



PENDİK

TSUNAMI RİSK ANALİZİ ve EYLEM PLANI KİTAPÇIĞI



Haziran 2020 İSTANBUL



**iSTANBUL
SENİN**



ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

PENDİK İLÇESİ TSUNAMI RİSK ANALİZİ VE EYLEM PLANI RAPORU

BU RAPOR;

İSTANBUL İLİ MARMARA KİYILARI TSUNAMI MODELLEME, HASAR GÖREBİLİRLİK VE TEHLİKE ANALİZİ GÜNCELLEME PROJESİ (2018) VE İSTANBUL İÇİN TSUNAMI 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 Pendik 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 Yürütucusu, yalciner@metu.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Lütfi Süzen, Proje Yürütucusu, 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, gerçekleşliğinde 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 bakılmasına 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	3
Tablolar	4
1.GİRİŞ	5
2. TSUNAMİ TEHLİKESİ	7
3. KAPSAM VE YÖNTEM.....	8
4. PENDİK İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ	12
4.1.Pendik İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası	12
4.2. Pendik İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları	15
5. PENDİK İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ	18
5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik.....	18
5.1.1. Jeoloji.....	18
5.1.2.Heyelan Taç Yoğunluğu	20
5.1.3.Kılydan Uzaklık.....	21
5.1.4.Yükseklik	22
5.2.Tahliye Esnekliği	23
5.2.1.Binaya Uzaklık	23
5.2.2.Yol Ağına Uzaklık.....	24
5.2.3.Denize Dik Yolların Yoğunluğu.....	25
5.2.4.Eğim.....	26
5.3.Pendik İlçesi Methuva Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları	27
6.PENDİK İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ	28
6.1.Pendik İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası	28
6.2.Pendik İlçesi Deniz Altı Heyelanı Kaynaklı Risk Haritaları.....	29
7.PENDİK İLÇESİ TSUNAMİ EYLEM PLANI.....	30
7.1.Tahliye Kolaylığı Açısından	30
7.1.1.Yunus mevkii – Pendik Çarşı Hattı.....	30
7.1.2.Semt Pazarı-Askeri Tersane Hattı Boyunca Alınması Gerekli Önlemler.....	31
7.1.3.Tersane –Tuzla Sınır Hattı Boyunca Alınması Gerekli Önlemler.....	32
7.2.Nüfus Yoğunluğuna Göre	33
7.2.1.Pendik Çarşı Boyunca Alınması Gerekli Önlemler	33
7.2.3.Pendik Marina ve Feribot İskelesinde Alınması Gerekli Önlemler	34

7.3.Stratejik Yönden Alınması Gereken Önlemler	35
7.4.Pendik İlçesi Tsunami Bilgi Haritası.....	35
8.SONUÇ VE ÖNERİLER	36
9.KAYNAKÇA.....	38
EK-1	39

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	10
Şekil 5: PIN kaynaklı tsunami benzetimleri sonucu oluşan tsunami su basması dağılımı haritası	12
Şekil 6: Pendik İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN)	13
Şekil 7: Pendik İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN)	14
Şekil 8: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası	15
Şekil 9: Pendik İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)	16
Şekil 10: Pendik İlçesi Suyla Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)	17
Şekil 11: Jeoloji Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	18
Şekil 12: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	20
Şekil 13: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	21
Şekil 14: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	22
Şekil 15: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	23
Şekil 16: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	24
Şekil 17: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	25
Şekil 18: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası	26
Şekil 19: Pendik Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası	27
Şekil 20: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	28
Şekil 21: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası	29
Şekil 22: a) Bölgede Yer Alan ve Tahliye Amacıyla Kullanılabilecek Merdiven Yapısı Örneği, b) Düzlük Bir Alanda Yer Alan Park	31
Şekil 23: a) Pendik Pazarı, b) Sahil Bandı	32
Şekil 24: Güzelyalı Sahili	33
Şekil 25: a) Sahil Yolunun Kuzeyinde Bulunan Açık Otopark, b) Pendik Çarşı	34
Şekil 26: Pendik Marina ve Feribot İskelesi	35

Tablolar

Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları	9
Tablo 2: Pendik İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN).....	13
Tablo 3: Pendik İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN).....	14
Tablo 4: Pendik İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (LSY)	16
Tablo 5: Pendik İlçesi Suyla Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)	17
Tablo 6: Pendik Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler Sıralama Değerleri.....	19

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 megakentlerin 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 yerlesime 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,

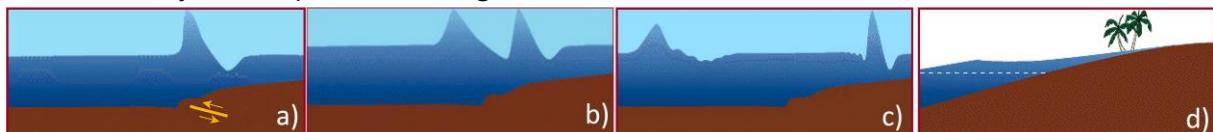
dünyada megakentler için yapılmış olan tsunami modelleme, hasar görebilirlik ve tehlike analizi projeleri arasında bir ilk niteliğini taşımakta olup her kritik senaryoya göre ilçe ve mahalle bazlı baskın haritaları hazırlanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre Marmara Denizi'ne doğrudan kıyısı olan bütün 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.

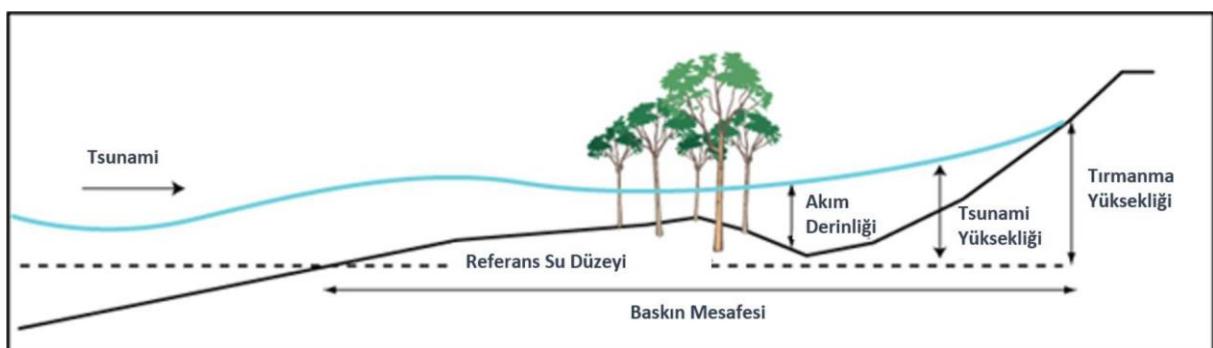
Bu iki çalışmanın ardından, üçüncü aşama olarak, öngörülen riskin azaltılmasına yönelik eylemlerin ve stratejilerin uygulanması hedeflenmektedir. İlk iki aşamaya göre daha uzun soluklu ve kapsamlı bir planlama gerektiren bu aşamanın hedeflenen amaçlara ulaşabilmesi, konunun en önemli paydaşlarından olan 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, sıçradıklarda 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 Schematic 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 Güncellemeye Projesi" (ODTÜ, 2018) raporunda detaylı bilgiler yer almaktadır.

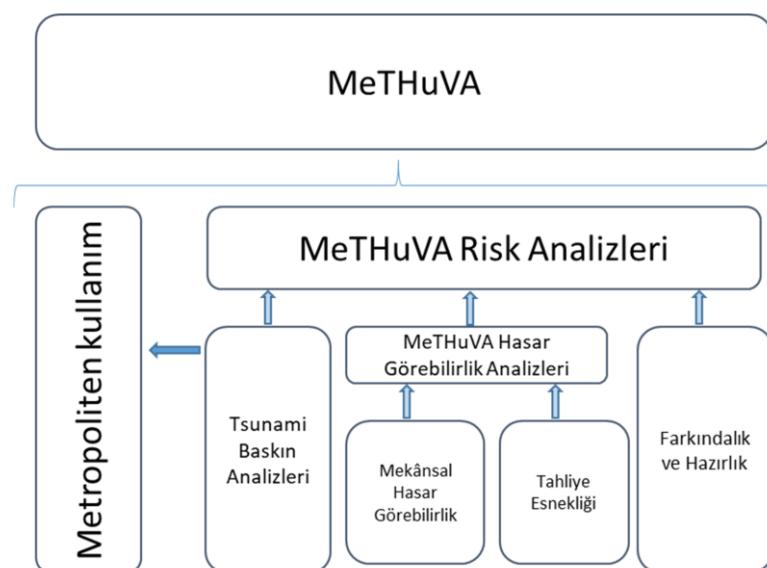
Tablo 1: Marmara Denizi İçin Seçilen Tsunami Senaryoları

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 (Büyükçekmece 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 gözeterek, 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 bu konumun 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 halkın 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 etkileyecək 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 gereklili olan 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 şehrın 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 arttırılması ve ilgili birimlerce alınacak önlemler n parametresinin değerinde artış sağlayarak riskin azalmasına sebep olacaktır.

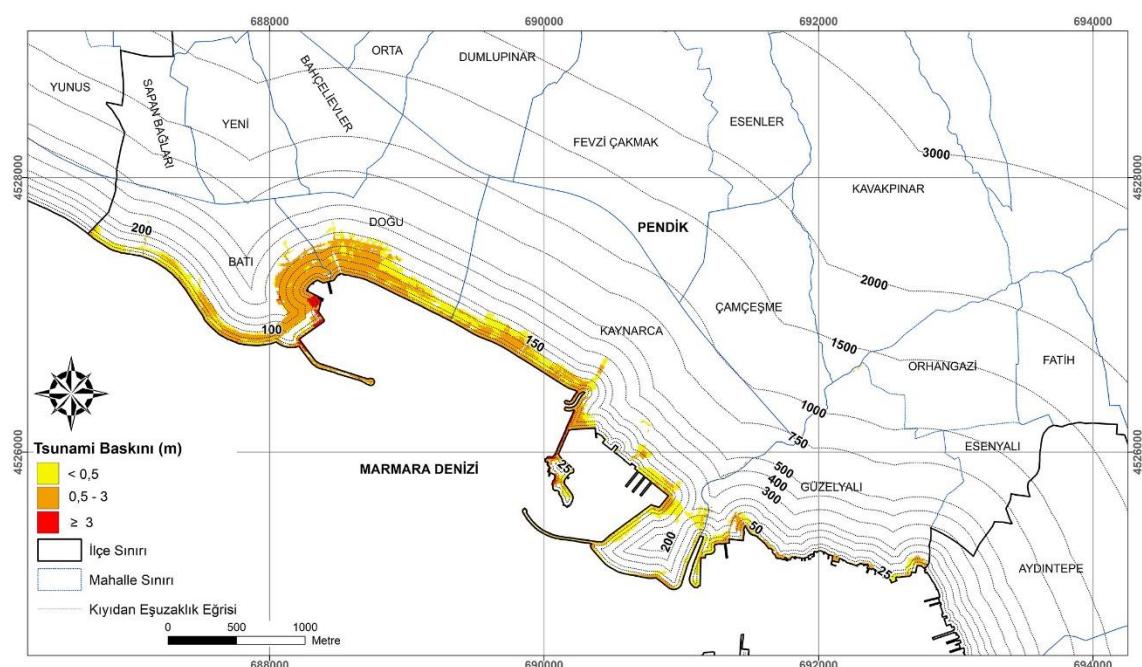
2004 Hint Okyanusu ve 2011 Tohoku felaketlerinin ardından tüm dünyada tsunami olayına karşı artan farkındalık ve 1999 İzmit depreminden sonra Marmara Denizi için gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası projeler gözetilerek bu projede İstanbul ilçeleri için uygun görülen n parametresi değeri 3 olarak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

4. PENDİK İLÇESİ TSUNAMİ BASKIN ANALİZLERİ

4.1. Pendik İlçesi Sismik Kaynaklı Tsunami Baskın Haritası

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Pendik ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağının Marmara Denizi içinde bulunan Prens Adaları Fayı (Prince Islands Fault-PIN) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak PIN kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 5'te gösterilmiştir.

PIN kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Pendik ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 5.71 metreye ulaşığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 400 metreye ulaşmaktadır.



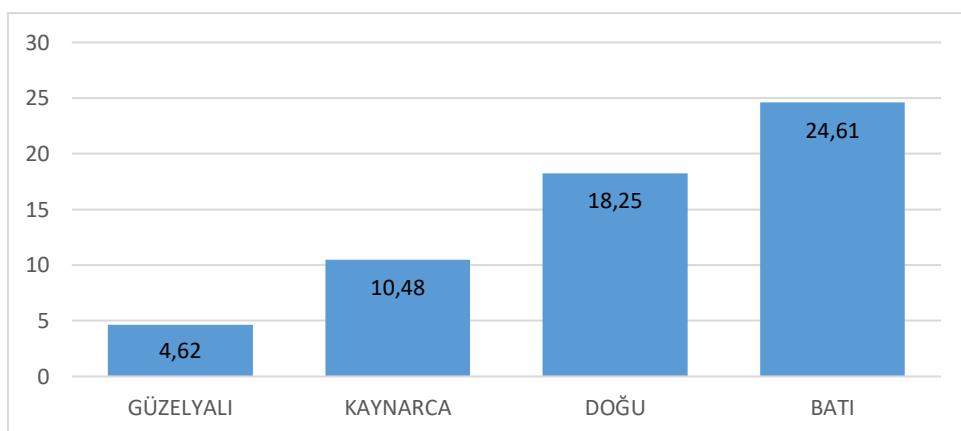
Şekil 5: PIN kaynaklı tsunami benzetimleri sonucu oluşan tsunami su basması dağılımı haritası

Yatayda su ilerlemesini artıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Pendik ilçesinde özellikle Kaynarca Deresi, Kemikli Dere ve Papatya Deresi yataklarında su ilerlemesi görülmüştür.

Benzetim sonuçlarına göre, PIN kaynaklı olası bir tsunamiye, Pendik ilçesinin %0.52'sini kapsayan 0.93 km²'lik bir alanda ve 4 mahallede tsunami su baskını öngörülmektedir. Tsunami su baskını alanının Pendik ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 2 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre alansal olarak en yüksek su basma alanının görüldüğü mahalle %24.61 ile Batı Mahallesi'dir. Bu değeri %18.25 ile Doğu Mahallesi takip etmektedir. İlçe genelinde noktasal olarak su basma derinliğinin en yüksek olduğu mahalle 5.71 m ile Kaynarca Mahallesi'dir.

Tablo 2: Pendik İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Analizi Sonuçları (PIN)

Mahalle	Maksimum Su basma derinliği	Ortalama Su basma derinliği	Su basma alanı (m ²)	Toplam Mah.Alanı (km ²)	Su basma alanı %
BATI	4.62	1.17	302.375	1.229	24.61
DOĞU	4.29	0.72	215.075	1.179	18.25
KAYNARCA	5.71	0.71	338.775	3.231	10.48
GÜZELYALI	3.89	0.85	78.600	1.702	4.62



Şekil 6: Pendik İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (PIN)

PIN kaynaklı olası bir tsunami'de Pendik ilçesi içinde bulunan 54.749 yapıdan 195'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 191'i 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 kaynaklı olası bir tsunami'de Güzelyalı Mahallesi'nde İdari yapı grubu içinde bulunan resmi binalarının %20'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Doğu Mahallesi'nde İdari yapı grubu içinde bulunan resmi binalarının %19.05'inin, İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binalarının %19.49'unun suyla teması bulunmaktadır. Batı Mahallesi'ndeki İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binalarının ise %18.75'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir.

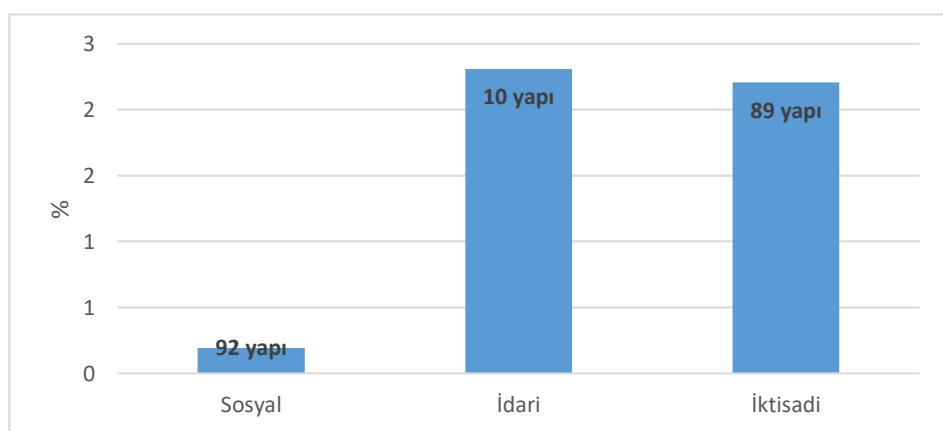
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 7'de sunulmuştur. Pendik ilçesi genelinde PIN kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.19'u, İdari grubundaki yapıların %2.31'i ve İktisadi yapıların ise %1.21'i su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 3: Pendik İlçesi Suya Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (PIN)

İlçe Genel	Sosyal	İdari	İktisadi			Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
	Mesken	Resmi	İmalat	Ticari	Trafo	
Batı	683	70	-	176	6	974
Doğu	804	21	-	118	10	1.007
Güzelyalı	1592	5	-	181	5	1.887
Kaynarca	2315	13	10	153	11	2.579
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	47.541	433	166	3.590	277	54.749 (ilçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen Birimler	Mesken	Resmi	İmalat	Ticari	Trafo	Mah. Toplamlı
Batı	25	5	0	33	0	63
Doğu	37	4	0	23	1	65
Güzelyalı	8	1	0	28	0	37
Kaynarca	22	0	1	3	0	26
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	92	10	1	87	1	191 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 195 (Toplam etkilenen bina sayısı)

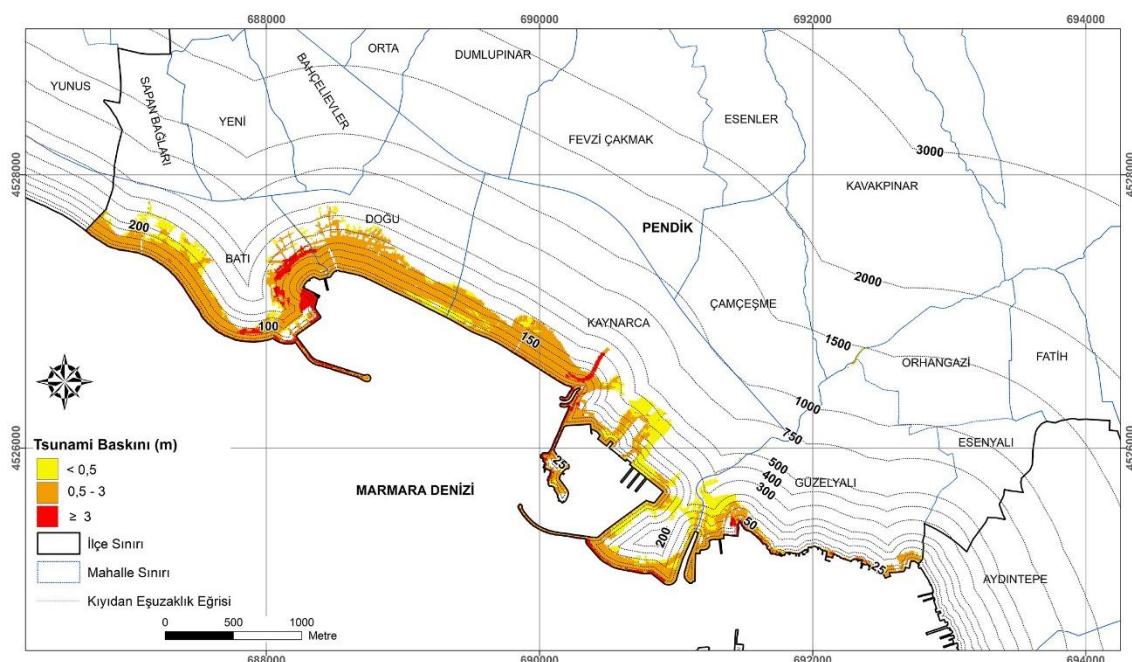
Etkilenen Birimler %	Mesken	Resmi	İmalat	Ticari	Trafo
Batı	3.66	7.14	-	18.75	0.00
Doğu	4.60	19.05	-	19.49	10.00
Güzelyalı	0.50	20.00	-	15.47	0.00
Kaynarca	0.95	0.00	10.00	1.96	0.00
İlçe Toplamlı	0.19	2.31	0.60	2.42	0.36



Şekil 7: Pendik İlçesi Suya Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (PIN)

4.2. Pendik İlçesi Deniz Altı Heyelani Kaynaklı Tsunami Baskın Haritaları

Tsunami sayısal modeli NAMI DANCE GPU kullanılarak gerçekleştirilen benzetimlerin sonuçlarına göre, Pendik ilçesi için en kritik deniz altı heyelani kaynaklı tsunami senaryosunun Yenikapı Deniz Altı Heyelani (LSY) olduğu tespit edilmiştir. Tsunami kaynağı olarak LSY kullanılarak yapılan 7 m çözünürlüklü benzetimlerin sonucunda elde edilen tsunami su basma dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Pendik ilçesinde karadaki maksimum su basma derinliğinin noktasal olarak 7.38 metreye ulaşığı hesaplanmıştır. Yatayda ise su basma mesafesi yaklaşık 500 metreye ulaşmıştır.



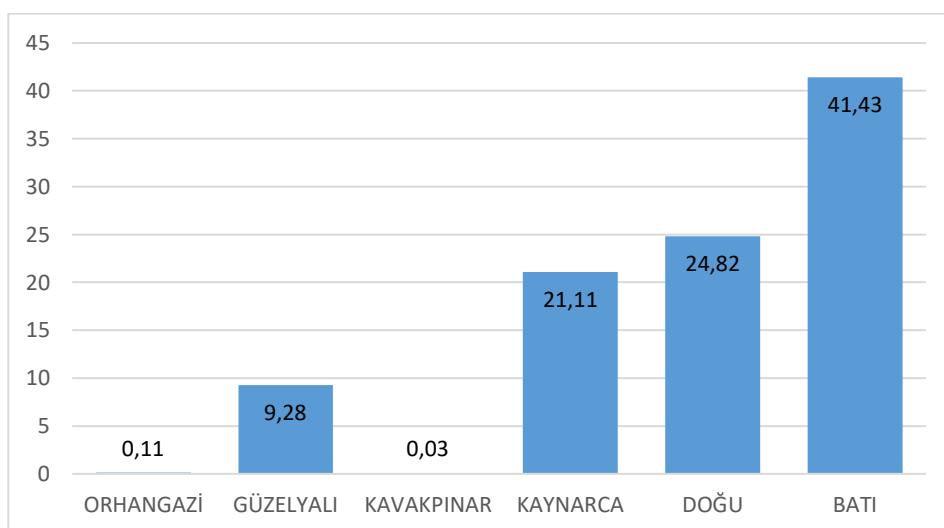
Şekil 8: LSY Kaynaklı Tsunami Benzetimleri Sonucu Oluşan Tsunami Su Basması Dağılımı Haritası

Yatayda su ilerlemesini artıran ana sebepler vadiler ve dere yataklarıdır. Pendik ilçesinde özellikle Kaynarca Deresi, Kemikli Dere ve Papatya Deresi yataklarında su ilerlemesi ve bunlardan kaynaklı taşıma görülmüştür.

Benzetim sonuçlarına göre, LSY kaynaklı olası bir tsunamide, Pendik ilçesinin %0.91'ini kapsayan 1.64 km^2 'lik bir alanda ve 6 mahallede tsunami su baskını öngörmektedir. Tsunami su baskını alanının Pendik ilçesi mahallelerine göre dağılımı ve ilçelere göre su basması yüzde değerleri Tablo 4 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre alansal olarak en yüksek su basma alanının görüldüğü mahalle %41.43 ile Batı Mahallesi'dir. Bu değeri %24.82 ve %21.11 ile sırasıyla Doğu ve Kaynarca mahalleleri takip etmektedir. LSY kaynaklı tsunami benzetim sonuçlarına göre, Pendik ilçe genelinde su basma derinliğinin en yüksek hesaplandığı mahalle ise noktasal olarak 7.38 m ile Kaynarca Mahallesi'dir. Bu değeri 7.27 m ile Batı Mahallesi ve 5.82 m ile Güzelyalı Mahallesi takip etmektedir.

Tablo 4: Pendik 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 %
BATI	7.27	1.83	508.950	1.229	41.43
DOĞU	4.74	1.29	292.600	1.179	24.82
KAYNARCA	7.38	1.18	682.100	3.231	21.11
GÜZELYALI	5.82	1.23	157.950	1.702	9.28
ORHANGAZİ	0.39	0.27	900	0.819	0.11
KAVAKPINAR	0.44	0.25	950	2.845	0.03



Şekil 9: Pendik İlçesi Mahalle Bazlı Su Basma Alanı Grafiği (LSY)

LSY kaynaklı olası bir tsunami'de Pendik ilçesi içinde bulunan 54.749 yapıdan 497'sinin suyla teması olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 484'ü 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 LSY kaynaklı olası bir tsunami'de Kaynarca Mahallesi'nde İktisadi yapı grubunda bulunan İmalat binalarının %90'ının suyla teması bulunmaktadır. İktisadi yapı grubunda bulunan ticari binaların, Batı Mahallesi'nde %40.34'ünün, Doğu Mahallesi'nde ise %38.98'inin suyla teması olduğu tespit edilmiştir

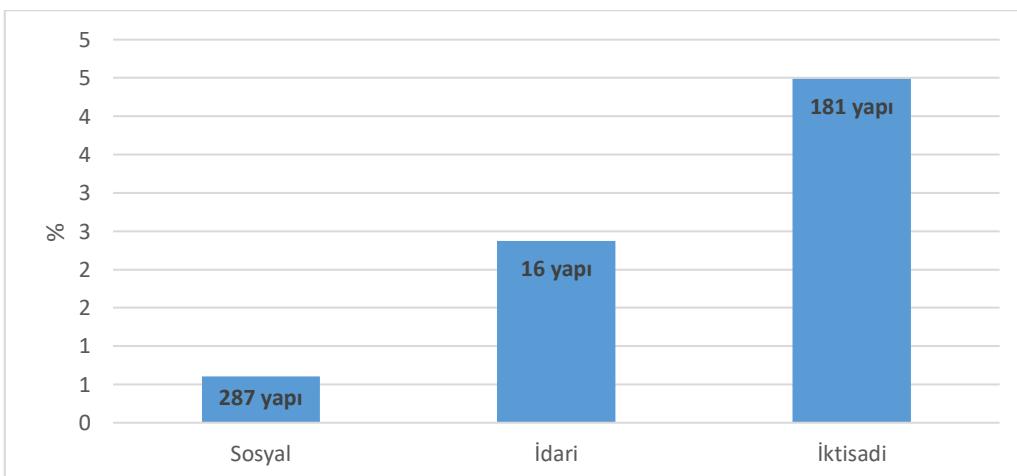
İlçe genelinde bulunan mevcut yapı gruplarının etkilenme yüzdesi Şekil 10'da sunulmuştur. Pendik ilçesi genelinde LSY kaynaklı olası bir tsunami olayında Sosyal grubundaki yapıların %0.60'ı, İdari yapıların %2.37'si ve İktisadi yapıların ise %4.49'u su basmasından etkilenmektedir.

Tablo 5: Pendik İlçesi Suya Temas Eden Yapıların Mahalle Bazlı Analiz Sonuçları (LSY)

	Sosyal	İdari		İktisadi			Mahalle Geneli Toplam Bina Sayısı
İlçe Genel	Mesken	Okul	Resmi	İmalat	Ticari	Trafo	
Batı	683	8	70	-	176	6	974
Doğu	804	16	21	-	118	10	1.007
Güzelyalı	1.592	8	5	-	181	5	1.887
Kaynarca	2.315	15	13	10	153	11	2.579
İlçe Geneli MK Gruplarındaki Bina Sayısı	47.541	241	433	166	3.590	277	54.749 (İlçe geneli toplam bina sayısı)

Etkilenen Birimler	Mesken	Okul	Resmi	İmalat	Ticari	Trafo	MK Gruplarındaki Etkilenen Binaların Mahallelere göre Dağılımı
Batı	100	2	7	0	71	1	181
Doğu	116	0	6	0	46	3	171
Güzelyalı	22	0	1	0	46	0	69
Kaynarca	49	0	0	9	5	0	63
Etkilenen Binaların MK Gruplarına göre Dağılımı	287	2	14	9	168	4	484 (MK gruplarındaki etkilenen bina sayısı) 497 (Toplam etkilenen bina sayısı)

Etkilenen Birimler %	Mesken	Okul	Resmi	İmalat	Ticari	Trafo
Batı	14.64	25.00	10.00	-	40.34	16.67
Doğu	14.43	0.00	28.57	-	38.98	30.00
Güzelyalı	1.38	0.00	20.00	-	25.41	0.00
Kaynarca	2.12	0.00	0.00	90.00	3.27	0.00
İlçe Toplamı	0.60	0.83	3.23	5.42	4.68	1.44



Şekil 10: Pendik İlçesi Suya Temas Eden Yapı Grupları ve Etkilenme Yüzdeleri (LSY)

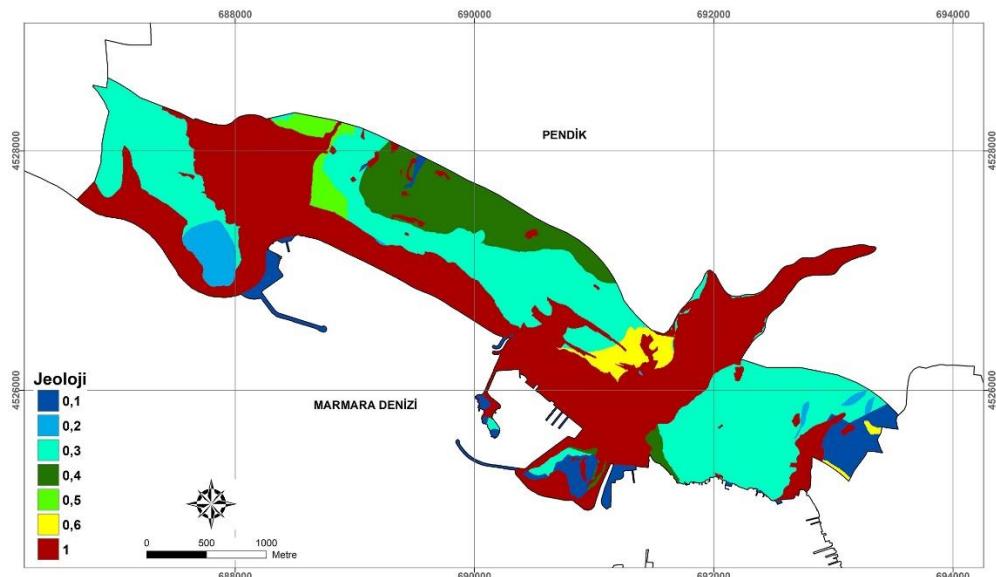
5. PENDİK İLÇESİ METHUVA HASAR GÖREBİLİRLİK ANALİZLERİ

İstanbul ilinin Anadolu yakasında Marmara kıyısında 40,85-41,05 K ve 29,24-29,50 D koordinatları arasında yer alan Pendik ilçesi 180,05 km² yüz ölçümüne sahiptir. Pendik ilçesi uygulama alanı için MeTHuVA yöntemi adımları, takip eden başlıklarda verilmiştir.

5.1. Mekânsal Hasar Görebilirlik

5.1.1. Jeoloji

Pendik ilçesi uygulama alanı sınırları içerisinde 7 ana jeolojik birim bulunmaktadır. Bu birimler: Güncel Birikintiler- Qg (Alüvyon-Qal, Plaj birikintisi-Qp, Kuşdili formasyonu-Qks, Alüvyon ve Kuşdili formasyonu- Qal+Qks, Yamaç molozu-Qy), Sultanbeyli Formasyonu-Ts (Orhanlı üyesi-Tso, Tuğlacıbaşı üyesi-Tst), Yayalar Formasyonu-Osy (Gözdağ üyesi-Osyg, Şeyhli üyesi-Osyş), Pendik Formasyonu-Dp (Kartal üyesi- Dpk, Kozyatağı üyesi-Dpkz), Pelitli Formasyonu-SDp (Dolayoba üyesi-SDpd, Sefadası kireçtaşı üyesi-SDps, Soğanlık kireçtaşı üyesi- SDpsğ), Tavşantepe graniti-Ptv, yapay 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 6'da verilmiştir. Bu sıralama değerleri ile oluşturulan Pendik ilçesi jeoloji katmanı haritası Şekil 11'de gösterilmiştir.



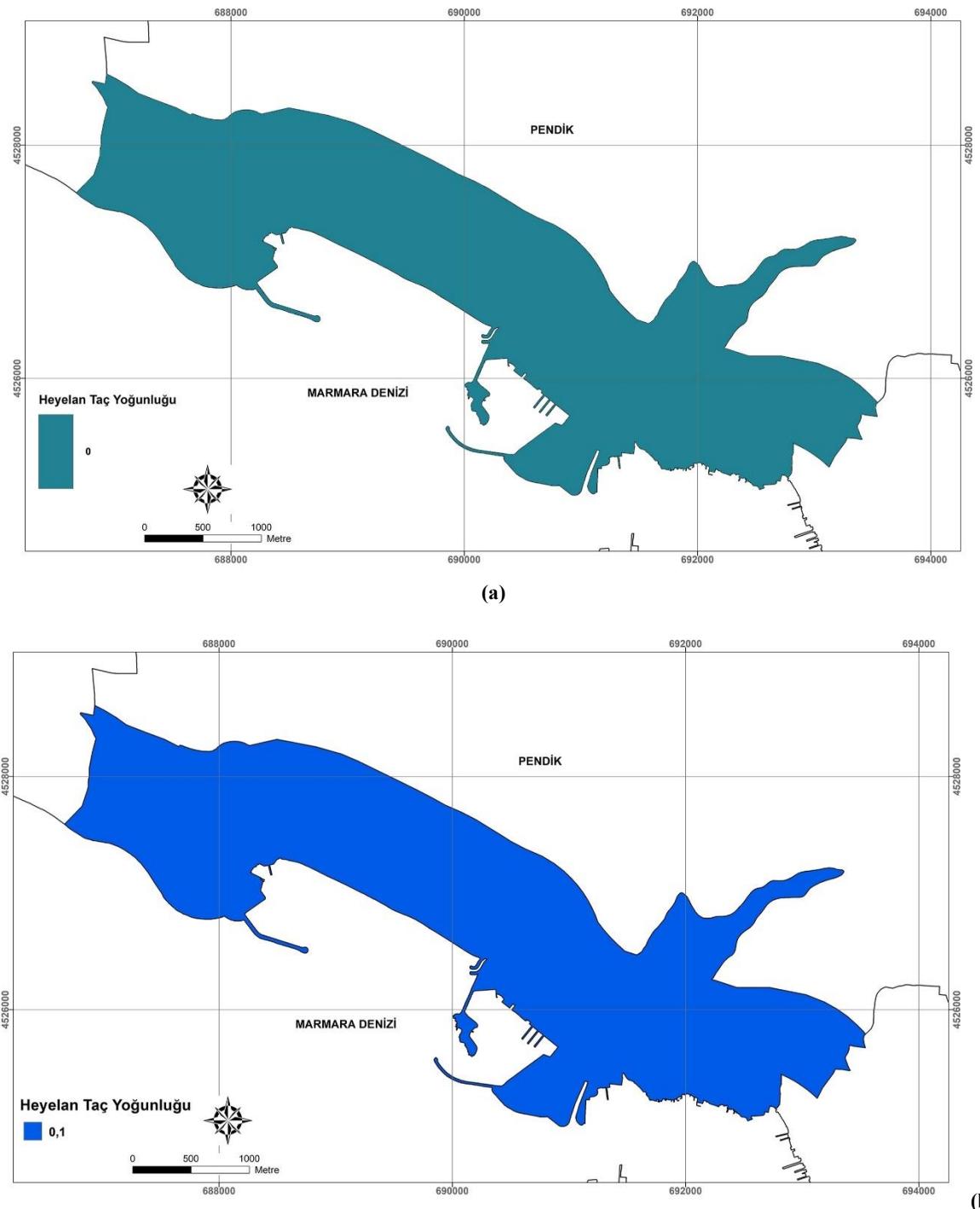
Şekil 11: Jeoloji Katmanın Sınıflandırılmış Haritası

Tablo 6: Pendik Uygulama Alanı İçerisinde Bulunan Jeolojik Birimler 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
		Qal+Qkş	Alüvyon + Kuşdili formasyonu	1
		Qy	Yamaç molozu	1
		Qp	Plaj Birikintisi	1
		Qkş	Kuşdili formasyonu	1
		Tst	Tuğlacıbaşı üyesi	0,5
		Tso	Orhanlı üyesi	0,6
Erken Karbonifer	Ptv	Tavşan tepe graniti		0,1
Erken Devoniyen	Dp (Pendik Formasyonu)	Dpkz	Kozyatağı üyesi	0,2
		Dpk	Kartal üyesi	0,3
Geç Silüriyen – Erken Devoniyen	SDp (Pelitli Formasyonu)	SDpsğ	Soğanlık kireçtaşı üyesi	0,3
		SDps	Sedefadası kireçtaşı üyesi	0,4
		SDpd	Dolayoba üyesi	0,4
Geç Ordovisyen – Erken Silüriyen	Osy (Yayalar Formasyonu)	Osyş	Şeyhli üyesi	0,1
		Osyg	Gözdağ üyesi	0,3

5.1.2. Heyelan Taç Yoğunluğu

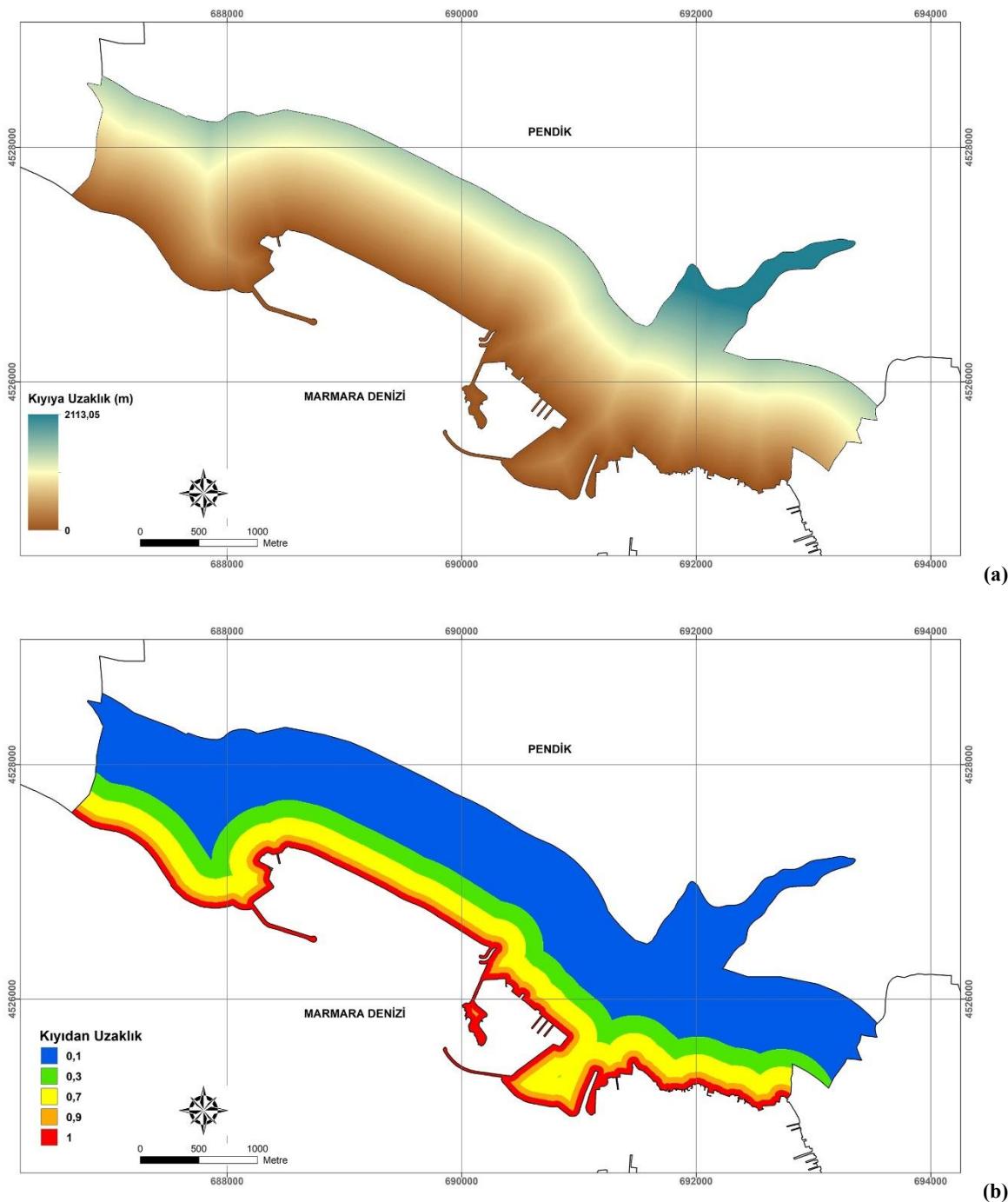
Pendik ilçesi uygulama alanı heyelan taç yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 12'de sunulmuştur.



Şekil 12: a) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Heyelan Taç Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.3. Kıyıdan Uzaklık

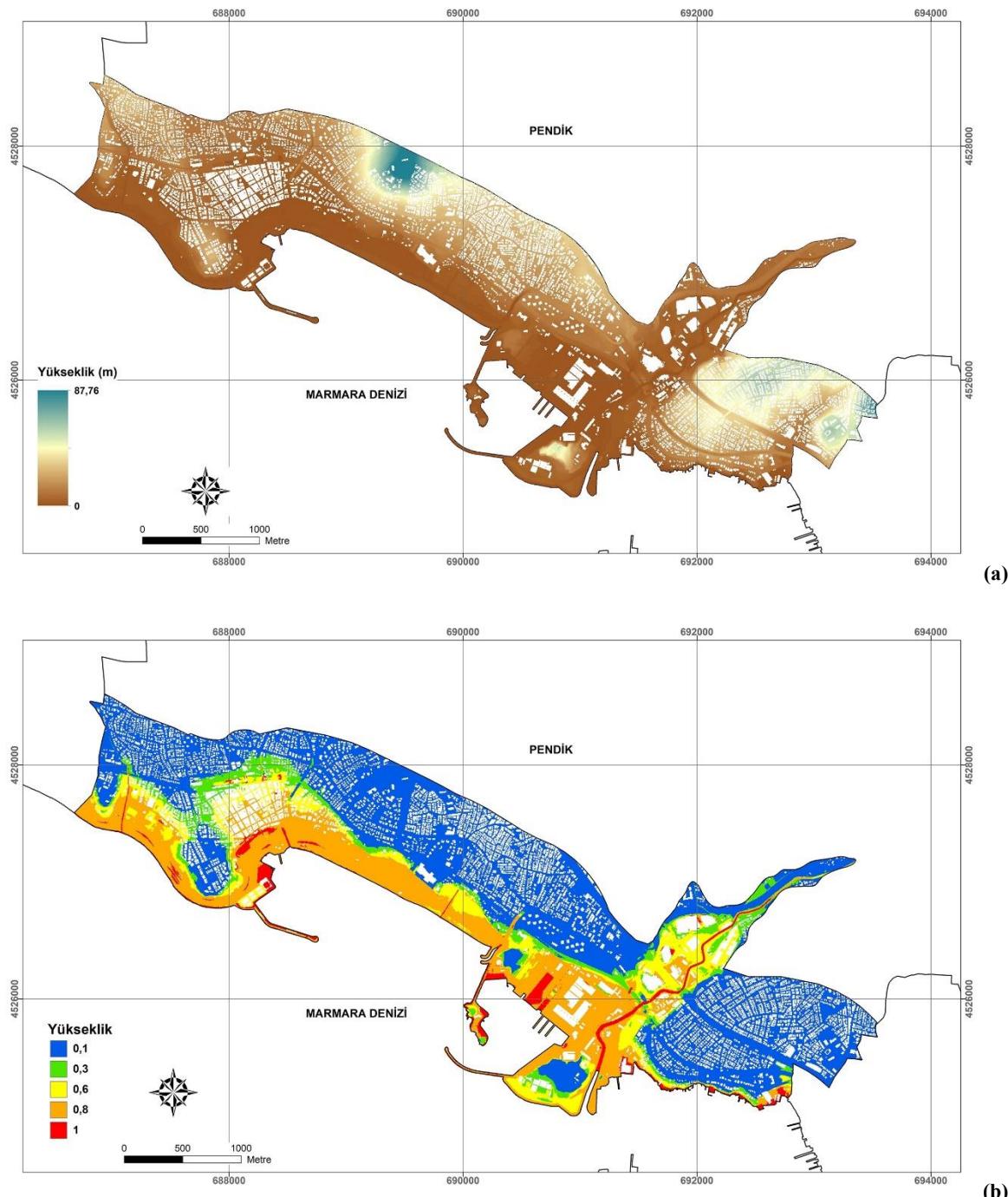
Pendik ilçesi uygulama alanı kıyıdan uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 13'de sunulmuştur.



Şekil 13: a) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Kıyıdan Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.1.4. Yükseklik

Pendik ilçesi uygulama alanı yükseklik parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 14'te sunulmuştur.

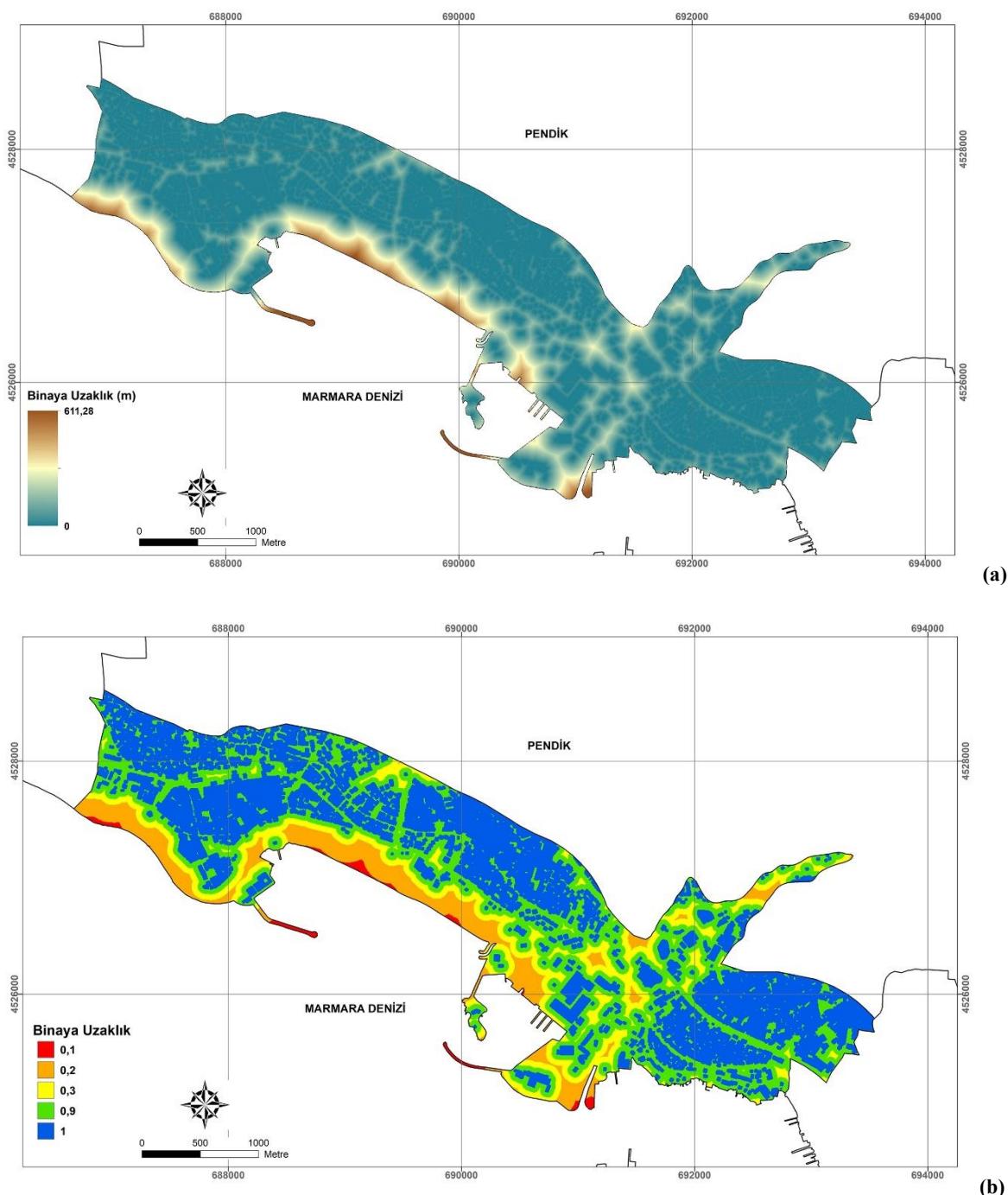


Şekil 14: a) Yükseklik Katmanının Parametre Haritası b) Yükseklik Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.Tahliye Esnekliği

5.2.1.Binaya Uzaklık

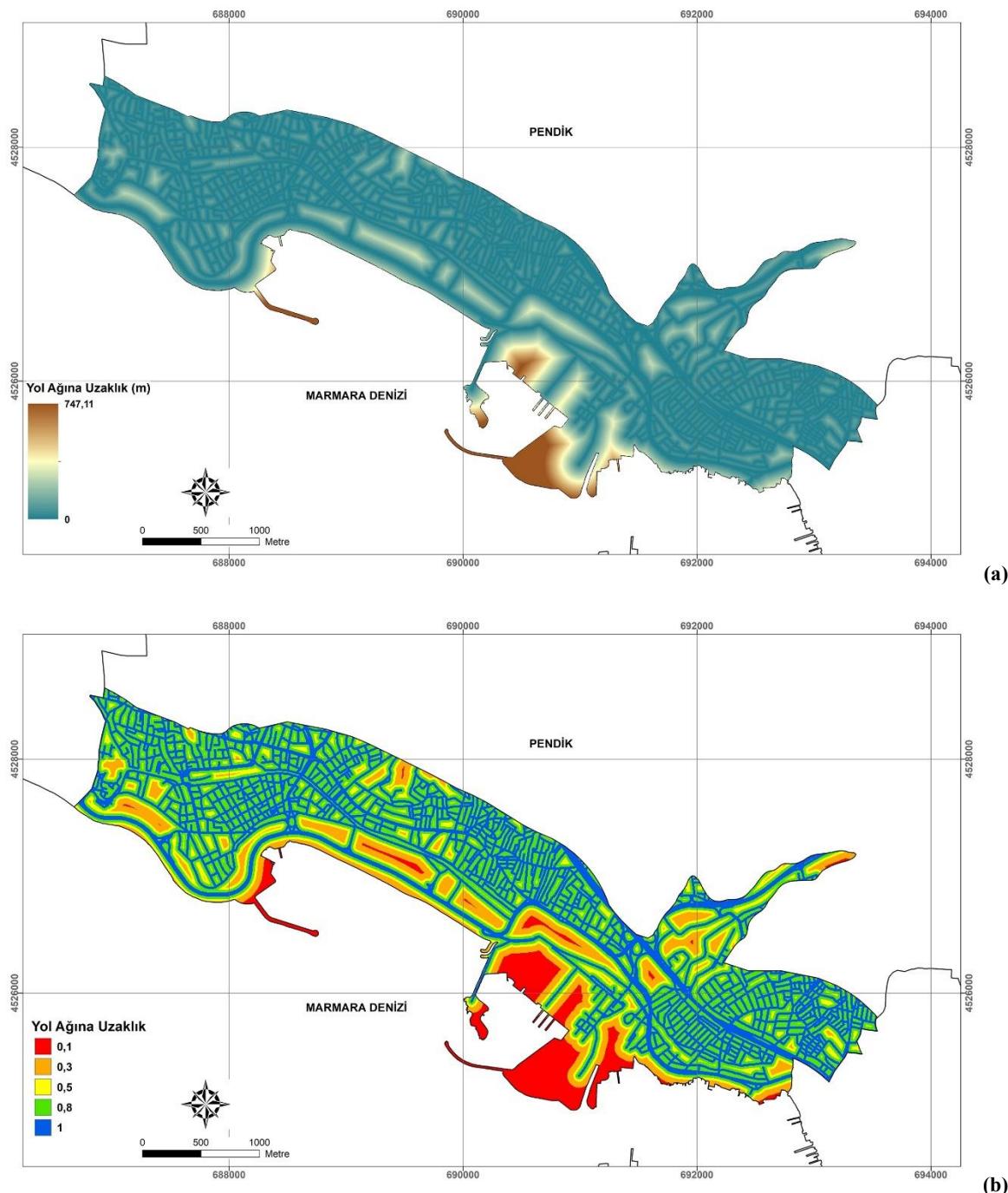
Pendik ilçesi uygulama alanı binaya uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 15'de sunulmuştur.



Şekil 15: a) Binalara Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Binalara Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.2. Yol Ağına Uzaklık

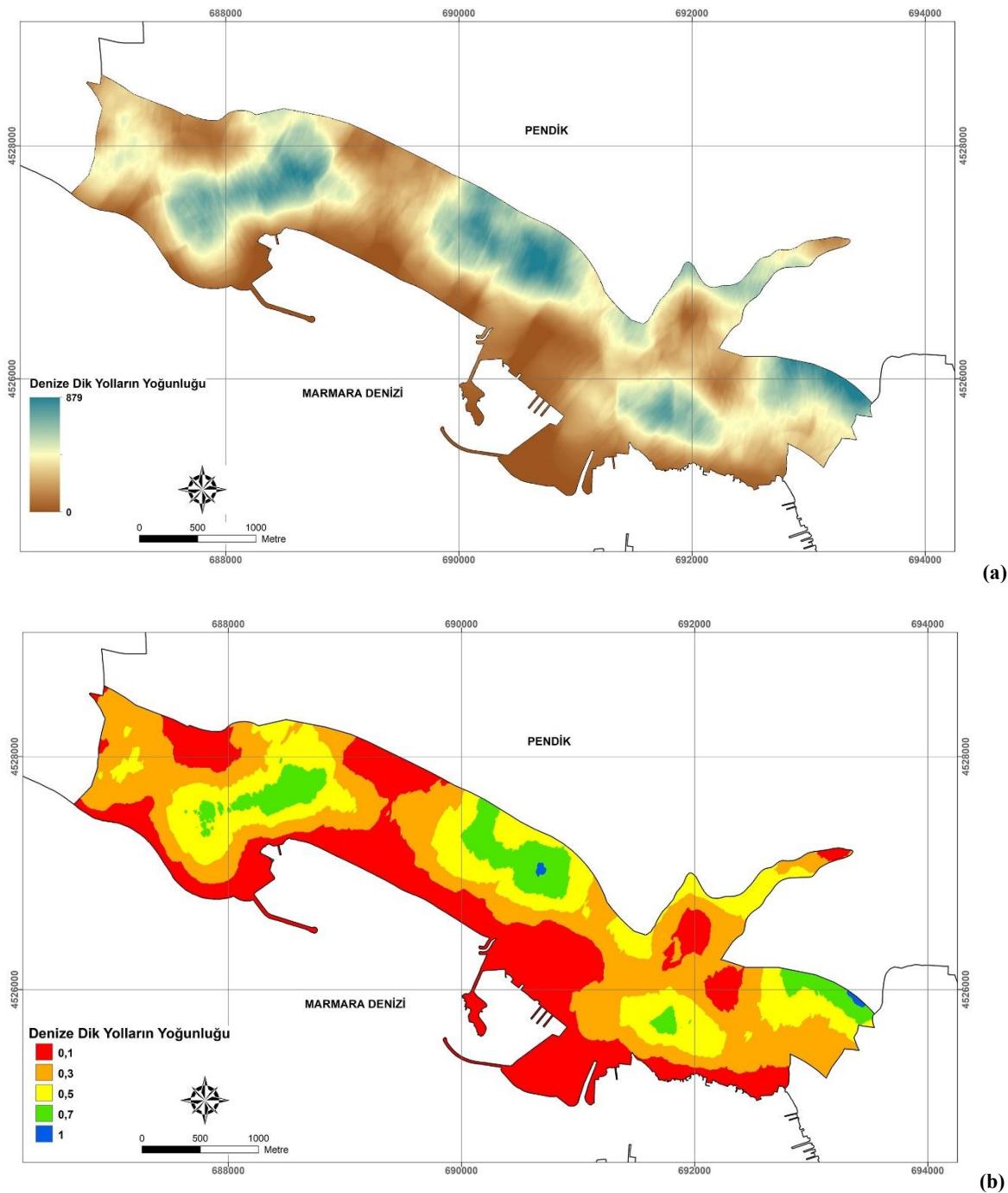
Pendik ilçesi uygulama alanı yol ağına uzaklık parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 16'da sunulmuştur.



Şekil 16: a) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Parametre Haritası b) Yol Ağına Uzaklık Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.3. Denize Dik Yolların Yoğunluğu

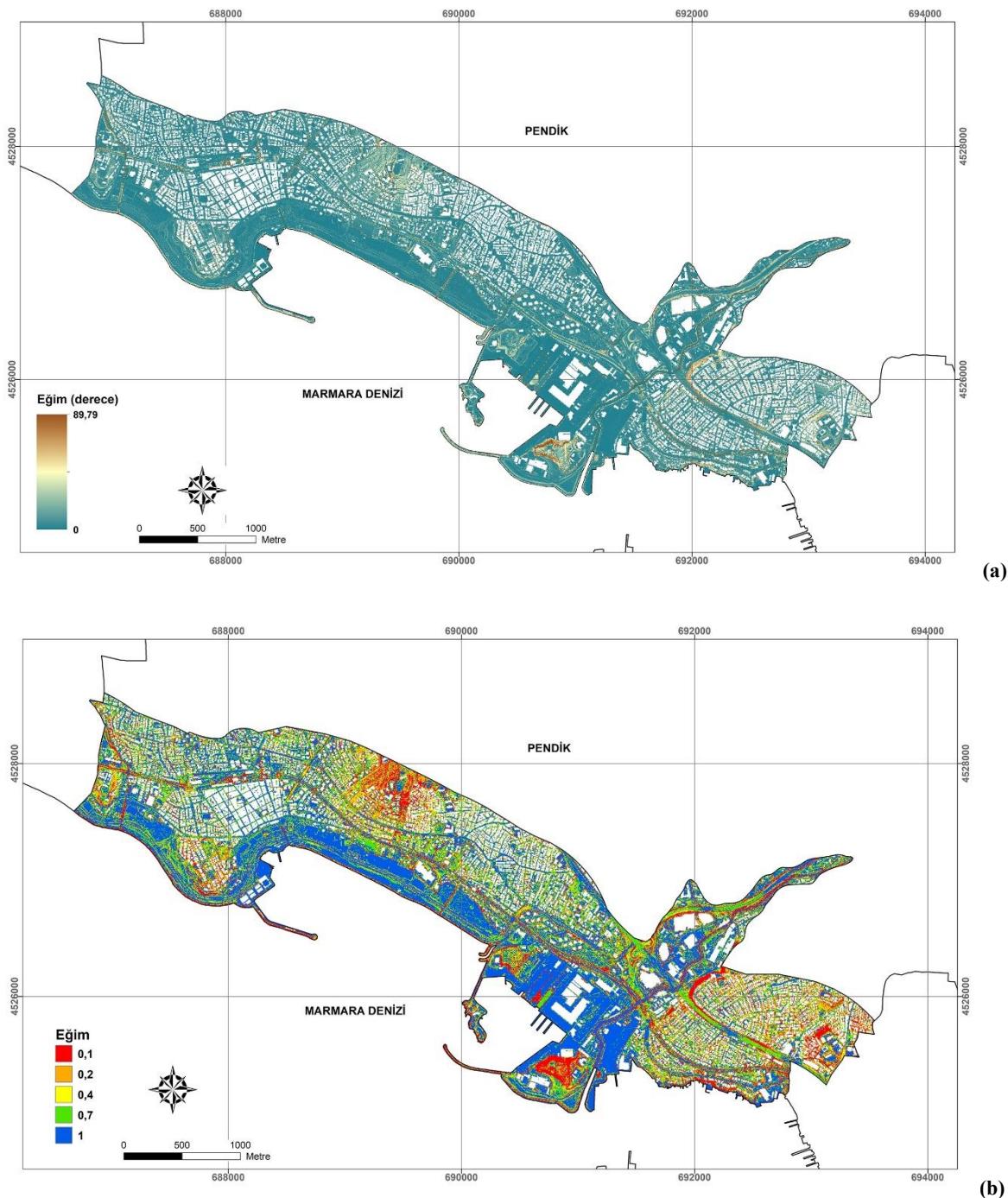
Pendik ilçesi uygulama alanı denize dik yolların yoğunluğu parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 17'de sunulmuştur.



Şekil 17: a) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Parametre Haritası b) Denize Dik Yolların Yoğunluğu Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.2.4. Eğim

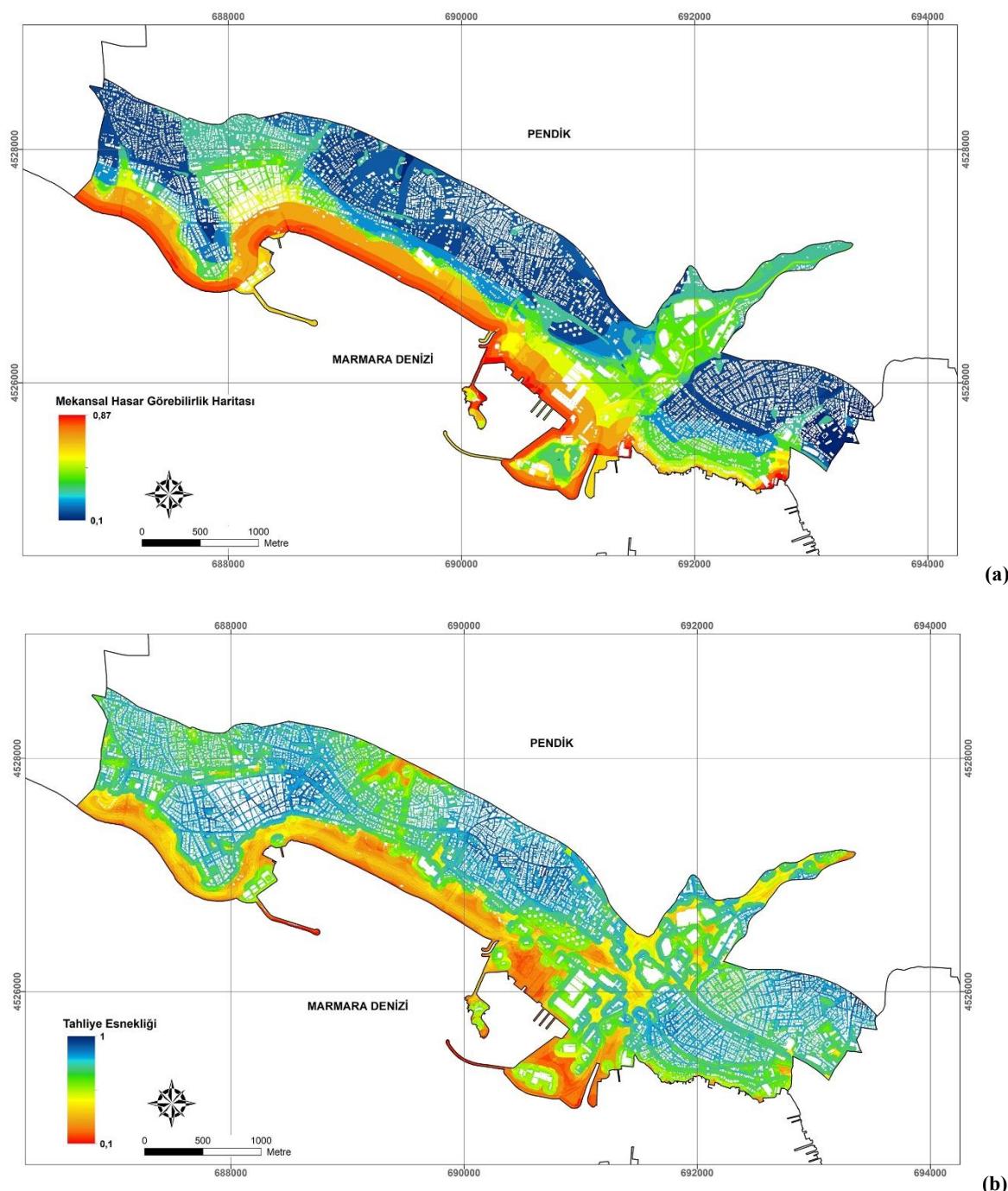
Pendik ilçesi uygulama alanı eğim parametre ve sınıflandırılmış haritası yukarıda verilen esaslara göre hazırlanmış ve Şekil 18'de sunulmuştur.



Şekil 18: a) Eğim Katmanının Parametre Haritası b) Eğim Katmanının Sınıflandırılmış Haritası

5.3.Pendik İlçesi Methuva Hasar Görebilirlik Sonuç Haritaları

Pendik ilçesi için üretilen Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği sınıflandırılmış alt parametre haritaları ve ikili karşılaştırmalara göre belirlenen ağırlık değerleri kullanılarak Pendik ilçesi için Mekânsal Hasar Görebilirlik ve Tahliye Esnekliği haritaları üretilmiştir (Şekil 19).



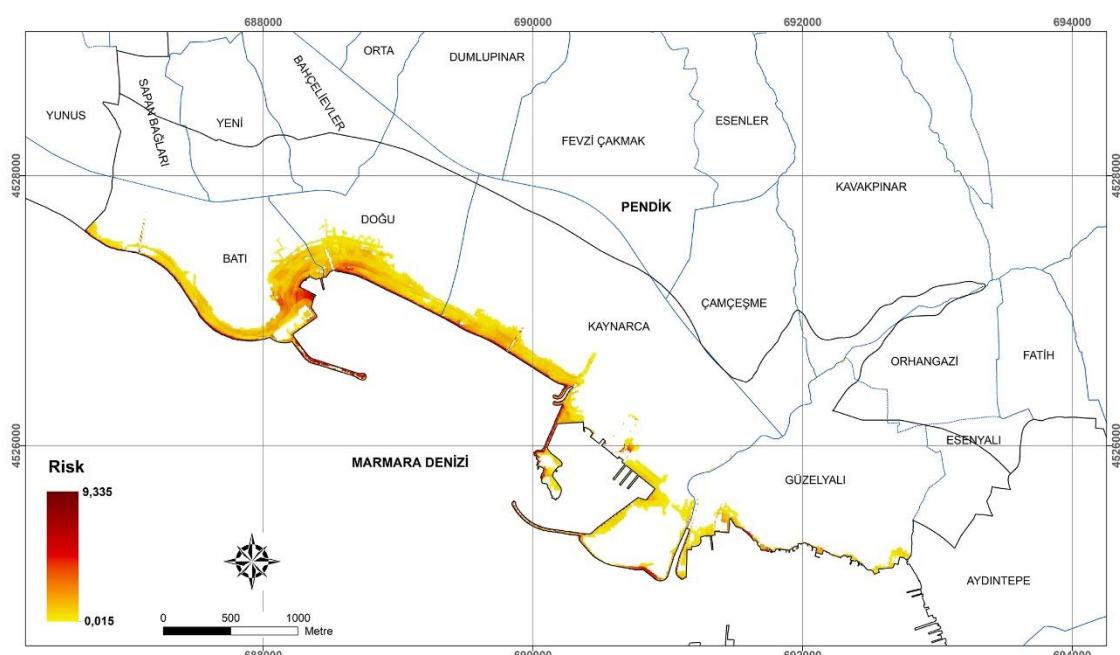
Şekil 19: Pendik Uygulama Alanının MeTHuVA Metodu İle Hazırlanmış a) Mekânsal Hasar Görebilirlik Haritası b) Tahliye Esnekliği Haritası

6.PENDİK İLÇESİ METHUVA RİSK ANALİZLERİ

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

6.1.Pendik İlçesi Sismik Kaynaklı Risk Haritası

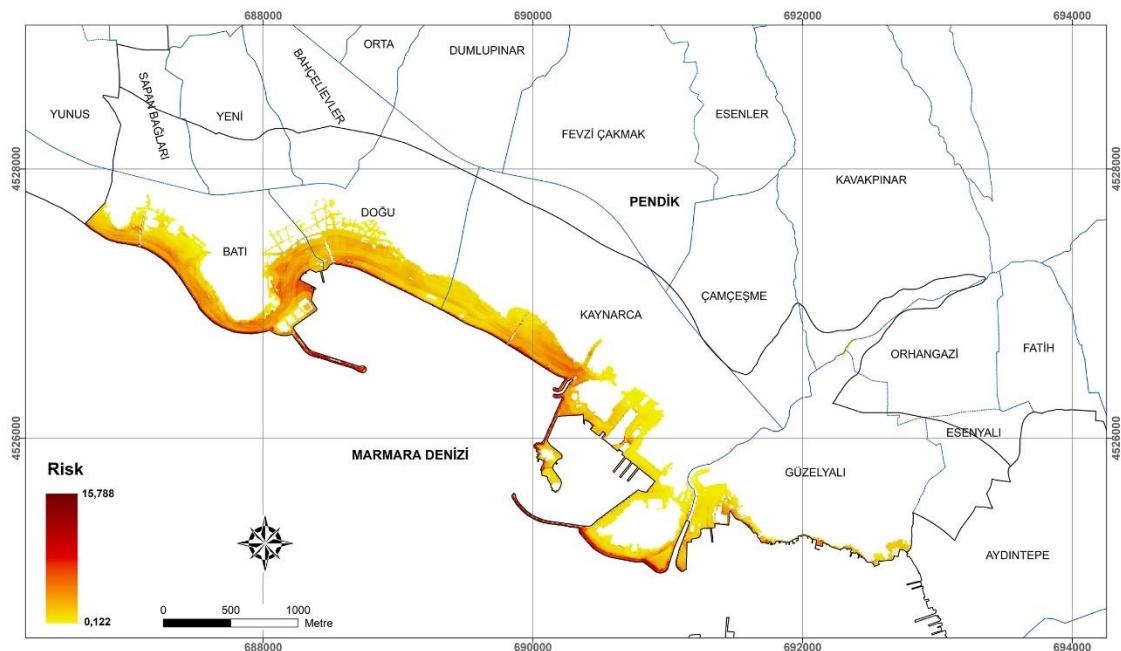
Pendik ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası Şekil 20'de verilmiştir. Bu harita üretilirken Pendik ilçesi için en kritik sismik tsunami kaynağı olarak PIN tsunami kaynağı kullanılmıştır. Pendik ilçesi uygulama alanı için sismik kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Batı Mahallesi'nin doğu kıyısı, Doğu Mahallesi'nin kuzey kıyısı ve Kaynarca Mahallesi'nin en güney kıyısı olduğu öngörmektedir. Bu bölgeleri Batı Mahallesi'nin batı ve orta kıyısı, Doğu Mahallesi'nin orta ve güney kıyısı, Kaynarca Mahallesi'nin kuzey ve orta kıyısı ile Güzelyalı Mahallesi'nin orta-batı kıyısı takip etmektedir.



Şekil 20: PIN Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

6.2.Pendik İlçesi Deniz Altı Heyeları Kaynaklı Risk Haritaları

Pendik ilçesi uygulama alanı için Yenikapı Deniz Altı Heyeları (LSY) kaynaklı MeTHuVA risk haritası oluşturulmuş ve Şekil 21'de verilmiştir. Bu harita üretilirken Pendik ilçesi için en kritik deniz altı heyeları tsunami kaynağı olarak LSY kullanılmıştır. Pendik ilçesi uygulama alanı için LSY kaynaklı MeTHuVA risk haritasına göre en riskli bölgelerin Batı Mahallesi'nin doğu kıyısı ve Kaynarca Mahallesi'nin güney kıyısı olduğu öngörülmektedir. Bu bölgeleri Kaynarca Mahallesi'nin orta kıyısı, Batı Mahallesi'nin batı ve orta kıyısı, Doğu Mahallesi'nin kuzey kıyısı ile Güzelyalı Mahallesi'nin en batı ve orta kıyısı takip etmektedir.



Şekil 21: LSY Kaynaklı MeTHuVA Risk Haritası

7.PENDİK 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 Pendik ilçesi için önerilen adımlar alt başlıklarda sunulmuştur.

Pendik ilçesi kıyı şeridinin büyük bölümü, yürüyüş-bisiklet yolları ve kıyıya paralel uzanan sahil yolundan oluşmaktadır. Ayrıca bu ilçede Yalova Feribot İskelesi, Pendik Marina ve TSK'ya ait büyük bir tersane bulunmaktadır. Kıyı şeridi özellikle yaz aylarında spor, balıkçılık, piknik, gezi ve denizcilik faaliyetleri nedeniyle günün her saatı yoğun olarak kullanılmaktadır. Marmara Denizi'nde oluşabilecek hem sismik aktiviteye bağlı hem de deniz altı heyelanına bağlı tsunami senaryolarında ilçenin sahil kısmının tamamı etki altında kalacaktır. Bazı kısımlarda dalganın çok yükseğe tırmanması beklenmekte ve Pendik çarşı kısmının da büyük ölçüde etkileneceği öngörmektedir. Pendik ilçesi kıyı bölgesinde tsunami dalgalarından etkilenecek alanların tahliyesinin sağlanması için geliştirilen öneriler i) tahliye kolaylığı açısından, ii) nüfus yoğunluğu açısından ve iii) stratejik açıdan olmak üzere üç bölümde anlatılmaktadır.

7.1.Tahliye Kolaylığı Açısından

7.1.1.Yunus mevkii – Pendik Çarşı Hattı

İlçenin batısında yer alan bu bölgede nüfus ilçenin diğer kısımlarına göre daha az yoğunluğa sahiptir. Ancak kıyı bölgesinde spor, piknik, balıkçılık, denizcilik ve gezi amaçlı aktiviteler nedeni ile hareketlilik vardır. Heyelan kaynaklı tsunami dalgalarının bu bölgede iç kısımlara doğru yaklaşık 250 metre mesafede etkili olabileceği görülmektedir. Bölgede bulunan yükseltiler tahliye alanı olarak seçilerek, yönlendirme tabelaları ve merdiven yapılarının çoğaltıması ile tahliye yapılabileceği düşünülmektedir (Şekil 22a). Ayrıca tahliye yollarının kullanılamaması durumunda sahil yolunun kuzeyinde yer alan parkta (Şekil 22b) dalga etkisini azaltacak ağaçlandırma ve dikey tahliyeye uygun yapı düşünülmelidir.



Şekil 22: a) Bölgede Yer Alan ve Tahliye Amacıyla Kullanılabilecek Merdiven Yapısı Örneği, b) Düzlük Bir Alanda Yer Alan Park

7.1.2. Semt Pazarı-Askeri Tersane Hattı Boyunca Alınması Gerekli Önlemler

Bu hattın sahil kısmı yayalar tarafından ilçenin diğer kısımları kadar yoğun bir şekilde kullanılmamaktadır. Ancak bölgede cumartesi günleri Pendik'in en büyük semt pazarı kurulmaktadır. Dolayısıyla cumartesi günleri hem yaya hem de taşit trafiği bakımından yoğunluk yaşanmaktadır (Şekil 23a). Yapılan analizlerde heyelan kaynaklı tsunami dalgalarının Pazar alanında önemli etki yapacağı görülmektedir. Ancak dalgaların Marmaray tren hattı güzergâhına ulaşmadığı ve yayalar için tren güzergâhıyla dalga etki alanı arasında güvenli alan oluştugu görülmektedir. Bu alanda Pazar alışverişine gelenlerin Pazar girişlerine yerleştirilecek tabelalarla tehlike anında nereye gitmesi gerektiğini anlatan yönlendirme tabelaları yerleştirilmeli, zeminde güvenli ve tehlikeli alanları belli edecek renklendirmeler yapılmalı, verilecek eğitimlerle bölge halkı bilinçlendirilmelidir. Bu hattın sahil kesiminde (Şekil 23b), İstanbul'un Anadolu yakası sahil bandı boyunca görülen spor, balıkçılık, denizcilik, gezi, piknik faaliyetleri yoğun olarak görülmemektedir. Bu kısımlara tehlike durumunda hangi istikamete doğru tahliye olacaklarını gösteren tabelalar konulmalı, bilgilendirici panolar yerleştirilmelidir. Söz konusu alanda ağaçlandırma yapılmamıştır. Bu alana uygun ağaç cinsleri dikilerek tsunami etkisinin azaltılması sağlanmalıdır. Ayrıca tüm sahil yolu gibi burada da taşit yoğunluğu zaman zaman oluşabilmektedir. Sahil yolu üzerine sayısal uyarı panolar yerleştirilmesi ve olası bir

tsunami tehlikesi durumunda taşit trafiğinin kıyıdan uzak tarafa yönlendirmeleri düşünülmelidir.



(a)



(b)

Şekil 23: a) Pendik Pazarı, b) Sahil Bandı

7.1.3. Tersane –Tuzla Sınır Hattı Boyunca Alınması Gerekli Önlemler

Bu hat boyunca deniz altı heyelanı kaynaklı bir tsunami durumunda dalgaların etkisinin morfolojiye bağlı olarak sahil kısmı boyunca sınırlı olacağı görülmektedir. Bu kısımda yapılan analizlere göre sahilde bulunan yayaların, yerleştirilecek tabelalar ve bilgilendirici panolar yardımıyla yaklaşık 50 metre kuzeye tahliye edilmesi veya çevredeki binaları dikey tahliye için kullanmaları tehlikenin etkilerini azaltmada faydalı olacağı açıklır (Şekil 24).



Şekil 24: Güzelyalı Sahili

7.2. Nüfus Yoğunluğuna Göre

7.2.1. Pendik Çarşı Boyunca Alınması Gerekli Önlemler

Güldeste Caddesi ve Ankara Caddesi, kafeler, restoranlar, alışveriş merkezleri, camiler, otoparklar, kamu kurumları gibi tesisleri içeren merkezi konumda olup çoğu zaman kalabalıktır. Bu kısımda deniz altı heyelanına bağlı tsunami senaryosunda dalgalarının karşısına doğru sahilden yaklaşık 500 metre kadar içeri girebileceği öngörmektedir. Bu kısımlarda kalabalıkların dar sokaklarda kargaşa neden olması ayrıca buna ek olarak olası bir depremde insanların bu kısmın güneyinde yer alan açık otopark alanına doğru yönlenmeleri beklenebilir (Şekil 25a). Böyle bir durumda can kaybının artacağı açıktır. Bu nedenle halka gerekli eğitimlerin verilmesi, tehlikeli bölgelerde yayaların kullandığı trafiğe kapalı sokaklarda tahliye yönlerini gösteren, tabelalar ve öğretici panolar kullanılması can kaybının azaltılması için çok önemli faydalar sağlayacaktır. Bu önlemleri güçlendirmek için Pendik çarşı bölgesinde sağlam binaların dikey tahliye amacı ile kullanılması planlanmalıdır. Bu durumda olası bir İstanbul depremine dayanıklı yapıların belirlenmesi, kamu kurumlarına ait binaların incelenmesi, gerekli iyileştirmelerin yapılması ve deprem sonrası dikey tahliye için kullanılabilecek binaların bina girişlerine yerleştirilecek sembollerle gösterilmesi ve bir afet durumunda kullanıma hazır hale getirilmesi büyük önem arz etmektedir.



Şekil 25: a) Sahil Yolunun Kuzeyinde Bulunan Açık Otopark, b) Pendik Çarşı

7.2.3. Pendik Marina ve Feribot İskelesinde Alınması Gerekli Önlemler

Pendik marina içerisinde çok sayıda kafe, restoran, mağaza, market ve deniz araçları bulunmakta olup İstanbul'un en büyük marinalarından biridir. Bu özellikleriyle bölgedeki nüfusunraigbet ettiği cazibe merkezidir. Ayrıca marinanın doğusunda bulunan Pendik-Yalova feribotu ve iskelesi de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 26). Yapılan analizlerde deniz altı heyelanına bağlı tsunami dalgalarının bu bölgede yüksek olacağı öngörmektedir. Bu bölgede tahliyenin, söz konusu alanın yaklaşık 250 metre kuzeybatısında yer alan yüksek yerlere ulaşım için merdiven yapıları ile sağlanması, tahliye tabelaları ve panoları kullanılması gerekmektedir. Marina ve feribot iskelesinde meydana gelebilecek hasarları asgari düzeye indirmek için de dalgakırarı gibi koruma yapılarının kret kotlarının yükseltilmesi, dalga hareketinin incelenerek gerekirse yeni koruma yapıları planlanmalıdır. Ayrıca marina ve diğer tekne barınaklarında tsunami olayı sırasında teknelerde bulunanların ve denizcilerin bilmesi gereken bilgileri anlatan panolar kullanılmalıdır.



Şekil 26: Pendik Marina ve Feribot İskelesi

7.3.Stratejik Yönden Alınması Gereken Önlemler

Pendik askeri tersanesi ülkemizin en gelişmiş tersanelerinden biri olması ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nin büyük projelerinin burada yapılması nedeniyle yüksek stratejik öneme sahiptir. Yapılan analizlerde deniz altı heyelanına bağlı tsunami dalgalarının tersane mendireklerini aşarak tersane içerisinde zarara yol açabileceği öngörülmektedir. Tersanenin stratejik yapısı nedeniyle dalgakırın kret kotunun yükseltilerek tsunami kaynaklı dalgaların etkilerini azaltmak gerekmektedir. Tersanenin kuzey batısı ve güney doğusunda yer alan yüksek alanlar tahliye alanları olarak kullanılabileceği planlanmalıdır. Ayrıca tersane personelinin tsunami tehlikesi durumunda uyulması gereken kurallar konusunda bilgilendirilmesi sağlanmalıdır.

7.4.Pendik İlçesi Tsunami Bilgi Haritası

Yukarıda belirtilen bilgiler ve önerilerin yer aldığı ve Pendik İlçesi'ne özel olarak A0 boyutunda örnek bir poster hazırlanmıştır. Bu posterde sismik aktiviteye bağlı ve deniz altı heyelanı sebebi ile oluşabilecek tsunami baskın alanları ile olası bir tsunamiye karşı hazırlık olarak yapılması gerekenler tahliye rotaları, bilgi ve yönlendirme pano yerleri ile diğer önlemler yer almaktadır. Bu bilgiler daha çok hazırlık çalışmalarına yol gösterici özellikte olup, ilerleyen dönemde alınan önlemlerin bu haritaya işlenmesi ile geliştirilecek ve güncel sürümleri halkın bilinçlendirilmesi için de kullanılabilecektir.

8.SONUÇ VE ÖNERİLER

Pendik ilçesi kıyı şeridinin büyük bölümü, yürüyüş-bisiklet yolları ve kıyıya paralel uzanan sahil yolundan oluşmaktadır. Ayrıca bu ilçede Yalova Feribot İskelesi, Pendik Marina ve TSK'ya ait büyük bir tersane bulunmaktadır. Kıyı şeridi özellikle yaz aylarında spor, balıkçılık, piknik, gezi ve denizcilik faaliyetleri nedeniyle günün her saatı yoğun olarak kullanılmaktadır. Marmara Denizi'nde oluşabilecek hem sismik aktiviteye bağlı hem de deniz altı heyelanına bağlı tsunami senaryolarında ilçenin sahil kısmının tamamı etki altında kalacaktır. Bazı kısımlarda dalganın çok yükseğe tırmanması beklenmekte ve Pendik çarşı kısmının da büyük ölçüde etkileneceği öngörmektedir. Pendik ilçesi kıyı bölgesinde tsunami dalgalarından etkilenecek alanların tahliyesinin sağlanması için geliştirilen öneriler tahliye kolaylığı açısından, nüfus yoğunluğu açısından ve stratejik açıdan olmak üzere üç ana başlık altında dikkate alınmalıdır.

Tahliye esnekliğinin artırılmasına yönelik eylemler, Yunus mevkii – Pendik Çarşı hattı, Semt Pazarı-Askeri Tersane hattı ve Tersane –Tuzla Sınır Hattı bölgeleri için derlenmiştir. Bu bölgelerin her biri içerdikleri çeşitlilik itibarıyle spesifik çözümlemeler gerektirmekle birlikte tahliye esnekliğinin artırılmasına yönelik olarak uygun rotaların belirlenmesi, bilgilendirici tabela ve panoların belli aralıklarla yerleştirilmesi temel yaklaşım olarak benimsenmelidir. Yine bu çerçevede bölgeyi kullanan sakinlerin konuya ilgili farkındalıklarının artırılmasına yönelik faaliyetlerin düzenlenmesi tahliye esnekliğinin artırılması açısından bir diğer temel bileşen olarak ele alınmalıdır.

Nüfus yoğunluğu açısından incelendiğinde Pendik Çarşısı ile Pendik Marina ve Feribot İskelesi ön plana çıkmaktadır. Pendik Çarşısı bölümünde deniz altı heyelanına bağlı tsunami senaryosunda dalgalarının çarşı içine kadar girebileceği öngörmektedir. Bu kısımlarda kalabalıkların dar sokaklarda kargaşa neden olması ayrıca buna ek olarak olası bir depremde insanların bu kısmın güneyinde yer alan açık otopark alanına doğru yönlenmeleri beklenebilir (Şekil 25a). Böyle bir durumda can kaybının artacağı açıklıdır. Bu nedenle halka gerekli eğitimlerin verilmesi, tehlikeli bölgelerde yayaların kullandığı trafiğe kapalı sokaklarda tahliye yönlerini gösteren, tabelalar ve öğretici panolar kullanılması can kaybının azaltılması için çok önemli faydalar sağlayacaktır. Bu önlemleri güçlendirmek için Pendik çarşı bölgesinde sağlam binaların dikey tahliye amacıyla kullanılması planlanmalıdır. Marina ve iskele bölgesinde tahliyenin, söz konusu alanın yaklaşık 250 metre kuzeybatısında yer alan yüksek yere ulaşım için merdiven yapıları ile sağlanması, tahliye tabelaları ve panoları kullanılması gerekmektedir. Marina ve feribot iskelesinde meydana gelebilecek hasarları asgari düzeye indirmek için de dalgakıran gibi koruma yapılarının kret kotlarının yükseltilmesi, dalga hareketinin incelenerek gerekirse yeni koruma yapıları planlanmalıdır. Ayrıca marina ve diğer tekne barınaklarında tsunami olayı sırasında teknelerde bulunanların ve denizcilerin bilmesi gereken bilgileri anlatan panolar kullanılmalıdır.

Stratejik açıdan bakıldığında ise ilçe sınırları içinde yer alan Pendik Askeri Tersanesi ülkemizin en gelişmiş tersanelerinden biri olması ve Türk Silahlı Kuvvetlerinin büyük projelerinin burada yapılması nedeniyle yüksek stratejik öneme sahiptir. Yapılan analizlerde deniz altı heyelanına bağlı tsunami dalgalarının tersane mendireklerini aşarak tersane içerisinde zarara yol açabileceği öngörülmektedir. Dolayısıyla bu alanın hem yapısal hem de yapısal olmayan önlemler bir arada değerlendirilerek ilgili kurumlar ile işbirliği içinde çözümlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Sonuç itibariyle Pendik ilçesi hem rekreasyon, hem günlük yaşam ve hem de stratejik bakımından çeşitli kullanımlara ev sahipliği yapması itibariyle, başta tahliye esnekliği seviyesinin yükseltilmesi olmak üzere, yapısal birtakım önlemlerin de alınabileceği görülmektedir. Tüm bu çalışmalarda risk azaltmaya yönelik eylemlerin 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
- MARDİM-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)

