toplumun da etkin katılımının sağlandığı bilinçlendirme ve farkındalık faaliyetlerinin hayatı geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Risk azaltmaya yönelik bu eylemlerde başta İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyesi olmak üzere ilgili tüm paydaş kurum ve kuruluşların katılımı ve bir seferberlik bilinciyle sorumluluk yüklenmesi, gerek alınan önlemlerin etkinliği, gerekse bu önlemlerin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

9. KAYNAKÇA

- İBB (2007), İstanbul Mikro bölgeleme Projesi, Avrupa Yakası. İstanbul Büyükşehir Belediyesi
- MARSITE (2016); Marmara Supersite Projesi Sonuç Raporu
- MARDiM-SATREPS (2018), Marmara Bölgesi'nde Deprem ve Tsunami Afet Azaltma ve Türkiye'de Afet Eğitimi (SATREPS) Proje Sonuç Raporu
- ODTÜ (2018), İstanbul İli Marmara Kıyıları Tsunami Modelleme, Hasar Görebilirlik Ve Tehlike Analizi Güncelleme Projesi
- ODTÜ (2019), İstanbul İçin Tsunami Eylem Planı Hazırlanması İşi
- UNESCO-IOC (2014), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 2013, Revised Edition. Tsunami Glossary, Paris, UNESCO. IOC Technical Series, 85. (English.) (IOC/2008/TS/85rev)

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü ve
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

İSTANBUL İLİ TSUNAMİ EYLEM PLANI HAZIRLANMASI PROJESİ

ZEYTİNBURNU İLÇESİ EYLEM PLANI ÖRNEĞİ

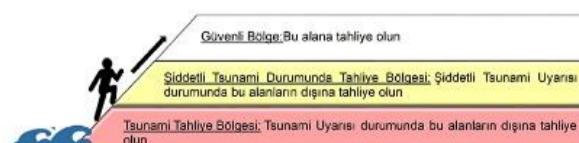


İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İleştirmeye
Daire Başkanlığı
Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü



Bu Poster Marmara Denizi'nde olasıabilecek tsunami dalgalarının İstanbul kıyılarında yaratabileceği baskın alanlarını, hızlı bir tahliyeye yardımcı olacak yolları ve bireysel olarak alınması gereklisi önlemleri ana hatları ile belirtmek üzere hazırlanmıştır.

- 1) Haritalar tsunami dağlarının ulaşabileceği baskın (tahliye) alanlarını göstermektedir. Haritadan bulunulduğunuza yeridikte alarak tsunami tahliye alanı içerisinde olup olmadığını tespit ediniz. Eğer eviniz, çalışığınız işyeri veya sıklıkla ziyaret ettiğiniz yerler haritada tahliye alanı içerisinde ise on hızla ve güvenli tahliye rotalarınızı şimdiden belirleyin.
 - 2) Tsunamilerin olaylarının genel olarak ilk belirtisi depremdir. Deniz kıyısına yakın iseniz, deprem hissettiğinizde ya da deniz kıyısında bir felçlenme türünden hareketlerden gözlemediğinizde tsunami uyarınızı bekleyerek baskın alanına dışına doğru, kıyılardan uzak ve deniz seviyesinden yüksek alanlara koşarak (araç kullanmadan) mümkün olduğu kadar çabuk tahliye oyn.
 - 3) Deprem sonrası hasar görmemiş durumda olan betonarme yapıların üç ve yukarı katları tsunami tahliyesi için güvenilir yerlerdir.
 - 4) Dere ve kanallardan uzak durun. Tsunami, denize bağlı dere ve kanallar boyunca kilometrelere lileyebilir.
 - 5) Tekne ve gemi kaptanları deniz arızalarını deniz sulara doğru götürmemelidir.
 - 6) Tsunami tek bir dalga değildir. İkinci ve üçüncü dalgalar birbirinden daha büyük ve zarar verici olabilir.
 - 7) Afet bilgi iletişim sistemi, TV ya da radyo gibi halka açık sistemlerden tsunami hakkındaki bilgileri kontrol edin. Tsunami



ISO tarafından onaylanmış tsunami işaretlerinden genel örnekler
(soldan sağa: tsunami tehlikesi, yanal tahliye, dikey tahliye)

FAYDALI KAYNAKLAR:
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Degrassi Araştırma Enstitüsü, Bölgesel Degrassi
Touren İslami ve Doğuştanędirek Market, Turizm Bilgi Notları
<http://www.degarsi.com.tr/turizm/turizm-ile-ilgili-konusular/>
Aksaray İstatistiksel Yüzdeye Dayalı Değerlendirme Bilgi Notları
İhracat İstatistikleri Notları İstehenin Tedarikci

