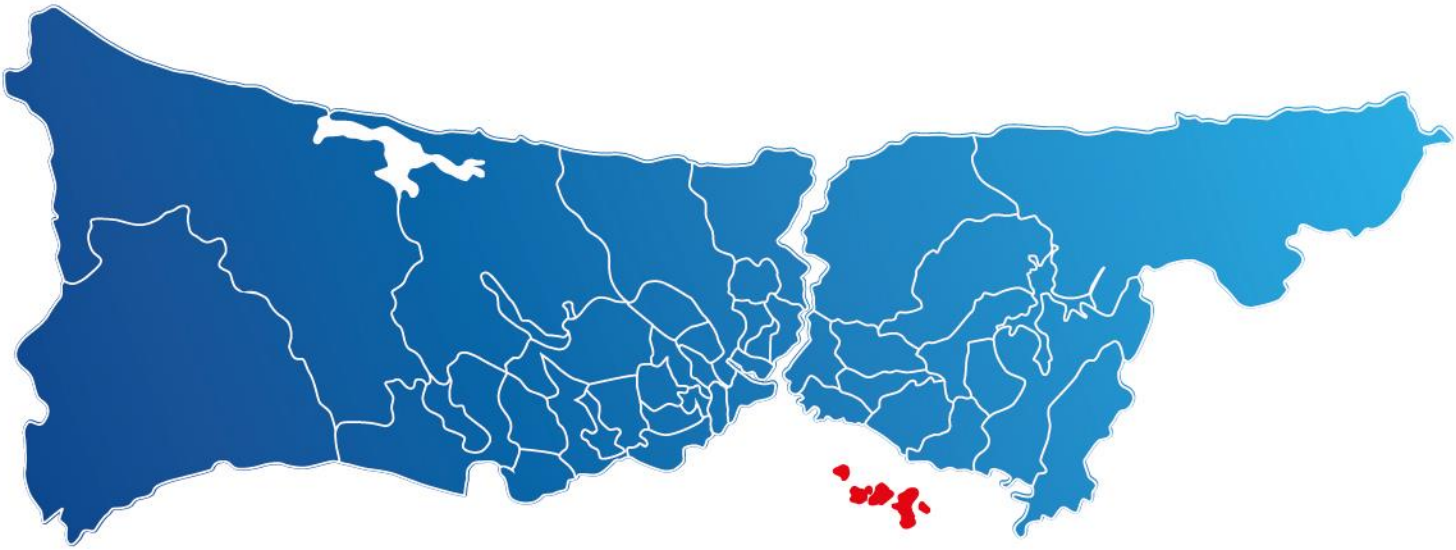
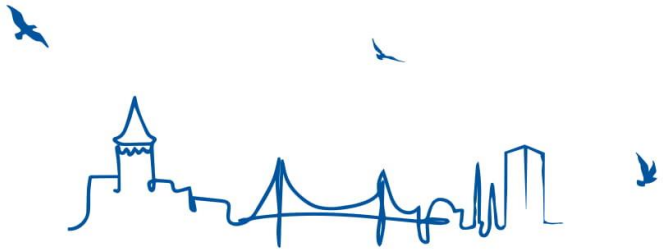
İSTANBUL
BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ

ADALAR

HEYELAN FARKINDALIK KİTAPÇIĞI



Haziran 2020 | İSTANBUL



İSTANBUL SENİN

İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ

Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı

Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü

İSTANBUL İLİ

ADALAR İLÇESİ

HEYELAN FARKINDALIK KİTAPÇIĞI

PROJE BİLGİLERİ

"İstanbul İli, Adalar İlçesi Heyelan Farkındalık Kitapçığı", Adalar ilçe sınırları içerisindeki heyelan alanlarının mekânsal dağılımlarını, depremsiz ve depremli durum için tehlike analizlerini, heyelanların hareket etme biçimi ile aktivite durumlarını sunmak amacıyla "İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Projesi (2020)" bilgileri kullanılarak, 2020 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (DEZİM) tarafından hazırlanmıştır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi

Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı

Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü:

Harita Tek. Nurcan SEYYAR

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

Jeoloji Müh. Esra FİTOZ

Jeoloji Müh. Nilüfer YILMAZ

Jeoloji Müh. Pınar AKSOY

Jeoloji Müh. Tarık TALAY

Jeoloji Müh. İsra BOSTANCIOĞLU (Müdür Yrd.)

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

Dr. Tayfun KAHRAMAN (Daire Başkanı)

HAZİRAN 2020, İSTANBUL

Kıymetli Hemşehrilerim;

Dünyada deprem riski en yüksek kentlerin başında, hem nüfus ve yapı yoğunluğu hem de fay hatlarına yakınlığı 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 Planı'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 sürdürülecek 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. İstanbulluların geleceğe daha güvenle bakabilmesi için olmazsa olmaz koşul, bu birlikteliktir. Depreme hazırlanabilmenin temelinde ise, depremin yaratacağı riskin anlaşılması ve azaltılması adına yapılabilecekler yatmaktadır. 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 sürdürmekteyiz.

Heyelanlar, ülkemiz genelinde ve kentimiz özelinde meydana gelen afet sayısına göre ilk sırada, kayıplar bakımından ise depremlerden sonra ikinci sırada gelmektedir. Son yıllarda kentimizde daha da sık yaşanan heyelanlar nedeniyle, mal kaybının yanı sıra zaman zaman can kayıpları da yaşanmaktadır. Bunun yanı sıra, meydana gelebilecek bir depremin yıkıcı etkisi, heyelan tehlikesi bulunan kentin zayıf mühendislik zonlarında katlanarak artacaktır. Bu düşünceyle, arazi çalışmaları 2020 yılı Şubat ayı sonunda tamamlanan ve kentimizin tamamını kapsayan "İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Projesi (2020)" hazırlanmıştır. Proje bilgileri doğrultusunda, 39 ilçemiz için heyelanların alansal dağılımı ve ilçelerin birbirleriyle olan idari sınır, jeolojik yapı gibi özellikleri esas alınarak oluşturulan 14 bölge için "Heyelan Farkındalık Kitapçıkları" hazırlanmıştır.

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 İstanbulluların da geleceğe daha güvenle bakmasını mümkün kılacağımıza inancım tamdır.

Saygılarımla,
Ekrem İMAMOĞLU
İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ 13

TABLO LİSTESİ 15

1. GİRİŞ 16

2. AMAÇ VE KAPSAM 18

3. İNCELEME ALANININ TANITILMASI 20
- **3.1. Coğrafi Konum-Yer Şekilleri** 20
- **3.2. İklim ve Bitki Örtüsü** 22
- **3.3. Nüfus ve Yerleşim** 23
- **3.4. Tarım-Hayvancılık-Sanayi-Ticaret ve Turizm** 24
- **3.5. Ulaşım** 24

4. JEOMORFOLOJİ 25

5. JEOLOJİ 26
- **5.1. Kınalıada Formasyonu (Ok)** 29
- **5.2. Aydos Formasyonu (OSa)** 29
- **5.3. Yayalar Formasyonu (OSy)** 30
- **5.4. Pelitli Formasyonu (SDp)** 30
- **5.5. Pendik Formasyonu (Dp)** 31
- **5.6. Denizli Köyü Formasyonu (DCd)** 32
- **5.7. Trakya Formasyonu (Ct)** 32
- **5.8. Ozan Tepesi Volkaniti (KTo)** 33
- **5.9. Kuşdili Formasyonu (Qkş)** 33
- **5.10. Güncel Birikintiler (Qg)** 34
- **5.10.1.Plaj Birikintisi (Qp)** 34
- **5.10.2.Yamaç Molozu (Qy)** 34
- **5.11. Yapay Dolgular (Yd)** 34

6. HİDROJEOLOJİ 35

7. DEPREM DURUMU 38
- **7.1. Bölgesel Deprem Durumu** 38
- **7.2. İstanbul İl Alanı Depremselliği** 41

8. KÜTLE HAREKETLERİ 44
- **8.1. Heyelanlar (Zemin Ortamlar)** 45
  - **8.1.1. Hareket Tipine Göre Heyelanlar** 51
  - **8.1.1.1. Kayma** 52
  - **8.1.1.2. Akma** 52
  - **8.1.2. Etkinlik Durumuna Göre Heyelanlar** 53
  - **8.1.2.1. Etkin Heyelanlar** 53
  - **8.1.2.2. Potansiyel Heyelanlar** 56
- **8.2. Kaya Şevi Duraysızlığı (Kaya Ortamlar)** 56
  - **8.2.1. Hareket Tipine Göre Kaya Şevi Duraysızlığı** 58
  - **8.2.1.1. Kaya Düşmesi** 58
  - **8.2.1.2. Kaya Devrilmesi** 59

8.2.1.3. Kaya Kayması **61**
8.2.2. Etkinlik Durumuna Göre Kaya Şevi Duraysızlığı **63**
8.2.2.1. Etkin Kaya Şevi Duraysızlığı **63**
8.2.2.2. Potansiyel Kaya Şevi Duraysızlığı **64**
8.3. Genel Şev Değerlendirmesi **65**

9. SONUÇ VE ÖNERİLER **72**

KAYNAKÇA **75**

EKLER

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Yer Bulduru Haritası 21
Şekil 2: Büyükada İstasyonuna Ait Mevsimsel Yağış, Rüzgar, Nem ve Sıcaklık Miktarının Yüzdelik Değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM); Afet Koordinasyon Merkezi(AKOM), 2019) 23
Şekil 3: Bölgenin Sayısal Yükselti Modeli 25
Şekil 4: Bölgenin Eğim Haritası 26
Şekil 5: Bölgenin Jeoloji Haritası 27
Şekil 6: İnceleme Alanı Jeoloji Birimleri 28
Şekil 7: Bölgenin Jeohidrolik Ortamlar Haritası 37
Şekil 8: 1939 Depreminden Sonra Büyük Depremlerin Batıya Göçü (Kalafat ve diğ., 2001) 38
Şekil 9: Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi İçindeki Geometrisi (Le Pichon, X., ve diğ., 2001) 39
Şekil 10: Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Marmara Denizi İçerisindeki Durumu [Armijo vd., 2002] ve Ms 6.6 Büyüklüğündeki Depremlerin Dağılımı (A.D. 1–1999, Ambraseys, 2002, Parsons, 2004) 40
Şekil 11: Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018) 40
Şekil 12: İstanbul İl Sınırları Deprem Tehlike Haritası 41
Şekil 13: Merkezi İstanbul Taksim Meydanı (Enlem=41.03; Boylam=28.98) Kabul Edilen r=100 km Yarıçaplı Çember ile Sınırlandırılmış Alanda Meydana Gelmiş M≥4.5 Olan Toplam 52 Adet Depremin Dağılım Haritası (KOERİ-UDİM) 42
Şekil 14. Le Pichon vd., 2001; Duman vd., 2005; Özgül vd., 2005; Ergintav vd., 2010 44
Şekil 15: Bölgeden Genel Görünüm (a. Kınalıada-b. Heybeliada-c. Sedef Adası-d. Büyükada) 45
Şekil 16: Heyelanın Şematik Gösterimi 45
Şekil 17: Heyelanın Tipik Topoğrafik Özellikleri 47
Şekil 18: Aktivite Olasılığı Dağılımı 50
Şekil 19: Tehlike Sınıfına Göre Yüzdelik Dağılım 50
Şekil 20: Zemin Kaymasının Şematik Gösterimi 52
Şekil 21: Zemin Akmasının Şematik Gösterimi 52
Şekil 22: Kınalıada'nın Batı Kısmında Yer Alan Heyelanlı Alanın Genel Görünümü 53
Şekil 23: Kınalıada'nın Batı Kısmında Yer Alan Heyelanın Kayma Yüzeyi 54
Şekil 24: Kınalıada'nın Güney Kısmında Yer Alan Heyelanlı Şevin Genel Görünümü 54
Şekil 25: Heybeliada'nın Batı Kısmında Yer Alan Heyelanlı Şevden Görünüm 54
Şekil 26: Heybeliada'nın Batı Kısmında Yer Alan Heyelanlı Şev Üzerindeki Çatlaklar 55
Şekil 27: Kınalıada'nın Batısında Yer Alan Heyelanlı Şevin Genel Görünümü 55
Şekil 28: Kınalıada'nın Batısında Yer Alan Heyelanlı Şevin Alt Kesiminin Görünümü 55
Şekil 29: Tehlike Sınıfına Göre Yüzdelik Dağılım 58
Şekil 30: Kaya Düşmesinin Şematik Gösterimi 59
Şekil 31: Büyükada'da Şev Üzerindeki Duraysız Kaya Blok 59
Şekil 32: Kaya Devrilmesinin Şematik Gösterimi 60
Şekil 33: Kınalıada'da Kaya Devrilmesine Ait Şevin Genel Görünümü 60
Şekil 34: Şevde Açık Süreksizlik Durumu 61

Şekil 35: Kaya Kaymasının (a.Kama ve b.Düzlemsel) Şematik Gösterimi 62
Şekil 36: Heybeliada'da Düzlemsel Kaya Kaymasına Ait Şevin Genel Görünümü 62
Şekil 37: Şev Üzerindeki Süreksizliklerin Görünümü..... 62
Şekil 38: Büyükada'da Kaya Kayması (Düzlemsel) Olarak Belirlenen Yapay Şev (Kesilmiş); Ozan Tepesi Volkaniti..... 63
Şekil 39: Kınalıada'da Etkin Kaya Devrilmesine Ait Şevin Görünümü 64
Şekil 40: Burgazada'da Etkin Kaya Kaymasına Ait Şevin Görünümü 64
Şekil 41: Büyükada'da Potansiyel Şeve Ait Genel Görünüm 65
Şekil 42: Şev Yüzeyinden Görünüm 65
Şekil 43: Hareket Tipine Göre Kütle Hareketleri Lokasyon Haritası..... 66
Şekil 44: Etkinlik Durumuna Göre Kütle Hareketleri Lokasyon Haritası 67
Şekil 45: Etkinlik Durumuna Göre Kütle Hareketleri Lokasyonlarının Jeoloji Haritası Üzerinde Gösterimi 69
Şekil 46: Hareket Tipine Göre Kütle Hareketleri Lokasyonlarının Jeoloji Haritası Üzerinde Gösterimi 70

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Envantere Altlık Projeler Listesi 17
Tablo 2: Heyelan Farkındalık Kitapçığı Hazırlanan Bölgeler 18
Tablo 3: İBB Deprem Seferberlik Planı (Ana Başlıklar) 20
Tablo 4: Büyükada İstasyonuna Ait Aylık Yağış, Rüzgar, Nem ve Sıcaklık Miktarının Ortalama Değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM); Afet Koordinasyon Merkezi(AKOM), 2019) 22
Tablo 5: Adalar İlçesi Nüfus Durumu 24
Tablo 6: 1900-2020 Yılları Arasında Bölgede Oluşmuş (Enlem=41.03; Boylam=28.98) Kabul Edilen r=100 km Yarıçaplı Çember ile Sınırlandırılmış Alanda Meydana Gelmiş 7.5≥M≥4.5 Arası Deprem Sayıları 42
Tablo 7: Merkezi İstanbul Taksim Meydanı (Enlem=41.03; Boylam=28.98) Kabul Edilen r=100 km Yarıçaplı Çember ile Sınırlandırılmış Alanda Meydana Gelmiş 52 Adet Deprem Verisi Kullanılarak Olasılıksal (Probabilistik) Deprem Tehlike Analizi Hesabı (Özçep, F., Zemin Jeofizik Analiz) 43
Tablo 8: Heyelanların Aktivite Sınıflaması ve Tanımlamaları 46
Tablo 9: Araştırmaların Amaç ve Yöntemleri 48
Tablo 10: Güvenlik Faktörüne Göre Risk Değerlendirmesi 49
Tablo 11: Aktivite Olasılığı ile Risk Derecesinin Karşılaştırılması 49
Tablo 12: Aktivite Kodu-Heyelan Blok Sayısı 49
Tablo 13: Tehlike Sınıfı-Heyelan Blok Sayısı 50
Tablo 14: Aktivite Olasılığının Tehlike Durumu Bakımından Dağılımı 51
Tablo 15: Tehlike Sınıfına Göre Şev Sayısı 57
Tablo 16: Hareket Tipine Göre Kütle Hareketlerinin Sayısı 68
Tablo 17: Etkinlik Durumuna Göre Kütle Hareketlerinin Sayısı 68

KISALTMALAR

AFAD: Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı

DEZİM: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü

HEYZEP: İBB,2016: İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından tamamlanan Beylikdüzü ve Büyükçekmece İlçelerindeki Muhtelif Heyelan Sahalarının Araştırılması, İncelenmesi ve İzlenmesi Projesi

İBB: İstanbul Büyükşehir Belediyesi

KAF: Kuzey Anadolu Fayı

KMF: Kuzey Marmara Fayı

KOERİ-UDEM: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitü-Ulusal Deprem İzleme Merkezi

MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

PGA: En Büyük Yer İvmesi

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Afetler, meydana gelmeleri halinde genellikle bir topluluk ya da toplumun kendi kaynaklarını kullanarak, üstesinden gelebilme kapasitesini aşacak düzeyde can, mal kaybı ve çevresel hasarların yanı sıra yönetimsel, sosyal ve ekonomik faaliyetlerin durması ile sonuçlanan olaylardır. Afetlere sebep olan doğa olayları, dünyamız var olduğundan bu zamana gezegenimizin şekillenmesini sağlayan, dünyanın kendi dinamikleri doğrultusunda ortaya çıkan süreçlerin bir bileşenidir. Bu doğa olayları fiziksel, ekonomik ve toplumsal olarak kayıplara yol açtığında afet halinden bahsedilebilir.

Afet duyarlı bir kent yaşamının ilk ve en önemli şartlarından biri, toplumun bilinçlenmesinin yanı sıra, bilimsel kriterler doğrultusunda hazırlanan çevresel ve mekânsal planlamalar üzerine yapılandırılmış nitelikli yapılaşmalarla, afetlerin verebileceği zararların en aza indirilmesi ya da tamamen ortadan kaldırılabilmesinin mümkün kılınmasıdır.

Ülke genelinde ve İstanbul İli özelinde, gerek doğal gerekse hatalı kentleşmeden kaynaklanan ve çoğunlukla afete dönüşen olayların en sık görülenleri deprem, ***heyelan,*** sel ve son yıllarda sıkça yaşanan yanlış yapılaşmadan kaynaklı bina çökmeleridir. Konu ile ilgili değişik dönemleri kapsayan çalışmalarda afet olay sayısı baz alındığında heyelanlar ilk sırada, afetlerden etkilenen konut sayısı dikkate alınarak yapılan değerlendirmelerde ise, heyelanlardan kaynaklanan kayıpların depremlerden sonra ikinci sırada yer aldığı görülmektedir.

Heyelanlar, kentleşmenin yoğun olduğu yerlerde de sıkça gelişen ve zaman zaman afete dönüşebilen, genel anlamda meydana geldiği bölgenin jeolojik, hidrolojik, jeomorfolojik, meteorolojik koşullarına bağlı olarak gelişen ve bitki örtüsü, arazi kullanımı, yapılaşma, altyapı şebekeleri, kazı, dolgu vb. faaliyetler tarafından sıklıkla etkilenen, zaman zaman yağış ve sismik olaylar tarafından kontrol edilen/tetiklenen yapay ve doğal şev duraysızlıklarıdır.

Yaşadığımız kentin maruz kalabileceği afetler arasında heyelanlar göz önüne alındığında; riskli alanların belirlenmesi, dayanıklı bir mekânsal kent planlaması ve afet duyarlı kentleşme açısından önemli görülmektedir. Bu doğrultuda, başlangıç olarak önceki yıllarda yapılan ve yaklaşık 724 km^{2}lik alanı kapsayan '*Mikrobölgeleme ve Heyzep Projeleri'* ile birlikte, 2018 yılında başlayıp 2020 yılı Şubat ayı sonu itibariyle saha araştırmaları tamamlanan ve yaklaşık 4621 km^{2}lik alanı kapsayan '*Heyelan Araştırma Projesi*'ne ait heyelan verilerinin

değerlendirilmesinden oluşan ***"İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Projesi (İBB, 2020)"*** gerçekleştirilmiştir (Tablo 1).

Bununla birlikte, ***"İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Projesi"***ne ait sayısal veriler, heyelan haritaları ve proje raporu ile ek veri raporu; İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı tarafından yürürlüğe konan *Deprem Seferberlik Planı* kapsamında tasarlanan bir kısım projelere altlık oluşturacak şekilde hazırlanmaktadır. Bu çalışma doğrultusunda; 39 ilçedeki heyelanların alansal dağılımı ve ilçelerin birbirleriyle olan idari sınır, jeoloji vd. özellikleri esas alınarak başta yerel yönetimler olmak üzere ilgili diğer paydaşlar ile veriye dayalı heyelan varlığı ve sonrasında izlenecek yollar hususunda bilincin oluşması adına, oluşturulan 14 bölge için "Heyelan Farkındalık Kitapçıkları" hazırlanmıştır (Tablo 2).

Bu kitapçık *"**İstanbul İli, Adalar İlçesi Heyelan Farkındalık Kitapçığı (2020)**"* adı altında, Adalar ilçesine ait heyelan bilgilerini sunmak ve heyelan tehlikesine karşı farkındalık oluşturmak suretiyle, yapılaşmış veya yeni yapılaşma düşünülen alanlarda, alınması gereken önlemlerin önceliklerini belirlemede yardımcı olması amacıyla ***"İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Projesi"*** verileri kullanılarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (DEZİM) tarafından 2020 yılı Haziran ayında hazırlanmıştır.

Tablo 1: Envantere Altlık Projeler Listesi

HEYELAN BİLGİ ENVANTERİ DEĞERLENDİRME PROJELERİ
1) *Avrupa Yakası Güneyi Mikrobölgeleme Projesi (2007, İBB)*
2) *Anadolu Yakası Mikrobölgeleme Projesi (2010, İBB)*
3) *Beylikdüzü ve Büyükçekmece İlçelerindeki Muhtelif Heyelan Sahalarının Araştırılması, İncelenmesi ve İzlenmesi Projesi-HEYZEP (2016, İBB)*
4) *İl Alanı Heyelan Araştırma Projesi (2020, İBB)*

Tablo 2: Heyelan Farkındalık Kitapçığı Hazırlanan Bölgeler

BÖLGE NO	İLÇE	BÖLGE NO	İLÇE
1	Adalar	8	Bahçelievler Bakırköy Güngören Zeytinburnu
2	Arnavutköy Başakşehir	9	Beşiktaş Beyoğlu Fatih Kağıthane Şişli
3	Eyüp Sarıyer	10	Beykoz Çekmeköy
4	Çatalca Silivri	11	Şile
5	Beylikdüzü Büyükçekmece Esenyurt	12	Pendik Sancaktepe Sultanbeyli Tuzla
6	Avcılar Küçükçekmece	13	Kadıköy Ataşehir Üsküdar Ümraniye
7	Bağcılar Bayrampaşa Esenler Gaziosmanpaşa Sultangazi	14	Kartal Maltepe

2. AMAÇ VE KAPSAM

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü (DEZİM) tarafından gerçekleştirilen *"İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Projesi (2020)"* sonucunda hazırlanan raporlar, İstanbul İl Alanı'nın temel bilgilerini, mevcut ve sahada elde edilen heyelan verilerini, çalışmanın içeriği ve yöntemleri ile heyelan bilgi envanteri değerlendirmesi ve sonuçlarını açıklamaktadır.

Hazırlanan rapor, İstanbul ilinin mekânsal bilgi-coğrafi konum, iklim-bitki örtüsü, sosyo-ekonomik bilgiler, yazılım ve yöntemler, mevcut plan durumu ve yapılaşma bilgilerini kapsamaktadır. Bununla birlikte, gerçekleştirilmiş olan diğer araştırmalara ait heyelan envanteri ve duyarlılık çalışmaları ile heyelan tehlike analizleri, plana esas yer bilimsel ve değişik amaçlı diğer etütler, afete maruz bölgeler rapor içerisinde verilmiştir. Çalışma alanının jeomorfoloji, jeoloji, hidrojeolojik özellikler ve depremsellik bilgileri rapor kapsamında yer almaktadır.

Rapor nihai olarak, bilgi envanteri değerlendirmesinde kullanılan önceki projelere ait heyelan verileri ile birlikte, arazi çalışmalarında elde edilen güncel verilere göre yapılan tanımlama ve sınıflamalar ile sonuç ürünü olarak hazırlanan *"İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Haritaları"*nı kapsamaktadır.

Bahse konu projenin hazırlanması sürecinde, İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı tarafından yürürlüğe konan *Deprem Seferberlik Planı* (Tablo 3) kapsamında yapılması düşünülen afet odaklı kentsel dönüşüm projeleri, altyapı ve ulaşım ağının afetlere dayanıklı hale getirilmesi ve yerbilimleri çalışmalarına yardımcı altlık oluşturması doğrultusunda ilçe ölçeğinde de heyelan tehlikesine yönelik farkındalık kitapçıkları oluşturulması tasarlanmıştır.

Bu kapsamda, Adalar ilçesinin heyelan bilgilerini sunmak ve heyelan tehlikesine karşı farkındalık oluşturmak suretiyle, yapılaşmış veya yeni yapılaşma düşünülen alanlarda, alınması gereken önlemlerin önceliklerini belirlemede yardımcı olması amacıyla, ilçeyi temsil eden veriler kullanılarak, hazırlanan heyelan bilgi envanteri haritaları doğrultusunda **"İstanbul İli, Adalar İlçesi Heyelan Farkındalık Kitapçığı"** hazırlanmıştır.

Kitapçık içerisinde ilçeye ait coğrafi konum, yer şekilleri, iklim, bitki örtüsü, nüfus, yerleşim ve ulaşım gibi genel bilgiler inceleme alanının tanıtılması başlığı altında Bölüm 3'te verilmiştir. Bölgedeki heyelanların oluşumunda rol oynayan ilçeye ait jeomorfoloji, jeoloji ve hidrojeoloji bilgileri, sırasıyla Bölüm 4, 5, 6'da ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Heyelanları zaman zaman kontrol eden/tetikleyen bölgenin sismik durumu ile ilgili bilgiler ise, Bölüm 7'de deprem durumu başlığı altında yer almaktadır.

Bu kitapçığın hazırlanmasındaki asıl amaçlardan biri, ilçe ölçeğinde heyelan tehlikesi bulunan alanlar için, gerek ilçe belediyeleri gerekse yapılaşma amaçlı uygulamalar ile ilgili diğer paydaşların dikkatini bu bölgelere çekmek ve alınacak önlemler için ön bilgi sağlamaktır. İlçe sınırları içerisinde yer alan kütle hareketlerinin lokasyonları, özellikleri ve toplanan verileri, Bölüm 8'de kütle hareketleri ana başlığı altında verilmektedir. Bölgedeki kütle hareketleri, heyelanlar (zemin ortamlar) ve kaya şevi duraysızlığı (kaya ortamlar) olmak üzere 2 alt başlıkta anlatılmıştır. Nihai olarak, heyelan bilgi envanteri proje sonuçlarının genel sunumu ve değerlendirmeleri ise, Adalar ilçesi özelinde yapılan öneriler ile birlikte Bölüm 9'da sunulmaktadır.

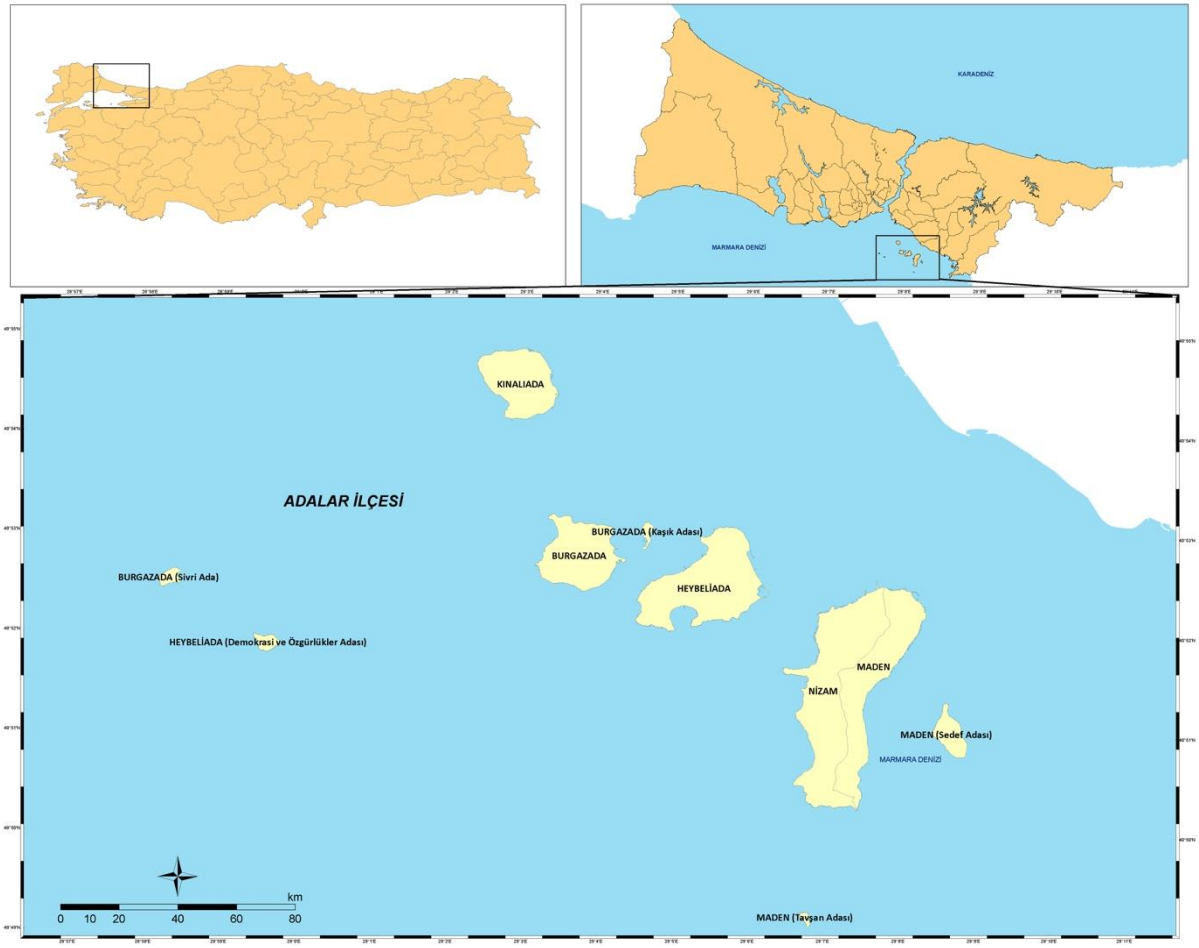
Tablo 3: İBB Deprem Seferberlik Planı (Ana Başlıklar)

İBB DEPREM SEFERBERLİK PLANI
1-Afet odaklı kentsel dönüşüm çalışmaları
2-Mevcut altyapı ve ulaşım ağının afetlere dayanıklı hale getirilmesi
3-Sismik ve yer bilimleri çalışmaları
4-Afet sonrası toplanma / barınma alanları
5-Afet odaklı eğitim ve *kapasite geliştirme*

3. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

3.1. Coğrafi Konum-Yer Şekilleri

Adalar ilçesi, İstanbul ilinin güneyinde ve Marmara Denizi içerisinde yer almakta olup, toplamda yaklaşık 1.135 hektarlık alanı kapsamaktadır. Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda yer alan İstanbul Adaları dokuz adadan oluşmaktadır. Bu adalar; Büyükada, Sedef Adası, Heybeliada, Burgazadası, Kaşık Adası, Kınalıada, Sivriada, Yassıada ve Balıkçı Adası (Tavşan Adası)'dır. Adalar, 28°58' ve 29°9' doğu boylamları ile 40°55' ve 40°49' kuzey enlemleri arasında konumlanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Yer Bulduru Haritası

Büyükada, Heybeliada, Kınalıada, Burgazadası ve Sedef Adası'nda yerleşim bulunmakta iken diğer adalarda ise yerleşim bulunmamaktadır. Yüz ölçümü bakımından en büyük ada 540 hektar ile Büyükada'dır. Büyükada'yı, 251 hektar ile Heybeliada, 146 hektar ile Burgazadası, 136 hektar ile Kınalıada takip etmektedir. Kınalıada'dan sonra yüz ölçümü en küçük olan adalar 33 hektar ile Sedef Adası, 11 hektar ile Yassıada, 9 hektar ile Sivriada, 6 hektar ile Kaşık Adası ve 3 hektar ile Balıkçı Adası'dır.

Adalar içerisinde çeşitli yükseklikteki tepeler bulunmaktadır. Büyükada'nın Yüce (Aya Yorgi): 202 m, İsa (Hristos): 170 m, Tepeköy (Nevruz): 150 m, Avcı: 145 m yükseklikte dört tepesi; Heybeliada'nın Değirmen: 136 m, Köy: 128 m, Makarios: 98 m, Ümit: 85 m yükseklikteki dört tepesi; Burgazadası'nın 170 m'lik Bayrak (Hristos) Tepesi, Kınalıada'nın Çınar 115 m, Teşvikiye 115 m, Manastır 93 m'lik üç tepesi vardır. Sedef Adası 55 m, Yassıada 46 m, Sivriada 90 m, Kaşık Adası 13 m ve Tavşan Adası 40 m'lik birer tepeye sahiptirler.

Adaların en yüksek noktası Büyükada'da bulunan Yüce Tepe ve Belen Tepesi (202 m)'dir.

İnceleme alanında yer alan zemin ortamlar yamaç molozu, alüvyon, plaj birikintisi ve dolgulardır. Zemin ortamlar değişken derinliklerde yer altı suyu içermektedir. Adalar'da kaynak, gölet, akarsu türü yer üstü suyu bulunmamaktadır.

3.2. İklim ve Bitki Örtüsü

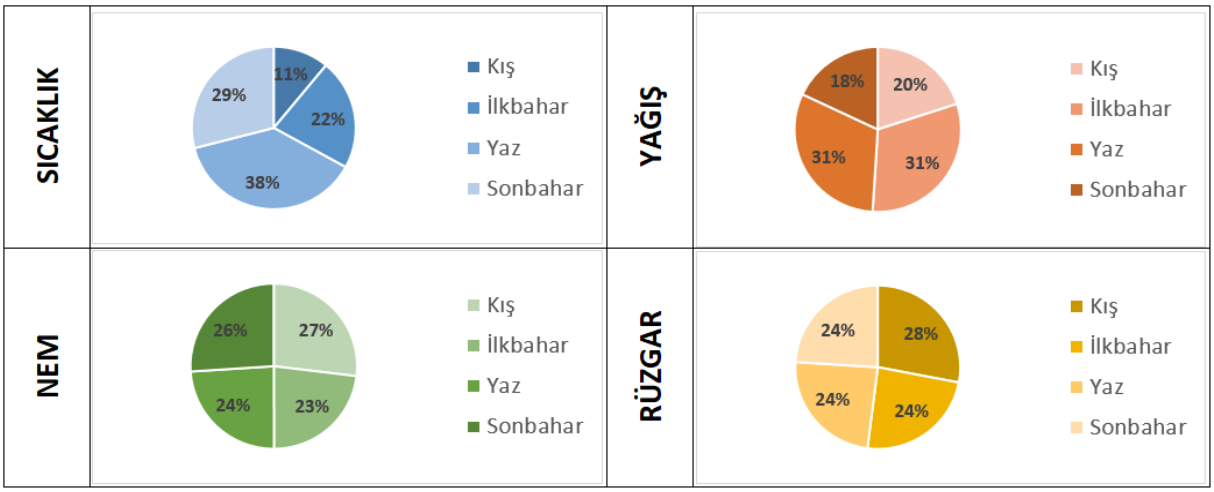
İlçenin iklimi, genel olarak İstanbul iklimine benzemekte olup, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliği sergiler. Akdeniz iklimi, Adalar'da da etkisini açıkça gösterir. Bu iklime özgü yaz kuraklığı, Adalar ikliminin önemli bir özelliğidir. Bu nedenle de sıcaklık, İstanbul ortalamalarına göre yüksektir. 2019 yılına ait meteorolojik istasyonlardan elde edilen verilerden yapılan istatistiksel çalışmalara göre ağustos ayı 70,6 kg/m² ile en yağışlı ay, mart ayı ise 4 kg/m² ile en az yağışlı aydır. Bölgede yıllık yağış değeri 273,2 kg/m²dir. En düşük sıcaklık ortalaması 6,19°C ile ocak ayında, en yüksek sıcaklık ortalaması ise 24,49°C ile haziran ayında kaydedilmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık 16,03°C'dir (Tablo 4).

Tablo 4: Büyükada İstasyonuna Ait Aylık Yağış, Rüzgar, Nem ve Sıcaklık Miktarının Ortalama Değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM); Afet Koordinasyon Merkezi (AKOM), 2019)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (^{0}C)	6,19	6,52	9,64	12,56	19,65	24,49	24,36	24,19	21,20	17,88	16,19	9,52	16,03
Yağış Miktarı (kg/m2)	18,00	8,80	4,00	38,60	41,00	6,60	7,60	70,60	5,00	18,00	26,00	29,00	273,20
Ortalama Nem (%)	78,47	81,55	67,61	70,16	65,24	69,75	67,15	72,70	71,33	81,43	71,43	78,17	72,92
Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	5,88	6,12	6,18	4,51	4,70	4,48	4,97	5,56	5,71	4,72	4,96	5,56	5,28

Mevsimsel olarak kış ayları bazen ılık, bazen de soğuk geçer. İlkbahar ayları özellikleri birkaç hafta içinde sona erer ve yaz sıcakları kendini gösterir. Yaz ayları genellikle sıcak ve kuraktır. Sonbaharda eylül ayı ortalarından başlayarak sıcaklık azalır.

Ekim ayından itibaren yağışlar başlar. Adalar ilçesinde kış aylarında özellikle Balkanlar'dan gelen soğuk baskınları, Karadeniz'den gelen yağışlı ve esintili havalar görülmektedir. Zaman zaman Akdeniz iklimi etkisini gösteren lodoslu havalar iklimi yumuşatır. Adalar ilçesinin yıllık ortalama aldığı yağış miktarı; 273,2 mm'dir. Mevsimsel olarak nem değerleri incelendiğinde, kış mevsimindeki değerler yaz mevsimine göre daha yüksek çıkmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Büyükada İstasyonuna Ait Mevsimsel Yağış, Rüzgar, Nem ve Sıcaklık Miktarının Yüzdelik Değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM); Afet Koordinasyon Merkezi(AKOM), 2019)

Adalar ilçesinin bitki örtüsü Akdeniz ikliminin karakteristik toplulukları olan kızılçam ve maki türleridir. 615 hektar orman alanı bulunmaktadır. Bu da, toplam 1105 hektar alana sahip olan adaların yarısından fazla bir kısmının orman alanı olduğunu göstermektedir. Adalar'da ormanlar iğne yapraklı ormanlar ve geniş yapraklı ormanlar olmak üzere farklılık göstermektedir. Büyük bir bölümünü iğne yapraklı ağaçların oluşturduğu orman alanlarında, az da olsa geniş yapraklı ağaçlar da bulunmaktadır. Büyükada, Heybeliada ve Burgazadası'nda iğne yapraklı ormanlar yoğunlaşırken, Kınalıada'da geniş yapraklı ormanların daha çok olduğu gözlenmektedir. Adalar'da en çok görülen ağaç türleri; kızılçam ve fıstıkçamı olup, Burgazadası'nda küçük bir alanda sahil çamı bulunmaktadır.

3.3. Nüfus ve Yerleşim

Adalar İlçesi'nin nüfusu 2019 yılında TÜİK'in adrese dayalı nüfus verilerine göre 14.378 kişidir (Tablo 5). 1960 yılında 19.834 olan nüfus geçmişten günümüze azalma göstermiştir.

Tablo 5: Adalar İlçesi Nüfus Durumu

İlçe Adı	Yüz Ölçümü (km²)	Nüfus (kişi)	Nüfus Yüzdesi
Büyükada	5,40	6.940	48,27%
Heybeliada	2,51	4.253	29,58%
Burgazadası	1,46	1.427	9,92%
Kınalıada	1,36	1.758	12,23%
Sedef Adası	0,33	0	0,00%
Yassıada	0,11	0	0,00%
Sivriada	0,09	0	0,00%
Kaşıkçı Adası	0,06	0	0,00%
Tavşan Adası	0,03	0	0,00%
Toplam	11,35	14.378	100,00%

3.4. Tarım-Hayvancılık-Sanayi-Ticaret ve Turizm

İstanbul Adalar'ı bir balıkçı kasabası durumunda iken bugün yapılan ekonomik faaliyetler değişime uğramıştır. İstanbul Adaları'nda geçmişte sanayi faaliyetlerinin çok az olsa da yapıldığı görülmekteydi. Ancak sayısı zaten az olan bu alanlar kapatılmıştır. Geçmişte çıkarılıp yararlanılan maden alanları olsa da bugün bu şekilde faaliyetler Adalar'da yer almamaktadır. Adalar'daki en önemli geçim kaynağı turizmdir. Özellikle yaz aylarında çok sayıda kişinin Adalar ilçesini ziyaret etmesi turizmin ve ticaretin de gelişmesine katkı sağlamaktadır. Diğer geçim kaynakları ise balıkçılık ve küçük çaplı ticarettir.

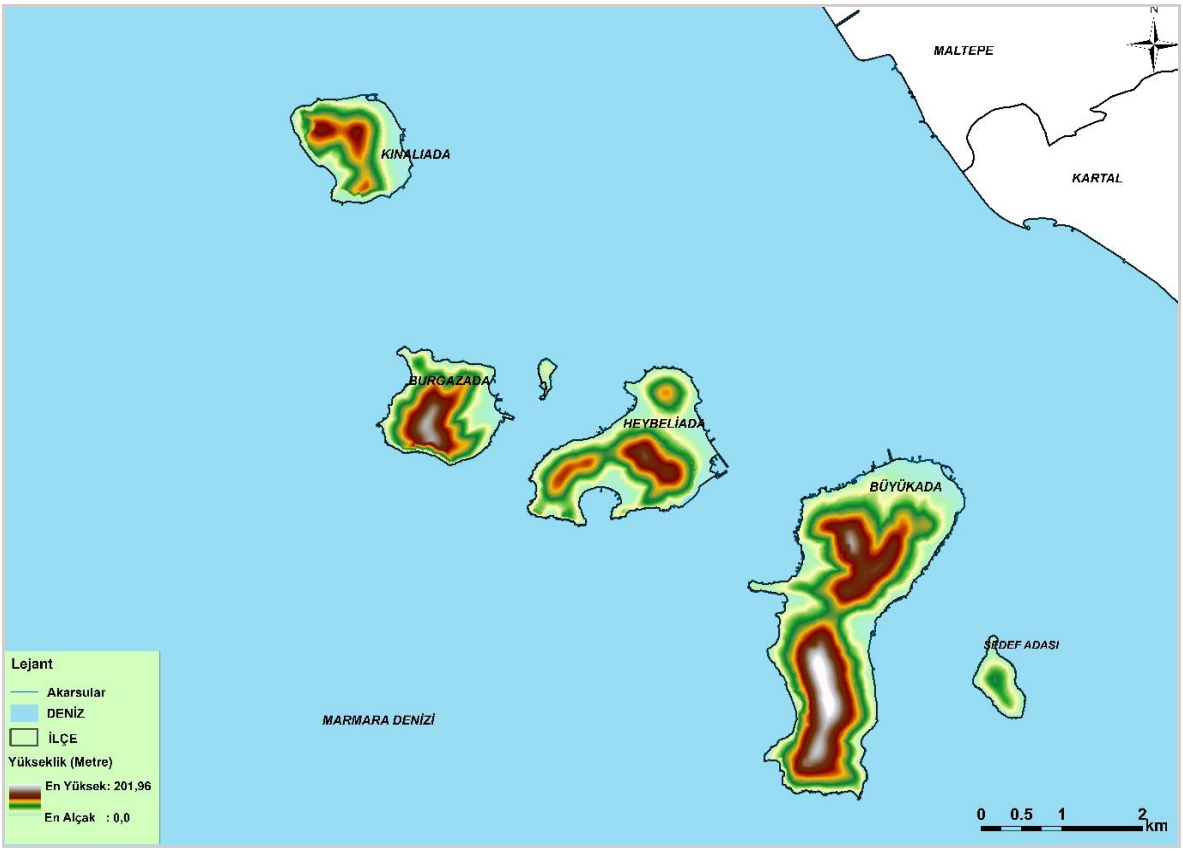
3.5. Ulaşım

Adalar'a ulaşım coğrafi konumu nedeniyle denizyolu kullanılarak sağlanmaktadır. Adalar içerisinde ise ulaşım yolları her yere ulaşımı sağlamakla birlikte, kamu araçları hariç motorlu araçlar kullanılmamakta olup ulaşım bisiklet ve elektrikli araçlarla sağlanmaktadır.

4. JEOMORFOLOJİ

Kocaeli Yarımadası'nın güneybatıya bakan kıyıları karşısında, İstanbul'dan 13–22 km, Anadolu kıyısından ise 3–14 km uzaklıkta bulunan ve kuzeybatı güneydoğu doğrultusunda uzanan dokuz adaya Adalar denilmektedir. Adalarda toplam kıyı uzunluğu ise 44,5 km'dir.

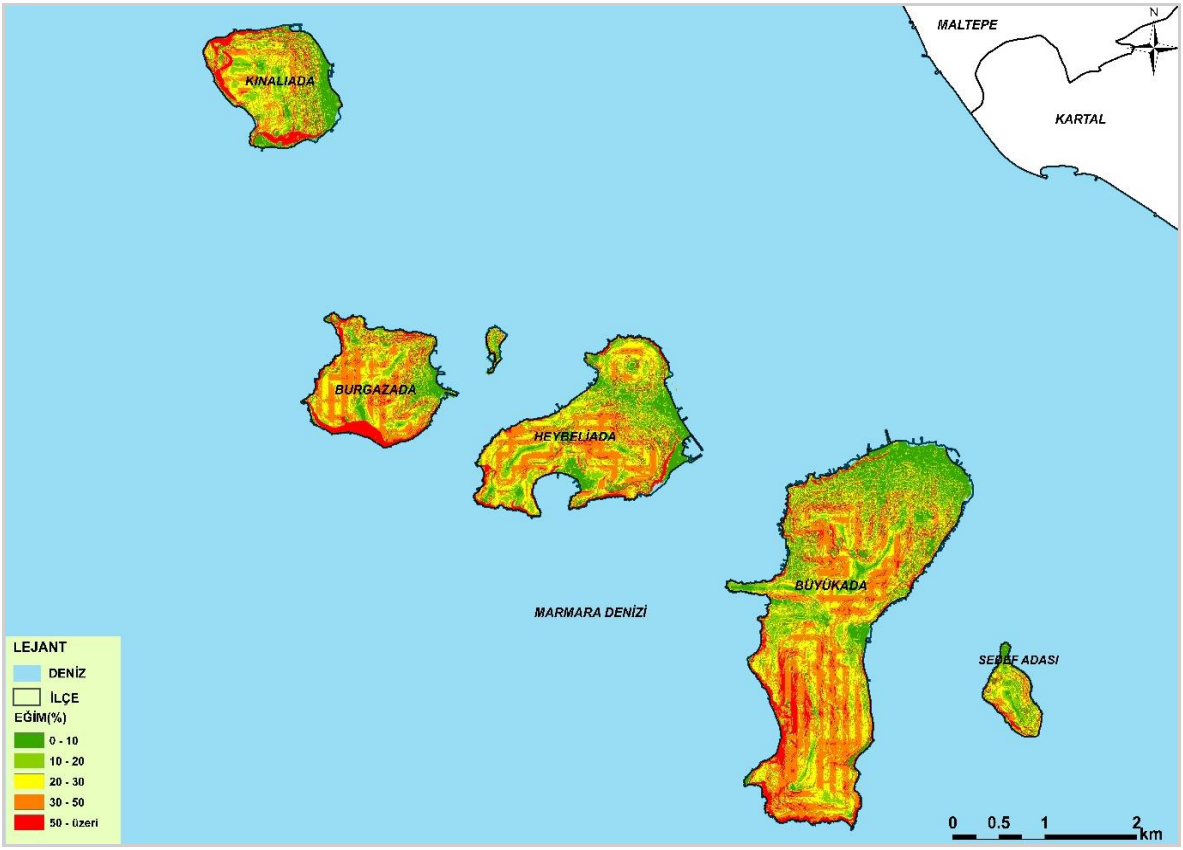
Adalar'ın jeomorfolojik yapısını tepelik alanlar, aşınım yüzeyleri, eski akarsu vadileri, boyun, sırt, denizel taraçalar ve kıyı morfolojisi birimleri oluşturmaktadır (Şekil 3). Adalar'ın en yüksek noktasını 202 metre ile Büyükada'da bulunan Yüce Tepe ve Belen Tepe meydana getirmektedir. Bunun dışında Avcı Tepe (171 m), Bayrak Tepe (162 m), Ozan Tepe (157 m), Değirmen Tepe (140 m), Taşocağı Tepe (127 m) ve daha alçak zirveler de bulunmaktadır. Belirtilen bu zirve alanlarının birçoğu aşınım yüzeylerini de meydana getirmektedir (Şekil 3).



Şekil 3: Bölgenin Sayısal Yükselti Modeli

Adaların jeomorfolojik yapısı orojenik, epirojenik, östatik hareketlerden etkilenmiş, dış kuvvetler ile günümüzdeki morfolojisine ulaşmıştır. İstanbul Adaları, Kocaeli Platosu'nun Marmara Denizi içindeki devamını meydana getirmektedir. Epirojenik hareketler nedeniyle tektonik yükselme ve alçalmaların olması Pleistosen'deki östatik hareketlerinde etkisiyle monadnoklar şeklinde ada görünümündedir (Telli, Ekinci, 2012).

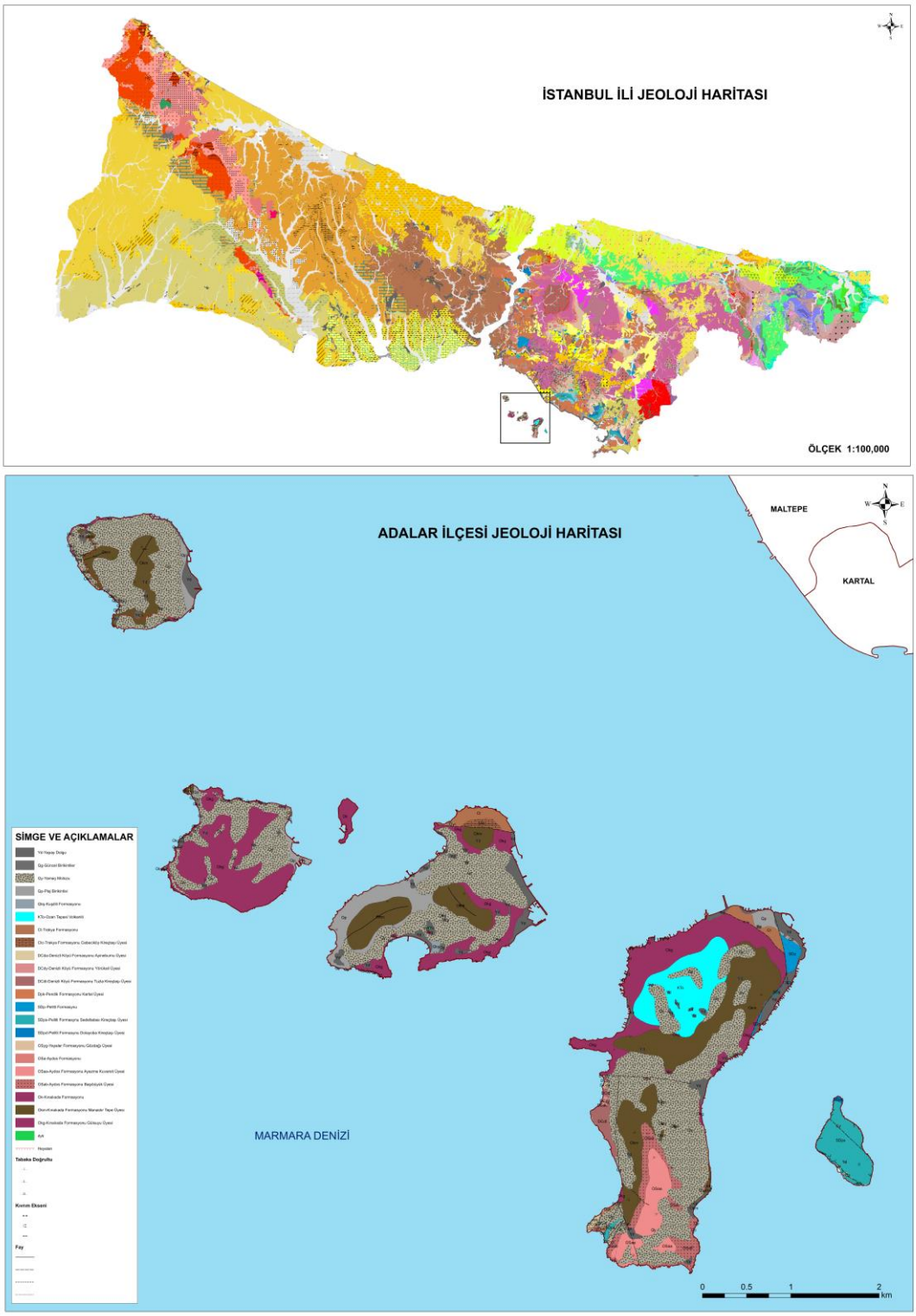
Adalar ilçesi genel olarak %30′un üzerinde eğimli bir araziye sahiptir. Ancak, bu alanlar daha çok orman içinde ve deniz kıyısında kalmaktadır. Büyükada'da 41,58 hektar, Heybeliada'da 8,59 hektar, Burgazadası'nda 24,16 hektar ve Kınalıada'da 14,56 hektar alan %30'un üzerinde eğime sahiptir (Şekil 4).



Şekil 4: Bölgenin Eğim Haritası

5. JEOLOJİ

Adalar'ın jeolojik yapısı farklı formasyon ve litolojik birimlerden oluşmaktadır (Şekil 5). Bunlar, İstanbul Birliği'nin Ordovisiyen, Silüriyen, Devoniyen, Karbonifer yaşlı Paleozoik dönem birimlerinden, Üst Kretase ve Tersiyer yaşlı birim ve Neojen dönemine ait güncel birikintiler (plaj birikintisi, yamaç molozu ve ayırtlanmamış güncel birikintiler) ile yapay dolgulardır (Şekil 6).



Şekil 5: Bölgenin Jeoloji Haritası

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon/Üye	Sembol	Litoloji	Açıklamalar
SENOZOİK	KUVATERNER		YAPAY DOLGU	Yd		
			GÜNCEL BİRİKİNTİLER	Qg		ayırtlanmamış
			YAMAÇ MOLOZU	Qy		blok, çakıl, kum
			PLAJ BİRİKİNTİSİ	Qp		kum, çakıl
		HOLOSEN	KUŞDİLİ FORMASYONU	Qkş		Kil, mil, çamur, ince kum; seyrek çakıl gereçli, kara, koyu, gri, makrofosil kavkılı, haliç kıyı gölü çökeli
	TERSİYER	ALT	OZAN TEPESİ VOLKANİTİ	KTo		Dasit; ileri derecede bozunmuş ilksel doku ve bileşimini önemli ölçüde yitirmiş, açık kahve, pas renkli, benekli, gözenekli görünüş kazanmış
MEZOZOİK	KRETASE	ÜST				
PALEOZOİK	KARBONİFER	ALT	TRAKYA FORMASYONU	Ct		Kara koyu gri, bozunmuşu açık kahverengi, ince-orta katmanlı, bol mika pullu, türbiditik kumtaşı-şeyil ardışığı; yer yer çakıltaşı mercekli, alt kesimlerinde seyrek kireçtaşı mercek ve arakatkılı
			Cebeciköy Kireçtaşı Üyesi	Ctc		Kara-koyu külrengi, ayrışma rengi açık külrengi, orta-kalın katmanlı, bol organik kapsamlı, H_2S kokulu; yer yer ikincil dolomitleşme ve yeniden kristalleşme gelişmiş, üst düzeyinde siyah çakmaktaşı arakatman ve yumrulu
	DEVONİYEN	ÜST	DENİZLİ KÖYÜ FORMASYONU Ayineburnu Üyesi	DCda		Yumrulu kireçtaşı; koyu külrengi, bozunmuş boz, ince katmanlı kireçtaşı, killi kireçtaşı ardalanmalı
			DENİZLİ KÖYÜ FORMASYONU Yörükali Üyesi	DCdy		Sarımsı-pembemsi boz kiltaşı-şeyil-lidit ardışığı; seyrek kireçtaşı arakatkılı
		ORTA	DENİZLİ KÖYÜ FORMASYONU Tuzla Kireçtaşı Üyesi	DCdt		Mikritik kireçtaşı; orta katmanlı, yer yer yumrulu görünüşlü, kireçtaşı-killi kireçtaşı ardışık düzeylerini kapsar
			PENDİK FORMASYONU Kartal Üyesi	Dpk		Mikalı şeyil, kiltaşı, miltaşı kara, koyu külrengi, ince orta katmanlı, brakyopod trilobit vd. makrofosil kavkılı; ince katmanlı ve bol makrofosilli seyrek kireçtaşı arakatkılı
		ALT	PELİTLİ FORMASYONU	SDp		Kil-mil ince kum boyu ince gereçli, bol mika pullu kırıntılı;orta-üst düzeylerinde değişen kalınlıkta kireçtaşı ara düzeyli
			Sedefadası Kireçtaşı Üyesi	SDps		Mikritik kireçtaşı; kara, koyu külrengi, ince –orta katmanlı, seyrek olarak gülkurusu pembe, külrengi kiltaşı-şeyil laminalı kireçtaşı arakatkılı
	SİLÜRİYEN	ÜST	Dolayoba Kireçtaşı Üyesi	SDpd		Resif kireçtaşı; orta-kalın katmanlı, pembe morumsu kremrengi, külrengi, bol mercan krineid vd. makrofosilli biyospari egemen
		ALT	YAYALAR FORMASYONU Gözdağı Üyesi	OSyg		Mikalı kumtaşı-miltaşı; yeşil, grimsi mavi, bozuşmuşu açık kahverengi, boz,yer yer ince katmanlı
			AYDOS FORMASYONU	OSa		Kuvarsit (kuvarsarenit); kirli beyaz, pembemsi, açık kremrengi, orta kalın katmanlı, seyrek şeyil arakatkılı; taban düzeyinde kuvars çakıllı, silis çimentolu, açık morumsu çakıltaşı mercekli
			Ayazma Üyesi	OSaa		Kuvarsit (kuvarsarenit); kirli beyaz, pembe, kremrengi, orta kalın katmanlı, yer yer laminalı, ince-orta kum boyu kuvars (＞%90) gereçli, silis çimentolu, orta ve sık açıklıkta sık eklemli
	ORDOVİSYEN	ÜST	Başıbüyük Üyesi	OSab		Kuvars çakıltaşı-Kuvarsit; mor kremrengi, orta-kalın-çok kalın katmanlı, koşut ve çapraz laminalı, yer yer derecelenmeli, silis çimentolu, yuvarlanmış-yarı yuvarlanmış, orta boylanmış kuvars, çakmaktaşı, çakılları egemen; merceklenme ve kamalanma olağan
		ORTA	KINALIADA FORMASYONU	Ok		Kumtaşı, miltaşı; kirli beyaz, kremrengi, mor, kızıl renklerde, kuvars, ayrışmış feldspat ve mika gereçli, orta katmanlı, çapraz katmanlanmalı, dalga karışıklı, kuruma çatlaklı
			Manastırtepe Üyesi	Okm		Feldspatlı kuvarsarenit-kuvarsvake; kızıl, yer yer morumsu, çapraz katmanlı, dalga karışıklı, kuruma çatlaklı; az mika pullu, ince kum boyu kuvars (% 70-90) ve feldispat (%10-30) taneli, silis çimentolu
		ALT	Gülsuyu Üyesi	Okg		blok, çakıl, kum blok, çakıl, kum

Şekil 6: İnceleme Alanı Jeoloji Birimleri

Aydos Formasyonu, bölgenin jeolojisinin temelinde bulunan Kınalıada Formasyonu'nu üstler, Yayalar Formasyonu tarafından uyumlu üstlenir. Gözdağ Üyesi'nin mikalı kumtaşı katmanları Aydos Formasyonu'nun kuvarsarenit katmanlarıyla yanal ve düşey geçişlidir. Yayalar Formasyonu, Pelitli Formasyonu tarafından uyumlu olarak üstlenir. Pendik Formasyonu Pelitli Kireçtaşı'nı geçişli olarak üstler. Denizli Köyü Formasyonu, Pendik Formasyonu'nu üstler, Trakya Formasyonu tarafından üstlenir. Trakya Formasyonu üzerinde volkanitlerden meydana gelen Ozan Tepesi Volkaniti ve Kuşdili Formasyonu uyumsuz olarak istiflenmiştir. Bölgede gözlenen formasyonlar ve özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

5.1. Kınalıada Formasyonu (Ok)

Adalar'da özellikle Kınalıada'da temiz yüzeylemeler veren, başlıca kumtaşı, miltaşı, ince-orta-kaba kum boyu kuvars, feldispat ve mikalı gereç ile kil ve üst kesimlerinde silis çimentolu kumtaşı-miltaşından oluşur. Kınalıada ve Burgazadası bütünüyle, Heybeliada'nın büyük bölümü ve Büyükada'nın kuzey yarısı Kınalıada Formasyonu'ndan oluşmaktadır. Kınalıada Formasyonu Manastır Tepe Üyesi ve Gülsuyu Üyesi adları altında iki üyeye ayırtlanmıştır. Alttan üste doğru formasyonun alt düzeyini oluşturan feldispatlı kuvarsvake-subarkoz türü miltaşı, kumtaşından oluşan Gülsuyu Üyesi ve feldispatlı kuvarsarenitlerden oluşan Manastır Tepe Üyesi birimlerini kapsar. Adalar İlçesi'nde bu formasyon ve tüm üyeleri yüzeylemektedir.

Kınalıada Formasyonu dalga kırışığı, kuruma çatlağı, balık kılçığı çapraz katmanlanma yapılarıyla sığ ve yüksek enerjili ortam koşullarını yansıtır. Feldispat, mika vb. dayanımsız tane kapsamının yüksek (%10-30) oluşu hızlı taşınma ve birikmenin gerçekleştiği delta ortam koşullarının etkin olduğunu gösterir.

5.2. Aydos Formasyonu (OSa)

Büyükada'nın Ayayorgi Manastırı ve Belen Tepesi'ni kapsayan güney yarısı, formasyonun incelemeye elverişli yüzeylemelerini kapsar. Ayayorgi Manastırı'na çıkan yol boyunca ve Büyükada'nın güneydoğu ve güney kıyıları boyunca formasyonun Başıbüyük ve Ayazma Üyeleri'nin temiz yüzeylemeleri yer alır. Formasyon büyük bölümüyle kuvarsitlerden (kuvarsarenit) oluşur, alt düzeyinde çakıltaşı mercek ve düzeylerini kapsar; yer yer değişen oranda killi miltaşı-şeyil ara katkılıdır. Formasyon alttan üste doğru; değişen kalınlıkta süt kuvars çakıllı ve silis çimentolu çakıltaşı birimininden oluşan Başıbüyük Üyesi (OSab), yeşilimsi koyu gri, kahverengi, yer yer alacalı renkli çamurtaşı-miltaşı birimininden oluşan Kısıklı Üyesi (OSak), bütünüyle kuvarsitlerden (kuvarsarenit) oluşan Ayazma Kuvarsit Üyesi (OSaa), Ömerli Barajı göl alanının doğusundaki yüzeylemelerinin en üst düzeylerinde yer yer açığa çıkan genellikle şarabi, yeşilimsi külrengi kumtaşı biriminden oluşan Tarla Tepe Üyesi (OSat)'ni kapsar. Adalar ilçesinde bu formasyonla beraber, Başıbüyük Üyesi ve Ayazma Kuvarsit Üyesi yüzeylemektedir.

Aydos Formasyonu büyük bölümüyle silis çimentolu, iyi boylanmış ve yıkanmış kuvars taneli kuvarsarenitlerden oluşur. Formasyon çoğu yüzeylemesinde çakıl ve kaba kum boyu kuvars gereçli Başıbüyük Çakıltaşı Üyesi ile başlar. Çakıltaşının mor renkli kaba kumlu gereç kapsayışı ana kaynak kayanın büyük oranda arkozlardan oluştuğunu, duraysız minerallerin bulunmayışı yüksek enerjili duraylı kıyı-plaj ortam koşullarının etkin olduğunu gösterir. Dayanımlı çakılların kendi aralarında iyi boylanmış olmalarına karşın çoğunlukla kaba kumlu hamur içinde saçılmış ya da yığılmış oluşları, ikincil taşınma ile açıklanabilir. Ayazma Üyesi'nin kalınlığı sıkça değişen kuvarsarenitleri yüksek enerjili kum barı ortamına işaret eder. Formasyonun, kil-mil kapsamı yüksek Kısıklı, Tarla Tepe Üyeleri kıyı gerisinde lagün ortamlarının geliştiğini gösterir.

5.3. Yayalar Formasyonu (OSy)

Büyük bölümüyle mikalı kumtaşlarından oluşur. Formasyon alttan üste doğru; ince taneli, mika pullu kumtaşının egemen olduğu, kara-koyu yeşil, mavimsi külrengi, ayrışmışı açık kahverengi, boz, orta-kalın katmanlı Gözdağı Üyesi, yeşil, mor-bordo renkli ve kil-mil boyu daha ince gereçli Umur Deresi Üyesi ve feldispatlı kuvarsit düzeyi olan Şeyhli Üyesi birimlerini kapsar. Yayalar Formasyonu Aydos Formasyonu'nun kuvarsarenit katmanlarıyla yanal ve düşey geçişlidir. Adalar ilçesinde bu formasyonunun Gözdağı Üyesi yüzeylemektedir.

Yayalar Formasyonu'nun büyük bölümünü oluşturan ve bol mika pullu kumtaşlarından oluşan Gözdağ Üyesi'nin mika vb. duraysız minerelleri bolca kapsayışı, dalga kırışığı (ripple mark), derecelenme, taban akıntı izleri vb türbiditik yapıların bulunmayışı karadan getirimin yoğun, birikme hızının yüksek ve dalga enerjisinin düşük olduğu deltaönü (prodelta) ortam koşullarının etkin olduğunu düşündürür. Bol feldispatlı ve bol kuvars kumlu, silis çimentolu kuvarsarenit-kuvarsvake türü kumtaşlarının egemen olduğu Şeyhli Üyesi ile demirli (şamozitli) oolitli yer yer bol brakyopod kavkılı, şarabi mor-yeşil miltaşı-kumtaşı ile temsil edilen Umur Deresi Üyesi ise oksidasyon koşullarının etkin olduğu, sığ kıyı denizi koşullarını yansıtır.

5.4. Pelitli Formasyonu (SDp)

Pelitli Formasyonu büyük bölümüyle kireçtaşından oluşur; değişik düzeylerinde değişen oranda kil ara katkılıdır. Resif ve sığ deniz kireçtaşlarıyla başlar, üst kesiminde yumrulu kireçtaşlarıyla son bulur. Pelitli Formasyonu büyük bölümüyle şelf tipi neritik karbonatlardan oluşur; değişik düzeylerinde değişen

oranda, genellikle ince ara katkılar halinde kil-killi kireçtaşı-kireçli kiltaşı düzeylerini içerir. Formasyon alttan üste doğru kireçli şeyil-kumtaşı-killi kireçtaşı-kireçtaşı ardışığı Mollafenari Üyesi (SDpm), bol makrofosilli resif kireçtaşı Dolayoba Kireçtaşı Üyesi (SDpd), orta-ince katmanlı, pembe kiltaşı ara katkılı, laminalı kireçtaşı İçmeler Üyesi (SDpi), orta-kalın katmanlı neritik kireçtaşı Sedefadası Kireçtaşı Üyesi (SDps) ve en üstte ince şeyil ara katkılı yumrulu görünüşlü Soğanlık Kireçtaşı Üyesi (SDpsğ) birimlerini kapsar. Adalar ilçesinde bu formasyonla beraber Dolayoba Kireçtaşı Üyesi ve Sedefadası Kireçtaşı Üyesi yüzeylemektedir.

Pelitli Formasyonu değişik fasiyeste karbonatların çökeldiği şelf ortamı koşullarını yansıtır. Dolayoba Kireçtaşı Üyesi resif ortam koşullarını temsil eder. Formasyonun büyük bölümünü oluşturan Sedefadası Kireçtaşı Üyesi resif kenarı ve düşük enerjili, yer yer kapalı (restricted) şelf ortam koşullarını yansıtır. Formasyonun üst düzeyini oluşturan, değişen oranda kil kapsamlı yumrulu kireçtaşlarıyla temsil edilen Soğanlık Kireçtaşı Üyesi şelf ortamının giderek derinleştiğini şelf-yamaç arası nitelik kazandığını düşündürür.

5.5. Pendik Formasyonu (Dp)

Pendik Formasyonu büyük bölümüyle, mika pullu, kil-mil boyu ince kırıntılı kayaçlardan oluşur; orta-üst düzeylerinde özellikle üst kesimlerinde kireçtaşı ara katkılıdır. Bol makrofosil kapsamasıyla ayırtman olan ve bu özelliği ile sahada kolay izlenebilir. Formasyon alttan üste doğru; kara-koyu külrengi, yer yer koyu yeşilimsi, ayrışmışı boz-açık kahverengi, bol mikalı ince kırıntılılardan oluşan Kartal Üyesi (Dpk) ve değişen oranda kireçli kiltaşı-killi kireçtaşı-kireçtaşından oluşan Kozyatağı Üyesi (Dpk) birimlerini kapsar. Adalar ilçesinde bu formasyonun Kartal Üyesi yüzeylemektedir.

Pendik Formasyonu'nun büyük bölümünü oluşturan kara-koyu külrengi, bol makrofosil kavkılı, bol mika pullu, kil, mil, ince kum boyu ince gereçli tekdüze kırıntılı kayaçlar (Kartal Üyesi), karadan getirimin bol ve organik işlevlerin yoğun olduğu, düşük enerjili (dalga tabanının altı) şelf ortam koşullarını yansıtır. Makrofosil kavkılarının genellikle iyi korunmuş olması ve istifin ayrışmamış bol mika pulu kapsaması birikme ve çökelmenin hızlı olduğunu gösterir.

Kil, killi kireçtaşı ve seyrek olarak da bol makrofosilli biyoklastik kireçtaşı ara katkılı olan mikrit türü kireçtaşının yoğunluğu Kozyatağı Üyesi'nde çökelimi süresince karadan getirimin az olduğunu şelf koşullarının etkin olduğunu gösterir.

5.6. Denizli Köyü Formasyonu (DCd)

Başlıca kireçtaşı olmak üzere, killi kireçtaşı, yumrulu kireçtaşı ve liditleri (radyolaryalı çakmaktaşı) kapsar; değişen oranda ince şeyil ara katkılıdır. Formasyon alttan üste doğru; mikritik kireçtaşı-killi kireçtaşından oluşan Tuzla Kireçtaşı Üyesi (DCdt), ince katmanlı lidit-şeyil ardışığından oluşan Yörükali Üyesi (DCdy), yumrulu görünüşlü kireçtaşı-killi kireçtaşı-kiltaşı ardışığından oluşan Ayineburnu Üyesi (DCda) ve silisli şeyil ara katkılı liditlerden Baltalimanı Üyesi (DCdb) birimlerini kapsar. Adalar ilçesinde formasyonun Ayineburnu Üyesi, Yörükali Üyesi ve Tuzla Kireçtaşı Üyesi yüzeylemektedir.

Denizli Köyü Formasyonu'nun egemen kayatürünü oluşturan, değişen oranda kiltaşı-şeyil ara katkılı killi kireçtaşı–kireçtaşı–yumrulu kireçtaşı, açık şelf-kıta yamacı ortam koşullarını yansıtır. Ayineburnu ve Baltalimanı Üyeleri'nin liditleri havzada yoğun silis getirimini sağlayan bir kaynağı gerektirir. İstif içinde yaşıt volkanik ara katkılar görülmemiş olmasına karşın, bu denli yoğun silis getiriminin havza dışındaki volkanik bir etkinlikten sağlanmış olduğu düşünülebilir. Kiltaşı-şeyil ara katkılı yumrulu görünüşlü kireçtaşı katmanlarında, kaba kum boyu fosil kırıntılarının yoğun oluşu, buna karşılık türbiditik yapıların bulunmayışı, düşük enerjili duraylı açık şelf–kıta yamacı ortam koşullarıyla açıklanabilir.

5.7. Trakya Formasyonu (Ct)

Başlıca kumtaşı olmak üzere, miltaşı, şeyil, yer yer çakıltaşı türünden kırıntılı kayaların ardalanmasından oluşur; alt kesimlerinde, değişen kalınlıkta kireçtaşı ara katkı ve merceklerini kapsar. Formasyon alttan üste doğru; killi, milli şeyil ve miltaşından oluşan Acıbadem Üyesi (Cta), şelf tipi neritik kireçtaşından oluşan Cebeciköy Kireçtaşı Üyesi (Ctc), lidit ara katkılı şeyillerden oluşan Kartaltepe Üyesi (Ctkt), türbiditik bol mikalı kumtaşı-şeyil ardalanmasından oluşan Küçükköy Üyesi (Ctk) birimlerini kapsar. Adalar ilçesinde formasyonla birlikte Cebeciköy Kireçtaşı Üyesi yüzeylemektedir.

Trakya Formasyonu kil-mil-ince kum boyu seyrek kireçtaşı ara katkılı kırıntılılarla başlar. İstanbul dolayındaki yüzeylemelerinde az deforme olmuş

bitki izlerini kapsayan ve Acıbadem Üyesi adıyla bilinen bu düzey, düşük enerjili, sığ kıyı denizi koşullarını yansıtır. Cebeciköy Kireçtaşı Üyesi'nin egemen kayatürünü oluşturan, bentonik foraminiferli ve algli mikrit-biyomikrit ve dolomitik kireçtaşları düşük enerjili şelf koşullarını temsil eder. Kartaltepe Üyesi'nin liditleri, silis oranının artmasına neden olan jeokimyasal koşullarda değişim ya da havza dışından yoğun silis getirimine neden olan volkanik etkinlikle açıklanabilir. Formasyonun büyük bölümünü oluşturan Küçükköy Üyesi'nin filiş türü kırıntılıları, formasyonun alt düzeylerinin temsil ettiği sığ ve duraylı ortam koşullarının yerini, yoğunluk akıntılarına neden olan tektonik hareketlerin etkinlik kazandığı duraysız açık şelf yamaç ortam koşullarına terk ettiğini gösterir.

5.8. Ozan Tepesi Volkaniti (KTo)

Büyükada'nın kuzey kesiminde yer alan Ozan tepesinin büyük bölümünü kaplayan dasitik volkanitlere, bu tepenin adı verilmiştir. Ozan Tepesi Volkaniti kuvvetli hidrotermal alterasyon geçirmiş ve ileri derecede ayrışmıştır. Ayrışma sonucu ilksel doku ve bileşimini önemli ölçüde yitirmiş, kirli beyaz, sarımsı açık kahve, pas renkli, benekli, gözenekli görünüş kazanmıştır. Alterasyona bağlı olarak volkanitlerin gözenek ve çatlaklarında bakır (malakit) cevherleşmesi izlenmiştir.

5.9. Kuşdili Formasyonu (Qkş)

Formasyon kara-koyu mavimsi külrengi, koyu yeşil, genellikle organik kapsamı yüksek, yer yer, kömürleşmiş bitki parçalı haliç-kıyı gölü çökellerinden oluşur. Başlıca kil, mil, kum boyu gereç kapsar; tane boylarının göreli oranı yerden yere değişir. Seyrek olarak, yarı yuvarlanmış çakıl ve çakılcıklı kum mercek ve ara düzeylerini kapsar. İnce kavkılı denizel lamellibranş, gastropod vb. makrofosil kavkılıdır. Yüksek oranda kil ve su kapsamı nedeniyle yumuşak, kıvamlı ve yüksek plastisitelidir. Bu özellikleriyle deprem dalgalarına karşı sıvılaşma riski yüksek zemin özelliği taşır. İstif bazı düzeylerinde kahverengi, kumlu killi, çakılcıklı alüvyon birikintileriyle ara katkılıdır.

Bol organik kapsamlı, ince kavkılı makrofosilli, kömürleşmiş bitki kırıntılı koyu renkli kil, mil, çamurdan oluşan Kuşdili Formasyonu, düşük enerjili su sirkülasyonunun sınırlı olduğu haliç ve/ya da kıyı gölü-lagün koşullarını yansıtır. Formasyon Adalar ilçesinde Heybeliada'da yüzeylemektedir.

5.10. Güncel Birikintiler (Qg)

Güncel birikintiler; ayırtlanmamış olarak yamaç molozu (Qy), alüvyon (Qal), plaj birikintisi (Qp), seki birikintisi (Qs) kolüviyal birikinti (Qkl) ve kumullar (Qk) herhangi biri veya birkaçını içerebilmektedir. İlçede ayırtlanmamış güncel birikintilerin yanı sıra plaj birikintisi ve yamaç molozu görülmektedir.

5.10.1.Plaj Birikintisi (Qp)

Taban kotları deniz düzeyinin 5-6 m altına inebilen birikintiler genellikle denize uzanan doğal sırtların kenarında yer alan, dolayısıyla kıyı akıntısı ve dalgalardan korunabilen koylarda gelişmiştir. Yıkanmış ve boylanmış, kaba kum ve yuvarlanmış ufak çakıl yoğunluktadır.

5.10.2.Yamaç Molozu (Qy)

Bölgenin kuvarsit vb. dayanımlı kayaçların oluşturduğu yüksek yamaç eğimli dağ ve tepelerin eteklerinde yer yer kalın yamaç molozu birikintileri gelişmiştir. Kınalıada'nın özellikle doğu ve kuzeye bakan yüksek eğimli yamaçlarında, deniz kıyısında başlayarak 40–50 m yükseltilere değin ulaşan, eğim aşağı giderek artan kalınlığı 20-30 m'yi bulan yamaç moloz birikintileri gelişmiştir.

5.11. Yapay Dolgular (Yd)

Adalar'da karada inşaat ve çöp artıklarından oluşmuş yapay dolgular mevcuttur. Ayrıca sahil kesimlerde tesis yapmak için kumlu, killi, çakıl ve bloklu malzemeden oluşan suni dolgu alanları da bulunmaktadır.

6. HİDROJEOLOJİ

İstanbul il alanını oluşturan formasyonlar ve bunları meydana getiren litolojik birimler, jeohidrolik ortam (yer altı suyu geçirimlilik kapasitesi) nitelikleri yani yer altı suyu geçirebilme ve iletebilme özellikleri (boşluk varlığı, boşluk boyutları, boşluklar arası ilişki varlığı ve derecesi) göz önünde bulundurularak 4 ana jeohidrolik ortam türü "geçirimsiz ortam–Gz, yarı geçirimsiz ortam–gz, yarı geçirimli ortam–gç, geçirimli ortam–Gç" olmak üzere 4 ana sınıfa ve yarı geçirimli ortamlar; kaya (gçk)-taneli (gçt) ve geçirimli ortamlar; kaya (Gçk) ve taneli (Gçt) şeklinde alt bölümlere ayrılmıştır.

Geçirimsiz ortamların genel hidrojeolojik niteliği; "dolgulu ve çoğun ilişkisiz gözenekli veya yaygın gözeneksiz taneli ortam ile dolgulu ve çoğun ilişkisiz ya da dolgulu çatlaklı veya çatlaksız kaya ortam" yapılı olmalarıdır. Geçirimsiz ortamlar; yer altı suyu geçirimlilikleri ve iletimlilikleri bulunmaması nedeniyle arazideki her tür jeohidrolik ortamın taban ve/veya tavan seviyelerini oluşturan, diğer türden jeohidrolik ortamlarla birlikte uygun bir sıralanıma ve geometrik konuma sahip olduklarında da yer altı suyunun herhangi bir yöne akışını engelleyerek suyun depolanmasına olanak sağlayan bir yer altı engeli görevi üstlenirler. Böyle bir konumda ise tabanından ve/veya tavanından sınırladıkları diğer jeohidrolik ortamların geçirimli veya yarı geçirimli oluşuna bağlı olarak farklı karakter ve kapasitede sutaşırlar (akiferler) ve yarı sutaşırlar (akitard) türünde hidrojeolojik ortamlar (yer altı suyu depolama ortamları) şekilendirirler.

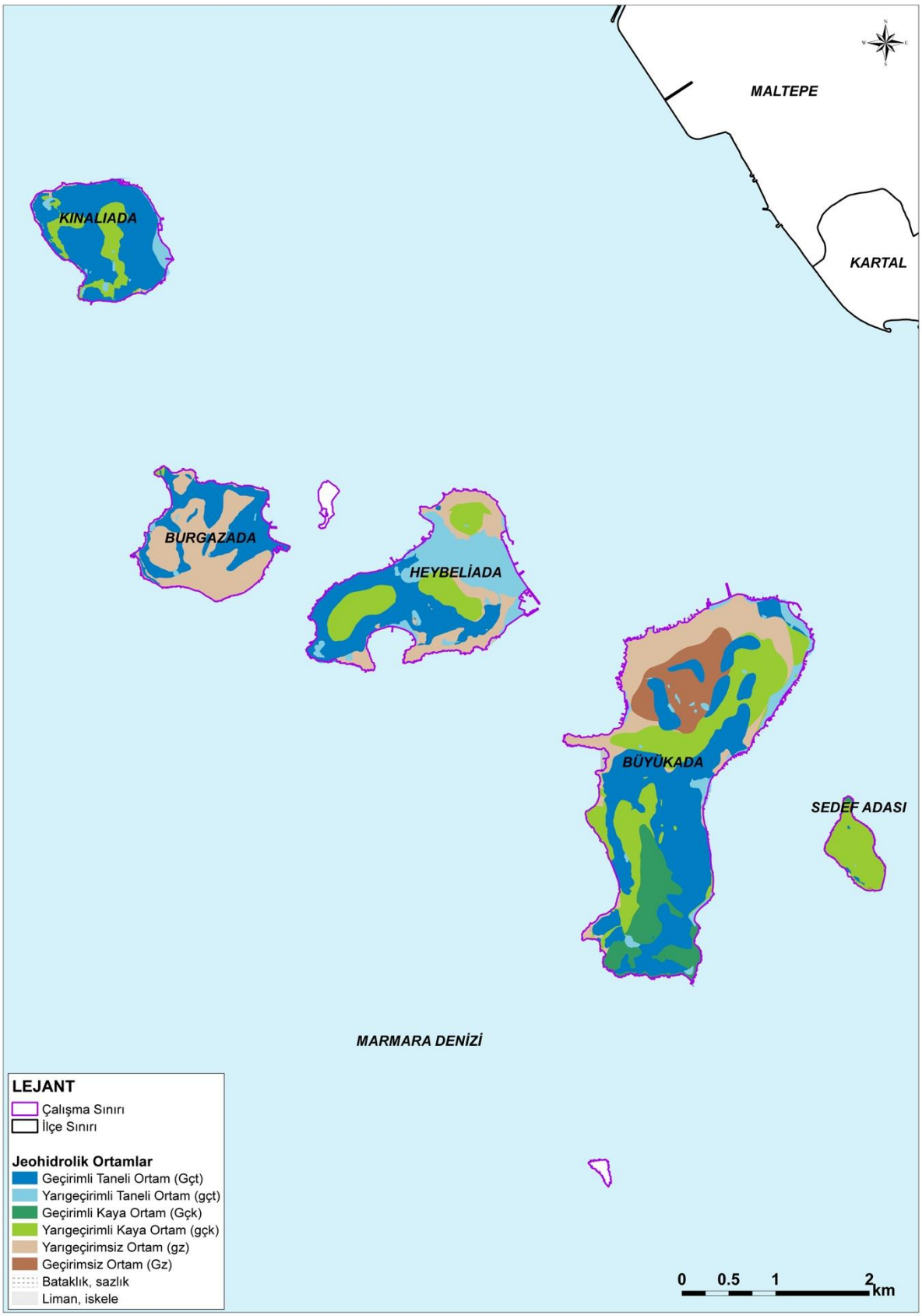
Yarı geçirimsiz ortamların genel hidrojeolojik niteliği; "yarı açık–dolgulu ve çoğun ilişkisiz yaygın küçük–çok küçük çaplı yerel gözenekli taneli ortam ile yarı açık–dolgulu ve çoğun ilişkisiz yerel dar açıklıklı veya yarı dolgulu çatlaklı ya da yaygın çatlaksız kaya ortam" yapılı olmalarıdır. Geçirimli ve yarı geçirimli ortamlarla olan dokanaklarının uygun bir geometrik sıralanım ve konum taşıması halinde yer altı suyunun herhangi bir yöndeki yer altı akışını çok büyük oranda sınırlayan ve içinde anlamlı bir yer altı akışı gerçekleşebilen geçirimli–yarı geçirimli ortamlar bünyesinde yer altı suyu depolanmasına olanak sağlayan bir yer altı engeli görevi üstlenirler.

Yarı geçirimli ortamların genel hidrojeolojik niteliği; "açık–yarı açık ve kısmen ilişkili yerel büyük ve yaygın küçük çaplı gözenekli taneli ortam" ve "açık–yarı açık ve kısmen ilişkili yerel geniş ve yaygın dar açıklıklı çatlaklı–boşluklu kaya ortam" yapılı olmalarıdır.

Uygun bir sıralanım ve geometrik konuma sahip olmaları koşuluyla tabanlarından geçirimsiz veya yarı geçirimsiz bir ortamla sınırlanmış bulunduklarında, birim hacimlerindeki yararlanılabilir yer altı suyu miktarı fazla olmamakla birlikte yine de içlerinde yer altı suyu depolayabilen göreceli düşük verimli hidrojeolojik ortamlar (yarı sutaşırlar–akitardlar) şekillendirir.

Geçirimli ortamların genel hidrojeolojik niteliği; “açık ve ilişkili, yaygın ve büyük çaplı gözenekli taneli ortam” ve “açık ve ilişkili, yaygın ve geniş açıklıklı çatlaklı–boşluklu kaya ortam” yapılı olmalarıdır. Uygun bir sıralanım ve geometrik konuma sahip olmaları koşuluyla tabanlarından geçirimsiz veya yarı geçirimsiz bir jeohidrolik ortamla sınırlanmış olmaları halinde topoğrafya yüzeyine açık bulunduklarında "serbest", aynı zamanda geçirimsiz veya yarı geçirimsiz bir jeohidrolik ortamla üstlenilerek örtülü–kapalı bulunduklarında da "basınçlı" karakterde orta–yüksek yer altı suyu depolama kapasiteli hidrojeolojik ortamlar (sutaşırlar–akiferler) şekillendirirler.

Bir bölgede yer altı suyu depolanabilmesi için orada, jeohidrolik ortamlardan öncelikle geçirimli (Gç) ya da yarı geçirimli (gç) nitelikte olan birimin var olması ve bunun da ayrıca varlığı zorunlu bir geçirimsiz (Gz) ya da yarı geçirimsiz (gz) nitelikli jeohidrolik ortam tarafından uygun bir geometrik konum ve şekilde sınırlanmış olması gereklidir. Böyle bir durum sadece bir bölgede yer altı suyunun depolanabilme koşulunu ifade etmekle sınırlı kalmamakta ve aynı zamanda o bölgede mevcut jeohidrolik ortamların (Şekil 7) kendi aralarındaki sıralanma düzenine bağlı olarak farklı konumsal bulunuş biçimleri altında şekillenmiş bulunan yer altı suyu depolama ortamlarının yani “hidrojeolojik ortamların (yer altı suyu depolama ortamı)” türlerini (sutaşırlar; akifer ve yarı sutaşırlar; akitard) karakteristiklerini de belirlemektedir.

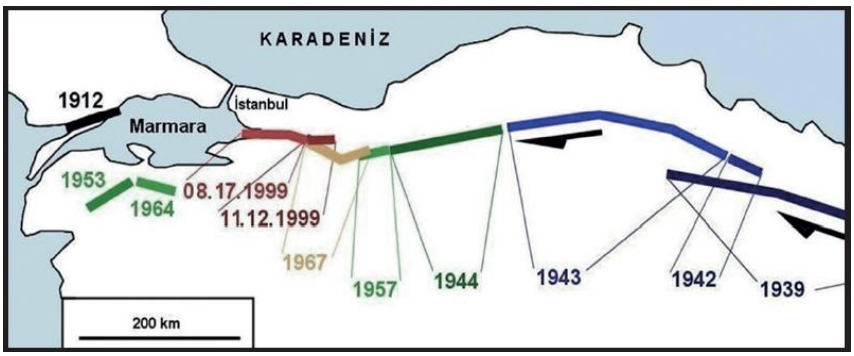


Şekil 7: Bölgenin Jeohidrolik Ortamlar Haritası

7. DEPREM DURUMU

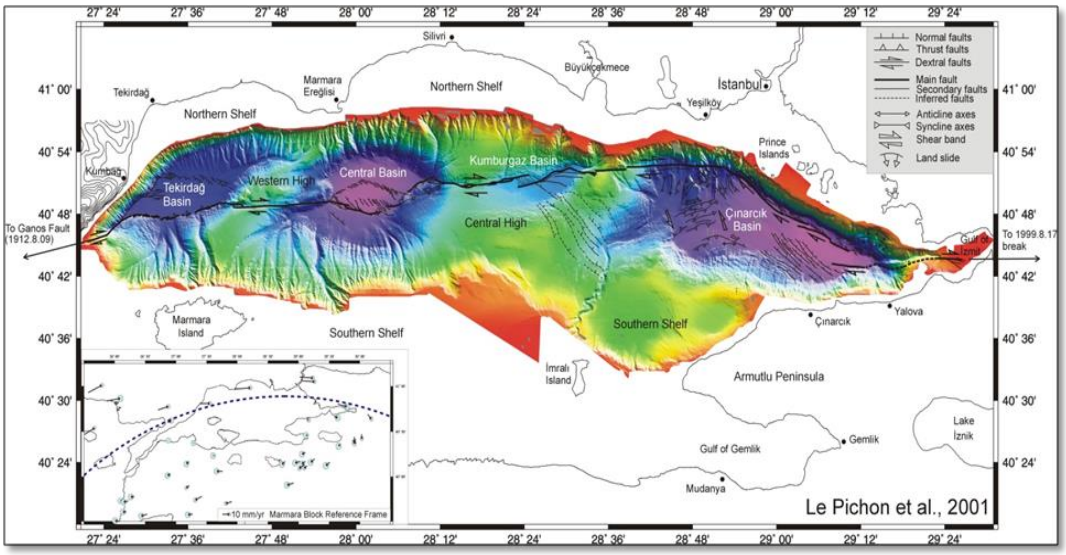
7.1. Bölgesel Deprem Durumu

İstanbul ve çevresi, sosyal ve ekonomik anlamda ülkemiz için son derece önemli potansiyele sahip ancak deprem açısından bakıldığında da riski en yüksek bölgelerden birisidir. Bu risk, geçmiş dönemlerde meydana gelmiş depremler irdelendiğinde daha net ortaya çıkmaktadır. Marmara Bölgesi'nin çağlar boyunca hasar yapıcı, yıkıcı depremlerle karşılaşılan bir bölge olmasının temel sebebi Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAF) önemli bir kısmının Marmara Denizi içerisinde yer alıyor olmasıdır. KAF üzerindeki önemli depremlerin oluş düzeni ve batıya göçü, 1939 Erzincan Depremi'nden sonra yarı sistematik olarak gözlenmiş ve batıya doğru kırılması 1967 Adapazarı-Mudurnu Suyu Vadisi Depremi, son olarak da 1999 Gölcük-Doğu Marmara ve Düzce Depremleri ile devam etmiştir (Şekil 8).



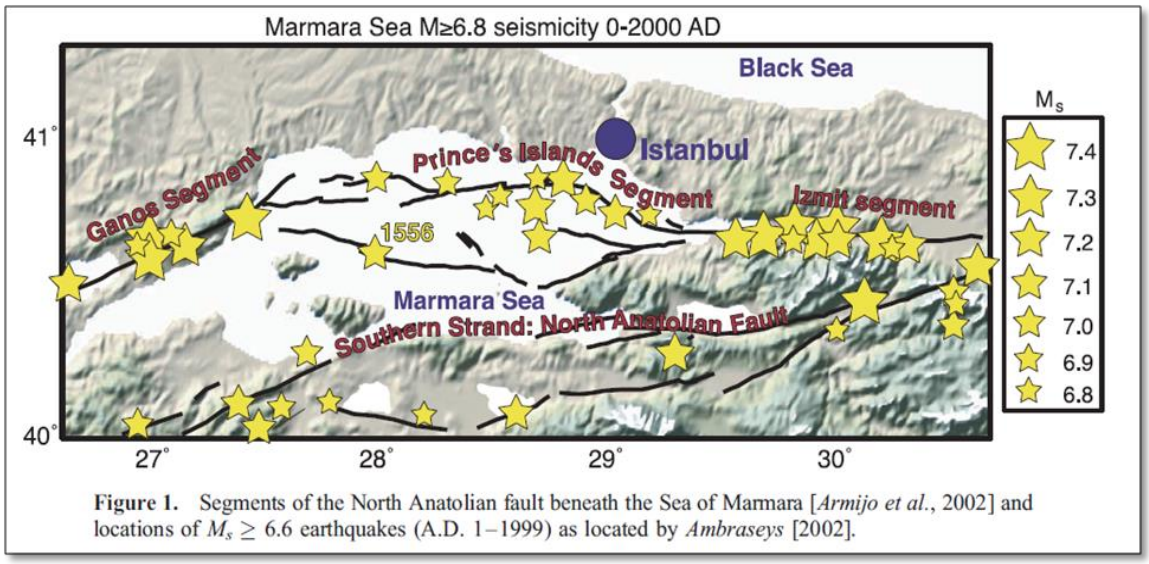
Şekil 8: 1939 Depreminden Sonra Büyük Depremlerin Batıya Göçü (Kalafat ve diğ., 2001)

Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan jeolojik, jeofizik, sismolojik, deniz jeolojisi ve jeofiziği, sedimantolojik ve paleo-sismolojik araştırmalara dayanarak, İstanbul ve çevresini etki altına alacak depremi meydana getirebilecek en önemli fay hattı konusunda ortak bir görüş oluşmuştur. Olası bu deprem, kaynağı Kuzey Marmara'dan geçen ve Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) kuzey kolunun Marmara Denizi içinde doğu-batı yönündeki devamı olan fay hattıdır. Kuzey Marmara Fayı (KMF) olarak adlandırabileceğimiz bu fayın büyüklüğü göz önüne alındığında, 7.0 ve daha büyük bir deprem yaratma kabiliyeti olduğu anlaşılmaktadır (Le Pichon ve diğ., 2001, Şekil 9).



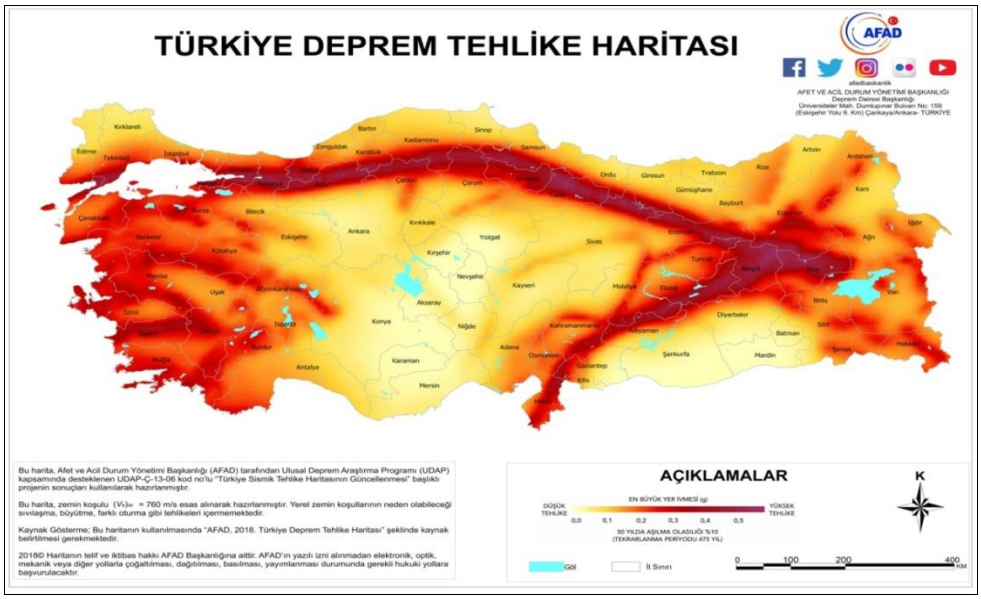
Şekil 9: Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi İçindeki Geometrisi (Le Pichon, X., ve diğ., 2001)

Kuzey Marmara Fayı'nın ne tür bir faylanmayla büyük deprem yaratacağı bilimsel platformda fazla tartışma yaratmış olmakla birlikte bilim dünyası dışında çok fazla spekülasyona açık bir konu haline gelmiştir. Parsons ve diğ. (2000) Marmara Denizi çevresindeki yerleşimleri etkileyecek büyük depremleri yaratabilecek diğer önemli fay zonlarını da tartışmış, tarihsel dönemdeki depremlerin etkileri ve 1999 Kocaeli Depremi'nin gerilme fazlalığı tezini de göz önünde bulundurarak Marmara Bölgesi'ni etkileyecek deprem olasılıklarını hesaplamışlardır. Parsons ve diğ. (2000)'nin çalışmalarında kullanılan faylar Yalova, Prens Adaları ve Kuzey Marmara Fayları'dır (Şekil 10).



Şekil 10: Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Marmara Denizi İçerisindeki Durumu [Armijo vd., 2002] ve Ms 6.6 Büyüklüğündeki Depremlerin Dağılımı (A.D. 1–1999, Ambraseys, 2002, Parsons, 2004)

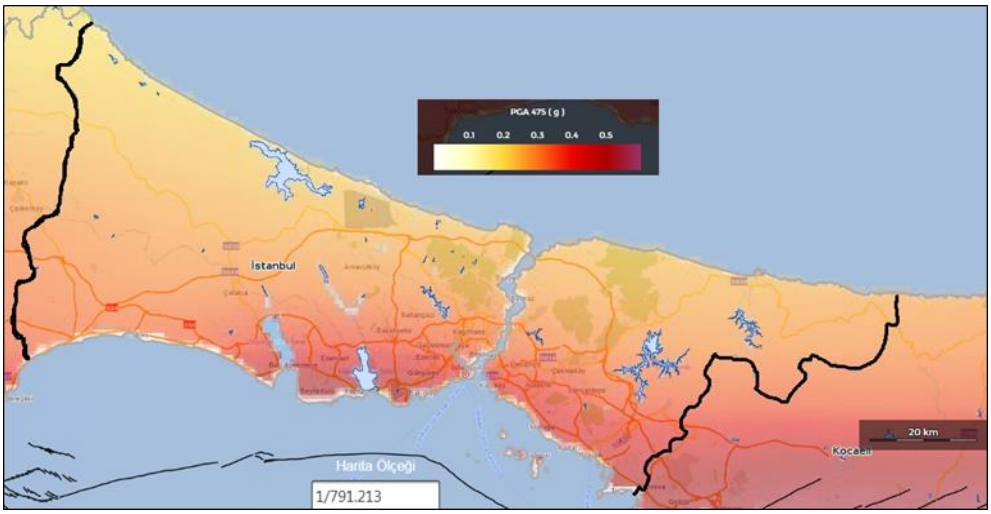
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığınca 18.03.2018 tarihli 30364 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan ve 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği" kapsamında yayımlanan "Türkiye Deprem Tehlike Haritası"nda 50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlama periyodu 475 yıl olan senaryo deprem için PGA (En yüksek ivme) değerleri görülmektedir (Şekil 11), burada kırmızı olan yerler depremde oluşacak yer ivmesinin yani deprem tehlikesinin yüksek olacağı bölgelerdir.



Şekil 11: Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2018)

7.2. İstanbul İl Alanı Depremselliği

Türkiye Deprem Tehlike Haritası, İstanbul İl Alanı genelinde irdelendiğinde Marmara Denizi içerisinden geçen Kuzey Anadolu Fay hattına yakın olan (İl Alan Sınırlarının güneyinde kalan) ilçelerin (Şekil 12) deprem tehlikelerinin daha yüksek olabileceği söylenebilir.

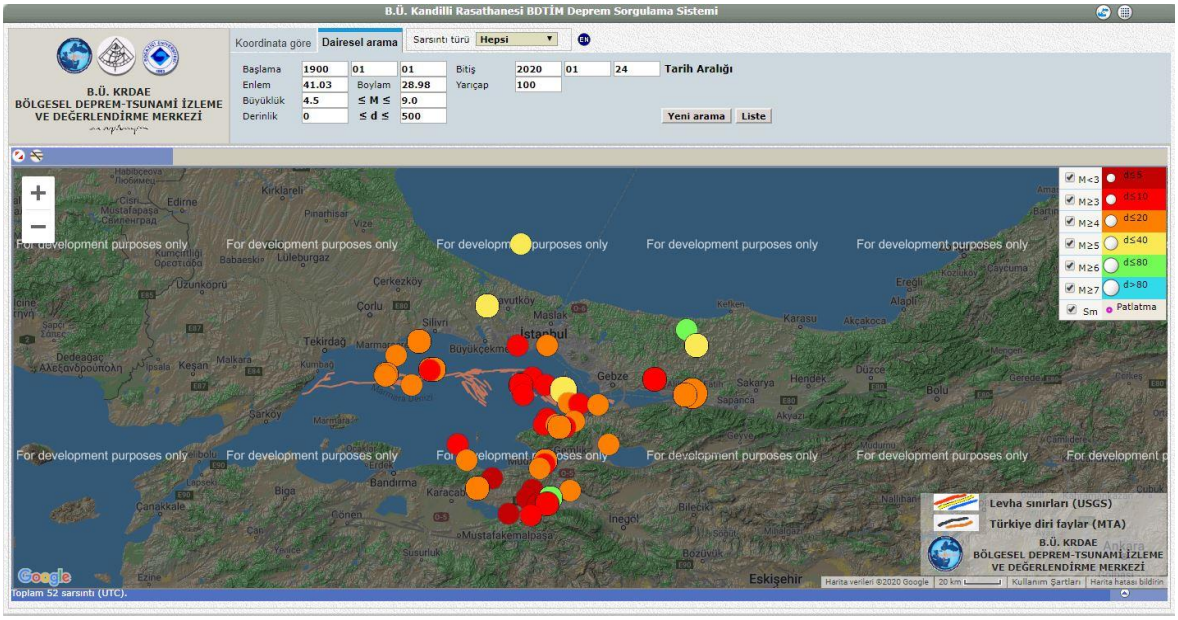


Şekil 12: İstanbul İl Sınırları Deprem Tehlike Haritası

İstanbul ilinin depremselliğini araştırmak amacıyla merkezi İstanbul ili Taksim Meydanı (Enlem=41.03; Boylam=28.98) kabul edilen r=100 km yarıçaplı çember ile sınırlandırılmış bölge sınırları içerisinde meydana gelmiş M≥4.5 olan toplam 52 adet deprem (Tablo 6), aletsel dönem (son 120 yıllık dönem) kataloglarından (KOERİ-UDİM) elde edilerek hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 13). Bölge sınırları içerisinde meydana gelmiş deprem verilerini kullanarak yapılan olasılıksal (prababilistik) deprem tehlike analizi hesaplamalarında tarihsel deprem verileri kullanılmamıştır. Bunun nedeni, tarihsel dönem verilerinin merkez üssü (episantr) ve büyüklüklerindeki belirsizliklerdir.

Tablo 6: 1900-2020 Yılları Arasında Bölgede Oluşmuş (Enlem=41.03; Boylam=28.98) Kabul Edilen r=100 km Yarıçaplı Çember ile Sınırlandırılmış Alanda Meydana Gelmiş 7.5≥M≥4.5 Arası Deprem Sayıları

DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ(M)	1900 – 2019 Yılları Arasında Meydana Gelen Deprem Sayısı
4.50 ≤M<5.00	36
5.00 ≤M<5.50	9
5.50 ≤M<6.00	5
6.00 ≤M<6.50	1
6.50 ≤M<7.00	0
7.00 ≤M<7.50	1
TOPLAM	**52**



Şekil 13: Merkezi İstanbul Taksim Meydanı (Enlem=41.03; Boylam=28.98) Kabul Edilen r=100 km Yarıçaplı Çember ile Sınırlandırılmış Alanda Meydana Gelmiş M≥4.5 Olan Toplam 52 Adet Depremin Dağılım Haritası (KOERİ-UDİM)

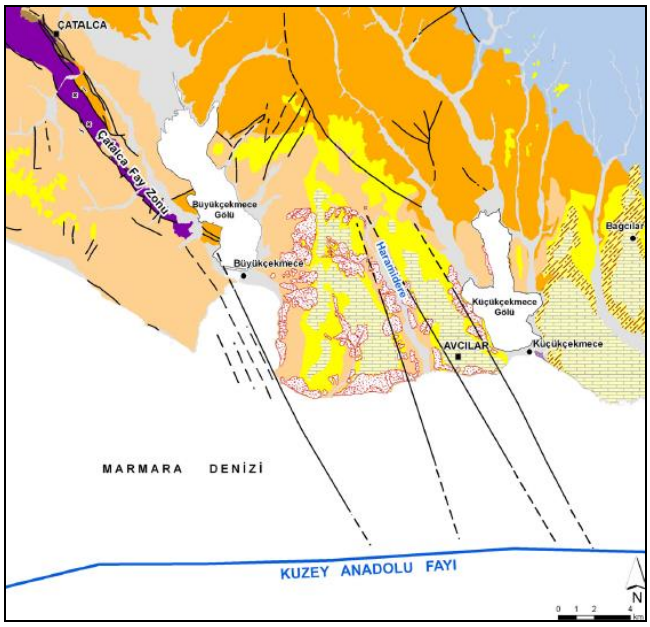
Bütün bu verilere göre, İstanbul İl Alanı'nı etkileyecek olası bir depremin Kuzey Anadolu Fay (KAF) sistemi içerisinde meydana geleceği gerçeği aşikardır. İstanbul İl Alanı için merkezi İstanbul Taksim Meydanı (Enlem=41.03; Boylam=28.98) kabul edilen r=100 km yarıçaplı çember ile sınırlandırılmış alanda M=4.5-7.5 büyüklüklerinde meydana gelmiş 52 adet deprem verisi kullanılarak yapılan deprem tehlike analizine göre; M=7.0 büyüklüğünde depremin 50 yıl içerisinde meydana gelme olasılığı %60,2 olarak hesaplanmıştır (Tablo 7).

Tablo 7: Merkezi İstanbul Taksim Meydanı (Enlem=41.03; Boylam=28.98) Kabul Edilen r=100 km Yarıçaplı Çember ile Sınırlandırılmış Alanda Meydana Gelmiş 52 Adet Deprem Verisi Kullanılarak Olasılıksal (Probabilistik) Deprem Tehlike Analizi Hesabı (Özçep, F., Zemin Jeofizik Analiz)

			Rm = 1- e-(N(M) *D)		**Ortalama**
	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	Tekrarlama Periyodu
Büyüklük (M)	10	50	75	100	(Yıl)
4.5	100,0	100,0	100,0	100,0	2
5.0	98,9	100,0	100,0	100,0	5
5.5	86,9	100,0	100,0	100,0	11
6.0	59,9	99,0	99,9	100,0	25
6.5	33,6	87,1	95,4	98,3	56
7.0	16,8	60,2	74,9	84,1	125

Ülkemizin hemen hemen her bölgesinde az veya çok heyelan oluşumuna rastlanabilmekte olup, deprem-heyelan ilişkisi ortamın jeolojik, hidrojeolojik, jeomorfolojik/topoğrafik, iklimsel, malzeme ve bölgenin kullanım özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Heyelanlar; malzeme tipi, hareket biçimi, yayılmanın derecesi ve şekli, su içeriği, hız ve derinlik gibi kriterlere göre sınıflandırılırlar. Farklı tipteki bu heyelanların hangi depremler tarafından tetiklenebileceğine ilişkin tespitler; heyelan yakınında meydana gelen depremlerin büyüklüğüne ve odak noktasına olan uzaklığa bağlı olarak tarihsel ve aletsel dönemde gerçekleşmiş olan depremlerin analizi ile mümkün olabilmektedir.

İstanbul karasal il alan sınırları içinde meydana gelen küçük depremler haricinde Marmara Denizi içindeki Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerindeki depremler de İstanbul'da hissedilmekte ve etkili olmaktadır. Bölge ve yakınında geçmiş yıllarda yapılan sismik araştırmalarda, yüksek eğimli tabakalar içerisinde kara yönünde bulunan fay uzantılarının, heyelan riski yüksek alanlar ve karada var olduğu bilinen faylarla ilişkili olduğu, hem bu alanların konumları, hem de fayların yapısal unsurları göz önüne alındığında saptanabilmektedir (Şekil 14). Bu doğrultuda, bölgede meydana gelebilecek orta ve üstü büyüklükte deprem aktivitelerinin bu heyelanları harekete geçirme olasılığı ihtimal dahilindedir.



Şekil 14. Le Pichon vd., 2001; Duman vd., 2005; Özgül vd., 2005; Ergintav vd., 2010

8. KÜTLE HAREKETLERİ

Bölgeye ait kütle hareketleri *"İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Projesi (İBB, 2020)"* kapsamında yer alan, *Anadolu Yakası Mikrobölgeleme Projesi'*ne ait heyelan araştırması verileri doğrultusunda derlenmiştir. Bölge içerisinde bulunan stabilite sorunlu alanlar;

- Heyelanlar (Zemin Ortamlar)
- Kaya Şevi Duraysızlığı (Kaya Ortamlar)

olmak üzere 2 grupta değerlendirilmiştir.

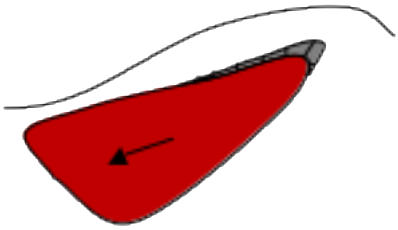
Zemin ortamlardaki kütle hareketleri "heyelanlar", kaya ortamlardaki kütle hareketleri ise "kaya şevi duraysızlığı" başlığı altında aşağıda anlatılmış, hareket tipi ve etkinlik durumuna göre sınıflamaları yapılarak, halihazır harita üzerinde gösterilmiştir (EK 1, EK 2).

Kütle hareketlerinin yoğun olarak geliştiği yamaçların yer aldığı bölgenin genel görünümü Şekil 15'te verilmektedir.

Şekil 15: Bölgeden Genel Görünüm (a. Kınalıada-b. Heybeliada-c. Sedef Adası-d. Büyükada)

8.1. Heyelanlar (Zemin Ortamlar)

Heyelan, zeminin yamaç aşağı doğru hareketidir (Şekil 16). Heyelanlar, zemin ortamlar ve ileri derecede ayrışmış kaya ortamlarda gelişmiştir. Hafif meyilli ve deforme olmuş topografik özelliklerle kendini gösterir. En çok deprem ile meydana gelen yer sarsıntılarından veya aşırı yağışın süzülmesi ile artan boşluk suyu basıncından etkilenmektedir.



Şekil 16: Heyelanın Şematik Gösterimi

Heyelan araştırmaları kapsamında, öncelikli olarak proje alanında ön çalışmalara göre heyelan morfolojisi özelliği gösteren şevler tespit edilip, saha çalışması ile heyelan ihtimalleri teyit edilmiş ve olası aktif ve/veya pasif heyelanların aktivite tanımlamaları yapılmıştır (Tablo 8). Tanımlamalar sonucu I ve II kategorisine giren heyelan alanları için, detaylı arazi çalışmaları planlanmıştır.

Tablo 8: Heyelanların Aktivite Sınıflaması ve Tanımlamaları

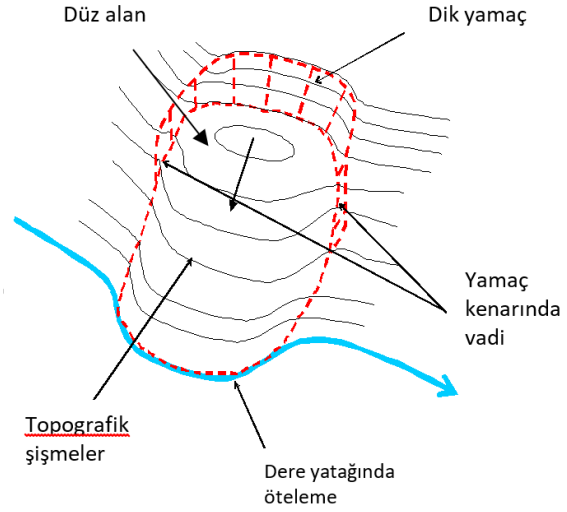
AKTİVİTE SINIFI	TANIMLAMA
I	*<AKTİF HEYELAN>* GÜNÜMÜZDE YA DA GEÇMİŞTE AKTİVİTE İZİ GÖSTEREN ŞEVLER (EVLERDE VE BİNALARDA DEFORMASYON, YOLLARDA, ZEMİNDE ÇATLAKLAR, VB.) VEYA SAHA ÇALIŞMASI VE DEĞERLENDİRMELER İLE BELİRGİN HEYELAN MORFOLOJİSİ GÖSTEREN ŞEVLER
II	*<HEYELAN AKTİVİTESİ İZİ GÖSTEREN ŞEVLER >* STEREOSKOP YORUMLANMASI İLE HEYELAN NİTELİĞİ OLDUĞU TESPİT EDİLEN ŞEVLER. GEÇMİŞTE AKTİVİTE OLAN, ANCAK HALEN BİR AKTİVİTE MEVCUT OLMAYAN ŞEVLER (YER YÜZEYİNDE DALGALANMA VE KIVRIMLAR, AĞAÇ DEFORMASYONLARI, HEYELAN AKTİVİTESİ DIŞINDA AÇIKLANMASI ZOR GÖÇME İZLERİ).
III	*<DÜŞÜK HEYELAN OLASILIĞINA SAHİP ŞEVLER >* STEREOSKOP YORUMLANMASI İLE HEYELAN NİTELİĞİ OLDUĞU TESPİT EDİLEN ANCAK, HEYELAN AKTİVİTESİNE AİT GEÇMİŞTEN VE GÜNÜMÜZDEN BİR İZ BULUNAMAYAN ŞEVLER. ŞEV HAREKETLİLİĞİ OLASILIĞININ OLDUKÇA DÜŞÜK OLDUĞU DÜŞÜNÜLEBİLİR.
IV	*<HEYELAN OLMADIĞI DÜŞÜNÜLEN ŞEVLER >* STEREOSKOP YORUMLANMASI İLE HEYELAN NİTELİĞİ OLDUĞU TESPİT EDİLEN ANCAK ŞEV ÜZERİNDE KAYAÇ MOSTRASI BULUNMASI SEBEBİYLE HEYELAN TEHLİKESİ TAŞIMADIĞI TESPİT EDİLEN ŞEVLER.
N	*<SAHA ÇALIŞMASI İLE GİRİLEMEYEN ŞEVLER >* STEREOSKOP YORUMLANMASI İLE HEYELAN NİTELİĞİ OLDUĞU TESPİT EDİLEN ANCAK, ÖZEL MÜLK YA DA ASKERİ ALAN OLMASI NEDENİYLE GİRİŞİ MÜMKÜN OLMAYAN ŞEV ALANLARI.

Stabilite sorunlu alanların tespitindeki birinci aşamada heyelan morfolojisi gösteren şevlerin ortaya çıkarılması için yapılan çalışmanın ilk ve en etkili adım stereoskop çalışmasıdır. Bu projede de temel olarak potansiyel şevlerin çıkarılmasında öncelikli olarak stereoskop yorumlanması uygulanmıştır. Ayrıca DEM veri tabanı kullanılarak aydınlanma (hill shade) haritaları, uydu görüntüleri ve 1/2000 ölçekte topoğrafya haritaları kullanılmıştır. Potansiyel şevlerin çıkarılmasında hedef heyelan karakteristiklerinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu çalışmaların yürütülmesinde araştırılan tipik heyelan özellikleri;

- Dalgalı ve kıvrılmış şev yüzeyi,
- Dik ve nispeten eğimli şevlerin bir arada olma kombinasyonu,
- Dere ya da vadi çizgisinin ötelenmiş olması,
- Şev üzerinde kabarıklık,
- Dik şev altında düz alan,
- Şev üzerinde doğal olmayan vadi,
- Heyelan şevi olarak görülen dik yamaç,

- Çevredeki şevler ile karşılaştırınca farklı şev açılarının olması

gibi özelliklerdir (Şekil 17).



Şekil 17: Heyelanın Tipik Topoğrafik Özellikleri

Ön çalışma sonucunda tespit edilen şevlerin saha gözlemleri ile heyelan potansiyelleri değerlendirilmiştir. Saha gözlemlerinde;

- Heyelandan dolayı şev oluşma özelliği,
- Zeminde veya yolda çatlaklar,
- Çökme izleri,
- Şev üzerindeki ağaçlarda deformasyon,
- Yer altı suyu veya su sızıntısı,
- Şev üzerindeki tesislerde hasar,
- Şev yüzeyinde dalgalanma ve kıvrımlar,
- Şev üzerindeki jeolojik durum

gibi özelliklere dikkat edilmiştir.

Saha araştırma sonuçlarına göre seçilen şevlerde detaylı araştırmaların yapılması planlanmıştır. Seçilen şevler için, planlanan detaylı araştırma tipi ile yapılan çalışmanın amaç ve yöntemleri aşağıda görülmektedir (Tablo 9).

Tablo 9: Araştırmaların Amaç ve Yöntemleri

Araştırma	Amaç	Yöntem
Sondaj çalışması	- Litolojik Tanımlama - Laboratuvar testleri için numune alınması - Yer altı su seviyesi	Karot Örselenmemiş numune
Jeofizik çalışması	- Kayma yüzeyi derinliğinin tahmini - Yer altı su seviyesi	2-D Resistivite-Özdirenç ölçümü Kırılma testi
Laboratuvar testleri	- Şev stabilite analizi için parametrelerin tespiti	Direkt kesme kutusu testi Fiziksel özellikler testleri Üç eksenli dayanım testleri

Yapılan incelemeler sonucu, aktif ve potansiyel olarak heyelan riski taşıdığı düşünülen alanlarda ayrıntılı aletsel saha çalışmaları (sondaj, jeofizik metotlar, laboratuvar) planlanmış ve uygulanmıştır. Detay arazi çalışmaları neticesinde elde edilen verilerin analizi için GEO-SLOPE International, Ltd. Kanada'nın SLOPE/W versiyon 7.14 yazılımı (Morgenstern-Price Yöntemi) kullanılarak alanlar depremli ve depremsiz durumlar için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Proje kapsamında yapılan depremli durum analizlerinde, sismik yük olarak her gride tekabül eden (ölçülen) maksimum yer ivmesinin (PGA) %30'u uygulanmıştır.

Araştırma için seçilen her bir heyelan alanı güncel aktivite olasılığı, güvenlik faktörü ve tehlike sınıfı (risk derecesi) bakımından değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, heyelan tehlikesi riski;

- Yüksek Risk
- Orta Dereceli Risk
- Düşük Risk

olmak üzere üç kategoriye göre değerlendirilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10: Güvenlik Faktörüne Göre Risk Değerlendirmesi

$Fs \leq 1.0$	A_{SL}	Yüksek risk
$1.0 < Fs < 1.5$	B_{SL}	Orta Dereceli risk
$Fs \geq 1.5$	C_{SL}	Düşük risk

Araştırma için seçilen her bir heyelan bloku güncel aktivite olasılığı, güvenlik faktörü ve tehlike sınıfı (risk derecesi) bakımından değerlendirilmiştir. Değerlendirme ve analizler için seçilen Adalar İlçesindeki 5 adet heyelan blokunun, aktivite olasılığı ile güvenlik faktörü ve risk derecesi bakımından karşılaştırmalı sonuçları aşağıda verilmektedir (Tablo 11).

Tablo 11: Aktivite Olasılığı ile Risk Derecesinin Karşılaştırılması

Heyelan No	Aktivite Kodu	Güvenlik Faktörü (Fs)		Tehlike Derecesi
		Normal (HWL)	Sismik (HWL)	
1	I	1.055	0.597	A_{SL}
2	II	1.129	0.882	A_{SL}
3	II	0.908	0.673	A_{SL}
4	I	1.161	0.889	A_{SL}
5	II	0.995	0.609	A_{SL}

Yukarıdaki tabloda verilen bilgiler doğrultusunda her bir aktivite koduna karşılık gelen heyelan alanı adedi (Tablo 12) ve yüzdelik dağılımları (Şekil 18) aşağıda belirlenmiştir.

Tablo 12: Aktivite Kodu-Heyelan Blok Sayısı

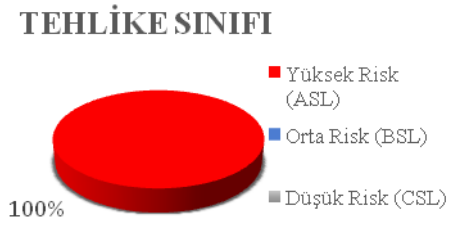
AKTİVİTE KODU	ADET	YÜZDELİK DAĞILIM
I	2	40,0
II	3	60,0
III	0	0,0
IV	0	0,0
N	0	0,0
Toplam	**5**	**100**

Şekil 18: Aktivite Olasılığı Dağılımı

Depremli durumdaki güvenlik faktörü (Fs) doğrultusunda tanımlanan, her bir tehlike sınıfına karşılık gelen heyelan bloku adedi (Tablo 13) ve yüzdelik dağılımları (Şekil 19) aşağıda belirlenmiştir.

Tablo 13: Tehlike Sınıfı-Heyelan Blok Sayısı

TEHLİKE SINIFI	ADET	YÜZDELİK DAĞILIM
Yüksek Risk (A_{SL})	5	100,0
Orta Risk (B_{SL})	0	0,0
Düşük Risk (C_{SL})	0	0,0
Toplam	**5**	**100**



Şekil 19: Tehlike Sınıfına Göre Yüzdelik Dağılım

Yukarıda verilen tablo ve grafikler de açıklanan aktivite olasılığı ve tehlike sınıfı (risk derecesi) bilgileri ile dağılım oranları birlikte değerlendirilmiştir. Tabloda yer alan dağılımlara baktığımızda, aktivite kodu "I ve II" olan heyelan bloklarının tamamının güvenlik faktörü değeri ve risk derecesinin "Fs ≤ 1.00, Yüksek Risk (A_{SL})" olarak bulunduğu görülmektedir (Tablo 14).

Tablo 14: Aktivite Olasılığının Tehlike Durumu Bakımından Dağılımı

		Tehlike Durumu (Risk Derecesi)		
	Aktivite Kodu - (Adet)	A_{SL} (Fs ≤ 1.0) Adet - Yüzde	B_{SL} (1.0 < Fs < 1.5) Adet - Yüzde	C_{SL}(Fs ≥ 1.5) Adet - Yüzde
Aktivite Olasılığı	I - (2)	2-%40	0	0
	II - (3)	3-%60	0	0
	III - (0)	0	0	0
	IV - (0)	0	0	0
	V - (0)	0	0	0

Bu değerlendirme sonuçlarına göre, Aktivite "I" kodu ile temsil edilen 2 adet ve Aktivite " II" kodu ile temsil edilen 3 adet heyelan bloku, aralıklarla da olsa halen aktif olduğu düşünülen heyelan alanlarını temsil etmektedir.

Yukarıda yapılan değerlendirme ve tanımlamalara göre, ayrıntılı araştırma için seçilen lokasyonlarda 5 adet heyelan bloku tanımlanmıştır. Bazı lokasyonlarda birbiriyle ilişkili birden fazla heyelan bloku yer almaktadır. Her bir heyelan bloku içerisinde, birbiriyle ilişkili birden fazla ve farklı boyutlarda, asıl ya da ikincil hareket konumunda olan heyelan aktivitesi yer almaktadır.

Yukarıda yapılan değerlendirme ve tanımlamalara göre, tespit edilen heyelan alanları çoğunlukla kayma ve kimi yerde de akma şeklinde hareket tipine sahip olup, etkinlik durumuna göre;

- Etkin Heyelanlar
- Potansiyel Heyelanlar

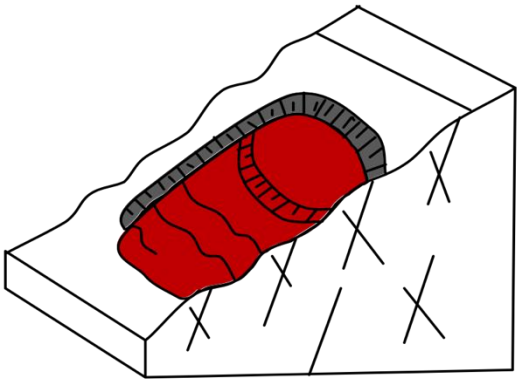
olarak 2 sınıfta değerlendirilmiştir. Adalar ilçesi sınırlarında yer alan ve zemin ortamlar ile temsil edilen yamaçlarda gelişen heyelanların tamamı etkin heyelan olup, potansiyel heyelan alanı tespit edilmemiştir.

8.1.1. Hareket Tipine Göre Heyelanlar

İlçe sınırları içerisinde tespit edilen heyelan alanları çoğunlukla kayma ve kimi yerde de akma şeklinde hareket tipine sahip olup, aşağıda tanımlama ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

8.1.1.1. Kayma

Zemin kayması, zemin kütlesinin kayma yüzeyleri veya ince ve yoğun bir makaslama bölgesi boyunca yamaç aşağı hareketidir (Şekil 20). Yapılan çalışmalarda hareket tipi kayma olan 5 adet heyelan alanı belirlenmiştir.

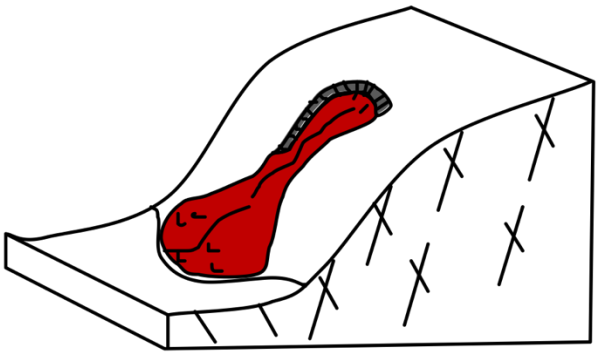


Şekil 20: Zemin Kaymasının Şematik Gösterimi

8.1.1.2. Akma

Zemin ortamda makaslama yüzeylerinin çok sık ancak, kalıcı ve belirgin olmadığı üç boyutlu sürekli bir harekettir. Hareket eden kütle içinde hız dağılımı akışkan sıvıdakine benzer (Şekil 21).

Heyelan araştırmaları kapsamında, akma tipinde özellik gösteren alanlar bazı lokasyonlarda tespit edilmiş olmasına karşın, bunlar proje genelinde kayma türü özellik gösteren heyelan blokları içerisinde değerlendirilmiştir.



Şekil 21: Zemin Akmasının Şematik Gösterimi

8.1.2. Etkinlik Durumuna Göre Heyelanlar

Bölge sınırları içerisinde tespit edilen heyelan alanlarının tamamı etkin heyelanlardır. Aşağıda, bu heyelanların tanımlama ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

8.1.2.1. Etkin Heyelanlar

Heyelan blokları içerisinde, öncelikle heyelan morfolojisi belirgin olarak tanımlanabilen ve günümüzde etkinliği devam eden alanlar bu grupta değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, yakın geçmişte hareket etmiş olduğu anlaşılan ve tekrar hareket etme olasılığının yüksek olduğu düşünülen alanlar da, etkin heyelan alanları olarak tanımlanmıştır.

Etkin heyelanlar, aktivite olasılığı "I ve II" olanlardan, güvenlik faktörü "Fs ≤ 1.00" ve tehlike durumu (risk derecesi) "Yüksek Risk (A_{SL})" olan heyelan bloku ile temsil edilmektedir.

Yapılan araştırma ve analizler sonucuna göre; bölgede 5 adet etkin heyelan bloku belirlenmiştir.

Proje alanı içerisinde yer alan etkin heyelanlar, ayrışma sürecinden dolayı zemin özelliği kazanmış Aydos Formasyonu'na ait birimler ile temsil edilen bazı yamaçlar ile birlikte, Yamaç Molozu ve Yapay Dolgu ile kaplı yamaçlarda gelişmiştir. Aşağıda bu yamaçlarda oluşan etkin heyelanlara ait örnekler verilmektedir (Şekil 22, Şekil 23, Şekil 24, Şekil 25, Şekil 26, Şekil 27, Şekil 28).

Şekil 22: Kınalıada'nın Batı Kısmında Yer Alan Heyelanlı Alanın Genel Görünümü

Şekil 23: Kınalıada'nın Batı Kısmında Yer Alan Heyelanın Kayma Yüzeyi

Şekil 24: Kınalıada'nın Güney Kısmında Yer Alan Heyelanlı Şevin Genel Görünümü

Şekil 25: Heybeliada'nın Batı Kısmında Yer Alan Heyelanlı Şevden Görünüm

Şekil 26: Heybeliada'nın Batı Kısmında Yer Alan Heyelanlı Şev Üzerindeki Çatlaklar

Şekil 27: Kınalıada'nın Batısında Yer Alan Heyelanlı Şevin Genel Görünümü

Şekil 28: Kınalıada'nın Batısında Yer Alan Heyelanlı Şevin Alt Kesiminin Görünümü

8.1.2.2. Potansiyel Heyelanlar

Heyelan blokları içerisinde, heyelan morfolojisi belirgin olmayan ve henüz hareket etkinliği olmamakla birlikte; jeolojik, morfolojik ve fiziksel etkilerin oluşması ya da insan kaynaklı müdahalelerin olumsuz stabilite koşulları yaratması durumunda duraysızlık kazanabilecek yamaçlar bu grupta değerlendirilmiştir.

Potansiyel heyelanlar, güvenlik faktörü ve tehlike durumu (risk derecesi) "$1.0 < Fs < 1.5$ ve Orta Risk (B_{SL})" ile "$Fs \geq 1.5$ ve Düşük Risk (C_{SL})" olan heyelan blokları ile temsil edilmektedir.

Yapılan araştırma ve analizlere göre; Adalar ilçe sınırlarında potansiyel heyelan alanları bulunmamaktadır.

8.2. Kaya Şevi Duraysızlığı (Kaya Ortamlar)

Kaya şevi duraysızlığı, belirli bir eğime sahip şevlerde yer alan ve dengede bulunan kaya tabakalarının duraylılığının (stabilitesinin) çeşitli etkilerle bozularak hareket etmesidir.

Kaya ortamları temsil eden bölgelerde kütle hareketlerine ait değerlendirmeler, genel tanımla proje alanındaki kaya tabakalarının yamaçlardaki hareket etme biçimlerini belirlemeye, depremsiz ve depremli durumdaki hareketleri ve duyarlılıklarını analiz etmeye yönelik olarak yapılmıştır.

Proje kapsamında yürütülen saha çalışmaları esnasında, farklı formasyonlara ait doğal ve yapay mostralardan, kaya tabaka ve eklemlerin doğrultu ve eğim yönleri ölçülmüştür. Burada amaç, kaya şevlerindeki olası stabilite sorunlu alanların tespit edilmesidir. Bu nedenle, bu aşamadaki ölçüm adetlerinin Schmidt Net çalışması yapmaya yetecek kadar olmasına özen gösterilmiştir. Her formasyon için, saha da ölçülen tabaka ya da eklemlerin doğrultu ve eğim yönleri Schmidt Net'te çizilmiş olup, tabaka ve eklemlerin hakim yönleri tespit edilmiştir. Kaya şevlerine yönelik olarak, kinematik analiz yöntemi uygulanmıştır. Kinematik analiz, *Kaya Kayması ve Kaya Devrilmesi* olarak değerlendirilen her şevde uygulanmıştır. *Kaya Düşmesi* ise arazi gözlemleri ile tespit edilmiştir. Stabil olmayan kayaların bulunduğu şevler potansiyel kaya düşmesi alanı olarak değerlendirilmiştir.

Bölge içerisinde yer alan ve potansiyel tehlike gösterdiği düşünülen 19 adet kaya şevi tespit edilmiş olup, bunlar hareket etme biçimine göre *"Kaya Düşmesi, Kaya Devrilmesi ve Kaya Kayması"* olmak üzere 3 grupta değerlendirilmiştir. Ayrıca, proje kapsamında yapılan analizlere göre, bu kaya şevleri tehlike sınıfı (risk derecesi) bakımından;

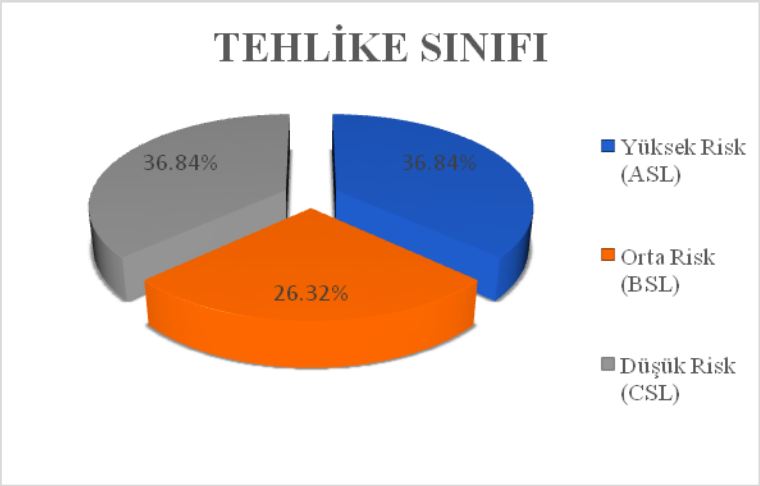
- Yüksek Risk (A_{SL})
- Orta Dereceli Risk (B_{SL})
- Düşük Risk (C_{SL})

olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır. Risk derecesi "Yüksek Risk (A_{SL})" olarak belirlenen şevler etkin, risk derecesi "Orta Risk (B_{SL})" ve "Düşük Risk (C_{SL})" olarak belirlenen şevler ise potansiyel şev duraysızlığı olan alanlar olarak gruplandırılmıştır.

Tespit edilen 19 adet kaya şevinin, her bir tehlike sınıfına karşılık gelen kaya şev duraysızlıklarının hareket tipine (düşme, devrilme, kayma) göre adedi (Tablo 15) ve yüzdelik dağılımları (Şekil 29) aşağıda belirlenmiştir.

Tablo 15: Tehlike Sınıfına Göre Şev Sayısı

TEHLİKE SINIFI	KAYA ŞEV DUYARSIZLIKLARININ HAREKET TİPİ VE SAYISI			YÜZDELİK DAĞILIM
	DÜŞME (ADET)	DEVRİLME (ADET	KAYMA (ADET)	
Yüksek Risk (A_{SL})	-	4	3	36,84%
Orta Risk (B_{SL})	-	2	3	26,32%
Düşük Risk (C_{SL})	1	-	6	36,84%
Toplam	**1**	**6**	**12**	**100,0%**



Şekil 29: Tehlike Sınıfına Göre Yüzdelik Dağılım

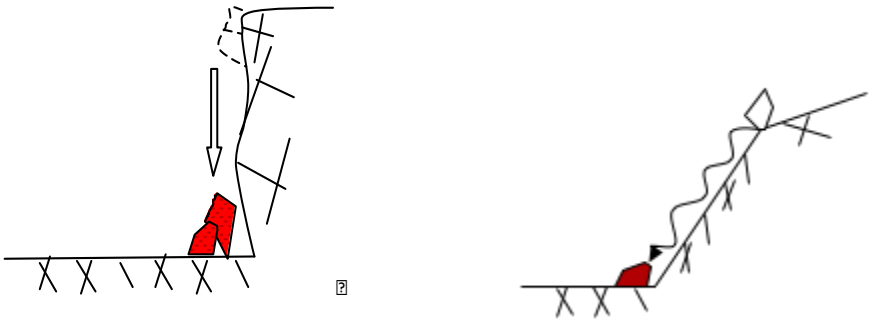
Yukarıda yapılan değerlendirme ve tanımlamalara göre, bölgede 19 adet kaya şevi duraysızlığı belirlenmiştir. Bunlardan tehlike derecesi "Yüksek Risk (A_{SL})" olarak temsil edilen 7 adet şev etkin, tehlike derecesi "Orta Risk (B_{SL})" ve "Düşük Risk (C_{SL})" olarak temsil edilen 12 adet şev ise, potansiyel kaya şevi olarak değerlendirilmiştir.

8.2.1. Hareket Tipine Göre Kaya Şevi Duraysızlığı

Bölge sınırları içerisinde tespit edilen ve potansiyel tehlike gösterdiği düşünülen kaya şevleri, hareket etme biçimine göre "*Kaya Düşmesi, Kaya Devrilmesi ve Kaya Kayması"* olmak üzere 3 grupta değerlendirilmiş olup, aşağıda ayrı ayrı tanımlama ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

8.2.1.1. Kaya Düşmesi

Kaya düşmesi, şevdeki sert kayaların ve aşınmış kaya parçalarının serbestçe düşmesi veya aşağı yuvarlanmasıdır (Şekil 30). Dik şevlerde ve kayalıklarda meydana gelir. Düşme yerçekimine bağlı olarak gelişir ve süreksizliklerin yayılımı ile kontrol edilir. Kaya düşmesi şevinin tehlike derecesi, şev yüksekliğine ve şev üzerinde stabil olmayan kayaların durumuna göre değerlendirilmiştir. Bölge sınırları içerisinde yapılan çalışmalarda, düşme tehlikesine sahip 1 adet kaya şevi lokasyonu belirlenmiştir. Büyükada'da yer alan ve potansiyel kaya düşmesi tehlikesi bulunan yamacın genel görünüşü Şekil 31'de verilmektedir.

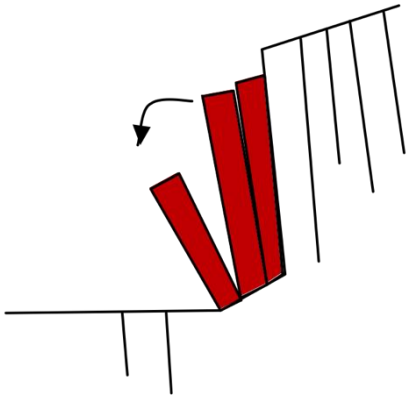


Şekil 30: Kaya Düşmesinin Şematik Gösterimi

Şekil 31: Büyükada'da Şev Üzerindeki Duraysız Kaya Blok

8.2.1.2. Kaya Devrilmesi

Kaya devrilmesi; kaya kütlesinin, kütlenin altındaki destek noktasından devrilmesidir (Şekil 32). Dik şevlerde ve kayalıklarda meydana gelir. Şev ardınca dik eğimli eklemler gelişmiştir.



Şekil 32: Kaya Devrilmesinin Şematik Gösterimi

Potansiyel kaya devrilmesi duraysızlığı olarak değerlendirilen şevler, öncelikle Schmidt Net analizi sonuçlarına, daha sonra saha araştırmasına ve kinematik analiz çalışmasına göre belirlenmiştir. Kinematik analiz sonucuna göre, bölge sahasında 6 adet kaya devrilmesi potansiyeline sahip kaya şevi belirlenmiştir. Belirlenen şeve ait örnekler aşağıda gösterilmektedir (Şekil 33, Şekil 34).

Şekil 33: Kınalıada'da Kaya Devrilmesine Ait Şevin Genel Görünümü

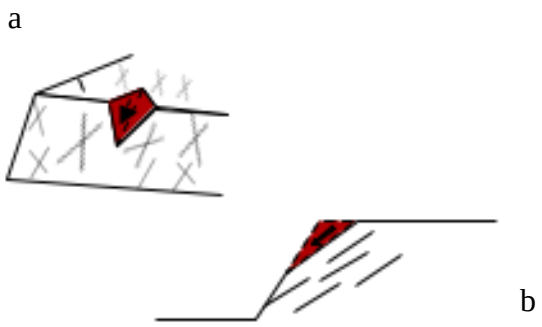
Şekil 34: Şevde Açık Süreksizlik Durumu

8.2.1.3. Kaya Kayması

Sert malzemeli kaya ortamlar ve eklemli kayalarda meydana gelmektedir. Potansiyel kaya kayması duraysızlığı olarak değerlendirilen şevler, öncelikle Schmidt Net analizi sonuçlarına, daha sonra saha araştırmasına ve kinematik analiz çalışmasına göre belirlenmiştir.

Seçilen şevlerdeki saha araştırmasına göre, açık çatlaklardan dolayı duraysız konumda bulunan şevler, kaya kayması duraysızlığı açısından potansiyel şev olarak değerlendirilmiştir. İlçe sınırları içerisinde, kaya kayması duraysızlığına ait 12 adet şev tespit edilmiştir. Bu şevler için, saha araştırması ile elde edilen detaylı bilgiler envanter kartlarında toplanmış ve kinematik analiz ile bu şevlerdeki potansiyel durum değerlendirilmiştir.

Kinematik analiz, kaya kayması bulunan şevlerinin her birinde ölçülen eklem verisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile kaya kaymaları, düzlemsel ve kama tipi olmak üzere 2 şekilde değerlendirilmiştir (Şekil 35). Bölgede belirlenen şevlere ait örnekler aşağıda gösterilmektedir (Şekil 36, Şekil 37, Şekil 38).



Şekil 35: Kaya Kaymasının (a.Kama ve b.Düzlemsel) Şematik Gösterimi

Şekil 36: Heybeliada'da Düzlemsel Kaya Kaymasına Ait Şevin Genel Görünümü

Şekil 37: Şev Üzerindeki Süreksizliklerin Görünümü

Şekil 38: Büyükada'da Kaya Kayması (Düzlemsel) Olarak Belirlenen Yapay Şev (Kesilmiş); Ozan Tepesi Volkaniti

8.2.2. Etkinlik Durumuna Göre Kaya Şevi Duraysızlığı

Bölgede tespit edilen ve potansiyel tehlike gösterdiği düşünülen kaya şevleri etkinlik durumuna göre 2 grupta değerlendirilmiş olup, aşağıda ayrı ayrı tanımlama ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

8.2.2.1. Etkin Kaya Şevi Duraysızlığı

Proje kapsamında yapılan araştırma ve analizlere göre, kaya şevleri içerisinde kayma morfolojisi belirgin olarak tanımlanabilen ve etkinliği devam eden alanlar bu grupta değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, günümüzde aktivite göstermeyen ancak analiz sonuçlarına göre risk derecesi "Yüksek Risk (A_{SL}) " olarak belirlenen şevler de etkin olarak tanımlanmıştır.

Yapılan araştırma ve analizler sonucuna göre; bölgede 7 adet etkin kaya şevi duraysızlığı belirlenmiştir.

Bölgede etkin kaya şevi duraysızlıkları; Kınalıada Formasyonu Gülsuyu ve Manastır Tepe Üyesi'nde gelişmiştir. Aşağıda bu şevlerde gelişen etkin kaya şev duraysızlığına ait örnekler gösterilmektedir (Şekil 39, Şekil 40).

Şekil 39: Kınalıada'da Etkin Kaya Devrilmesine Ait Şevin Görünümü

Şekil 40: Burgazada'da Etkin Kaya Kaymasına Ait Şevin Görünümü

8.2.2.2. Potansiyel Kaya Şevi Duraysızlığı

Kaya şevleri içerisinde, kayma morfolojisi belirgin olmayan ve henüz hareket etkinliği olmamakla birlikte; yapılan kinematik analizlere göre, mevcut özellikleri ya da deprem etkisiyle duraysızlık kazanma ihtimali bulunan kaya bloklarına sahip şevler bu grupta değerlendirilmiştir.

Yapılan araştırma ve analizler sonucuna göre, bölgede 12 adet potansiyel kaya şevi duraysızlığı belirlenmiştir. Bu kaya şevi duraysızlıkları; Kınalıada Formasyonu'nun Gülsuyu Üyesi ve Manastır Tepe Üyesi, Trakya Formasyonu, Ozan Tepesi Volkaniti, Pelitli Formasyonu'nun Sedef Adası Kireçtaşı Üyesi, Aydos Formasyonu'nun Ayazma Kuvarsit Üyesi ve Başıbüyük Üyesi'nde gelişmiştir. Belirlenen şevlere ait örnekler aşağıda gösterilmektedir (Şekil 41, Şekil 42).

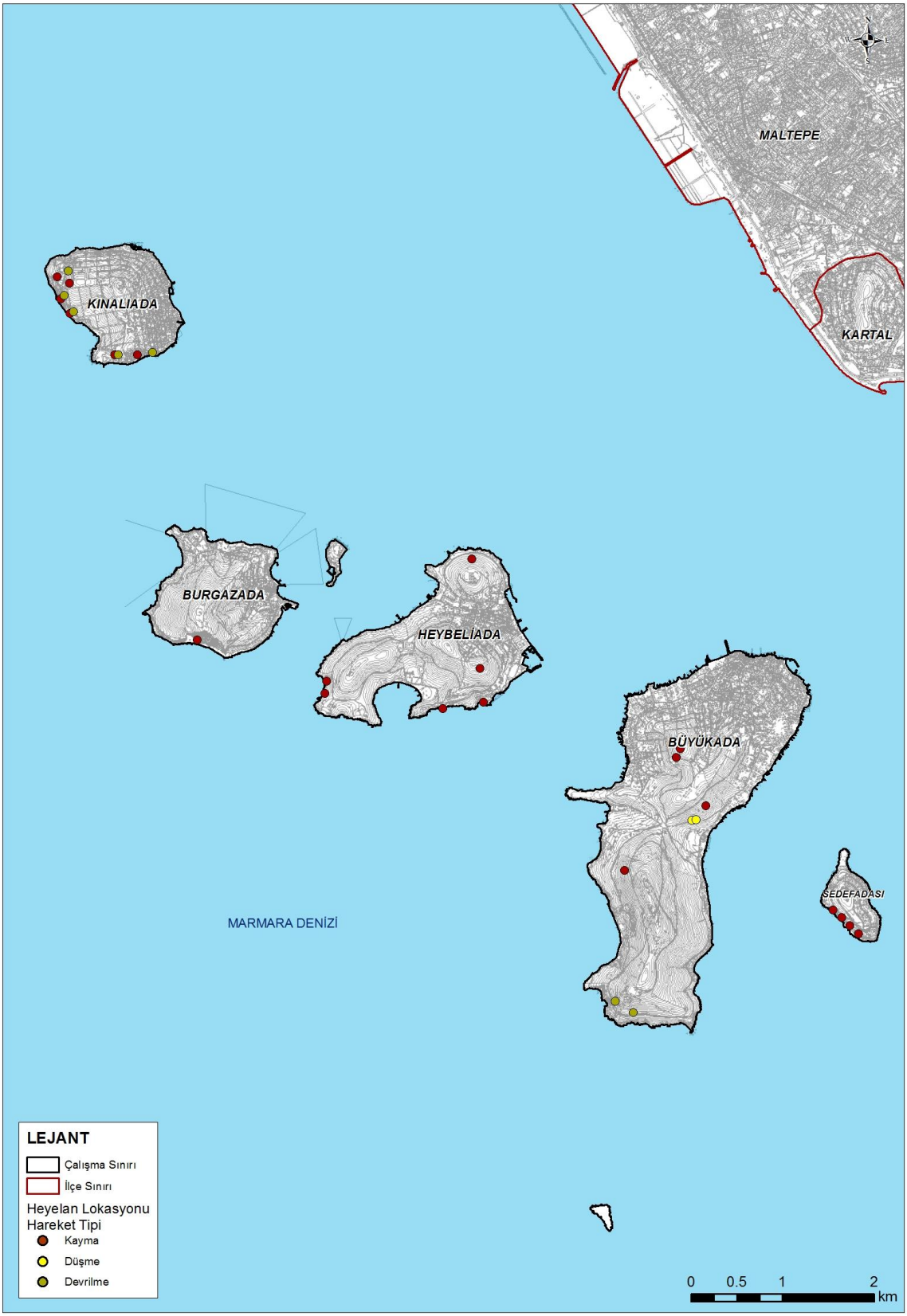
Şekil 41: Büyükada'da Potansiyel Şeve Ait Genel Görünüm

Şekil 42: Şev Yüzeyinden Görünüm

Yukarıda heyelanlar ve kaya şevi duraysızlığı olarak iki bölüm halinde açıklanan kütle hareketleri aşağıda birlikte değerlendirilmiştir.

8.3. Genel Şev Değerlendirmesi

Adalar ilçesinde gelişen kütle hareketleri, *Heyelan Bilgi Envanteri Projesi* kapsamında değerlendirilmiş olup, 24 adet lokasyon belirlenmiştir. Belirlenen lokasyonlar, hareket tipi ve etkinlik durumuna göre halihazır harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 43, Şekil 44).



Şekil 43: Hareket Tipine Göre Kütle Hareketleri Lokasyon Haritası

Şekil 44: Etkinlik Durumuna Göre Kütle Hareketleri Lokasyon Haritası

Belirlenen lokasyonlardan, zemin ortamlar ve zemin özelliği gösteren aşırı ayrışmış kayalarda 5 adet kütle hareketi, kaya ortamlarla temsil edilen yamaçlarda ise 19 adet kütle hareketi gelişmiştir.

Zemin ve kaya ortamlarda gelişen kütle hareketleri; hareket tipine göre 17 adet kayma, 6 adet devrilme ve 1 adet düşme şeklinde (Tablo 16), etkinlik durumuna göre etkin heyelanlar 12 adet, potansiyel heyelanlar ise 12 adet olarak belirlenmiştir (Tablo 17).

Tablo 16: Hareket Tipine Göre Kütle Hareketlerinin Sayısı

HAREKET TİPİ	KÜTLE HAREKETLERİ		TOPLAM
	HEYELAN (ZEMİN ORTAMLAR) SAYISI (ADET)	KAYA ŞEVİ DURAYSIZLIĞI (KAYA ORTAMLAR) SAYISI (ADET)	
KAYMA	5	12	**17**
DEVRİLME	_	6	**6**
DÜŞME	_	1	**1**
TOPLAM	**5**	**19**	**24**

Tablo 17: Etkinlik Durumuna Göre Kütle Hareketlerinin Sayısı

ETKİNLİK DURUMU	KÜTLE HAREKETLERİ		
	HEYELAN (ZEMİN ORTAMLAR) SAYISI (ADET)	KAYA ŞEVİ DURAYSIZLIĞI (KAYA ORTAMLAR) SAYISI (ADET)	TOPLAM
ETKİN	5	7	**12**
POTANSİYEL	_	12	**12**
TOPLAM	**5**	**19**	**24**

Bölgedeki belirlenen zemin ve kaya ortamlardaki kütle hareketlerinin lokasyonları hareket tipi ve etkinlik durumuna göre jeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir (Şekil 45, Şekil 46).

Şekil 45: Etkinlik Durumuna Göre Kütle Hareketleri Lokasyonlarının Jeoloji Haritası Üzerinde Gösterimi

Şekil 46: Hareket Tipine Göre Kütle Hareketleri Lokasyonlarının Jeoloji Haritası Üzerinde Gösterimi

Kütle hareketleri zemin ortamda Yamaç Molozu ve Yapay Dolgu ile kaplı yamaçlarda gelişmiştir. Kaya ortamlarda ise, Kınalıada Formasyonu'nun Gülsuyu Üyesi ve Manastır Tepe Üyesi, Trakya Formasyonu, Ozan Tepesi Volkaniti, Pelitli Formasyonu'nun Sedef Adası Kireçtaşı Üyesi, Aydos Formasyonu'nun Ayazma Kuvarsit Üyesi ve Başıbüyük Üyesi'nde gelişmiştir.

Bölgede kaya ortamlarda gözlenen heyelanların büyük çoğunluğunun Kınalıada Formasyonu'nda gelişmiş olduğu görülmektedir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

"İstanbul İli, Adalar İlçesi Heyelan Farkındalık Kitapçığı" adı altında hazırlanan bu kitapçık, *"İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Projesi (2020)"* kapsamında yer alan veriler doğrultusunda; Adalar ilçesinde tespit edilen kütle hareketleri (heyelan, kaya şevi duraysızlığı) bilgilerini içermektedir. Söz konusu veriler, Anadolu Yakası Mikrobölgeleme Projesi'ne ait heyelan araştırmalarından derlenip, güncellenmiş ve proje çalışmalarında değerlendirilmiştir.

Bu çalışma ile, bölgedeki heyelan tehlikelerine karşı farkındalık oluşturmak niyetiyle, yapılaşmış veya yeni yapılaşma düşünülen alanlarda, alınması gereken önlemlerin önceliklerini belirlemede yardımcı olunması amaçlanmıştır.

Proje kapsamında elde edilen verilerin, ilçeye özgün olarak analizleri yapılmış ve bahse konu ilçe ölçeğinde haritalar üretilerek, heyelanlar değerlendirilmiştir. Aşağıda, kitapçık içerisinde ayrıntılı bilgileri verilen konulara dair elde edilen sonuçlar, bunların değerlendirilmesi ve bu doğrultuda yapılan öneriler anlatılmaktadır.

Adalar ilçesi, İstanbul ilinin güneyinde ve Marmara Denizi içerisinde yer almakta olup, toplamda yaklaşık 1.135 hektar yüz ölçümüne sahiptir. Adalar, 28°58' ve 29°9' doğu boylamları ile 40°55' ve 40°49' kuzey enlemleri arasında konumlanmakta olup, en yüksek yeri 202 metre ile Yüce Tepe'dir. Bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 16,03ºC, yıllık yağış miktarı ise 273,2 kg/m²dir.

Adalar ilçesi genel olarak %30 un üzerinde eğimli bir araziye sahiptir. Ancak, bu alanlar daha çok orman içinde ve deniz kıyısında kalmaktadır. Büyükada'da 41,58 hektar, Heybeliada'da 8,59 hektar, Burgazada'da 24,16 hektar ve Kınalıada'da 14,56 hektar alan %30'un üzerinde eğime sahiptir.

"Yapılan çalışmalarda, duraysız şevlerin bölgedeki yüksek yerlerde ve genellikle kıyı kesimlerde yoğunlaşmış olduğu görülmüştür. Yamaçlar eğim yönünden daha hassas durumda olup, bölgedeki duraysız şevler bu kesimlerdeki eğim değeri % 30'dan fazla olan yamaçlarda yoğunlaşmaktadır".

"Bu bölgelerin yapılaşmış ya da yeni yapılaşmaya açılacak kısımlarında, şevler için ayrıntılı analizleri içeren araştırmaların titizlikle yapılması önerilmektedir".

Adalar geneline Paleozoik, Mezozoik ve Senozoik yaşlı jeolojik birimler yayılmıştır. Paleozoik yaşlı kaya birimler, İstanbul Birliği olarak tanımlanan kaya-stratigrafi topluluğu içerisinde yer almakta ve istif, Ordovisiyen'den Karbonifer'e kadar çökelim sunmaktadır. Mezozoik yaşlı birim Üst Kretase volkaniti, Senozoik yaşlı birimler ise Tersiyer ve Kuvaterner çökelleri ile temsil edilmektedir.

Jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru; Kınalıada Formasyonu (Ok), Aydos Formasyonu (OSa), Yayalar Formasyonu (OSy), Pelitli Formasyonu (SDp), Pendik Formasyonu (Dp), Denizli Köyü Formasyonu (DCd), Trakya Formasyonu (Ct), Ozan Tepesi Volkaniti (KTo), Kuşdili Formasyonu (Qkş), Güncel Birikintiler (Qg), Plaj Birikintisi (Qp), Yamaç Molozu (Qy) ve Yapay Dolgu (Yd) olarak sıralanmaktadır.

"Bölgedeki zemin ortamlarda gelişen şev duraysızlıkları yamaç molozu ve yapay dolgular üzerinde gelişmiştir. Kaya ortamlarda gelişen duraysızlıklar ise Kınalıada Formasyonu'nun Gülsuyu Üyesi ve Manastırtepe Üyesi, Trakya Formasyonu, Ozan Tepesi Volkaniti, Pelitli Formasyonu'nun Sedef Adası Üyesi, Aydos Formasyonu'nun Ayazma Kuvarsit Üyesi ve Başıbüyük Üyesi ile kaplı yamaçlarda görülmektedir. Bunların ise büyük çoğunluğu Kınalıada Formasyonu'nu temsil eden birimlerin bulunduğu yamaçlarda gelişmiştir.

Bölgedeki jeohidrolik özelliklere göre belirlenen hidrojeolojik ortamlar; çoğunlukla yamaç molozu ile kaplı alanlarda geçirimli taneli ortamlar (Gçt) ve yarı geçirimli taneli ortamlar (gçt) ile yarı geçirimsiz (gz) ve geçirimsiz ortamlar (Gz)'dan oluşmaktadır.

Bölgenin, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'na göre Kuzey Anadolu Fay Hattı'na yakın olması sebebiyle deprem tehlikelerinin daha yüksek olabileceği ifade edilebilir.

"Heyelanların, tetiklenme nedenlerinden birinin depremler olduğu düşünüldüğünde, Adalar ilçesi için heyelanlara karşı önlem almanın daha da önemli hale geldiği ve yapılaşmış alanlarda zemin göçme ve kaymalarının araştırılması gerektiği düşünülmelidir".

İlçe sınırları içerisinde yer alan ve zemin ve kaya ortamlarda gelişen kütle hareketlerinin lokasyonları, özellikleri ve toplanan verileri, kitapçık içeriğinde ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Adalar'daki kütle hareketleri, heyelanlar (zemin

ortamlar) ve kaya şevi duraysızlığı (kaya ortamlar) olmak üzere 2 farklı alanda gelişmişlerdir.

Bölge sahasını oluşturan zemin ortamlardaki heyelanlar 5 lokasyonda ve kaya ortamlardaki şev duraysızlıkları 19 lokasyonda olmak üzere, toplam 24 yamaçta kütle hareketleri gelişmiştir. Şev duraysızlıkları 6 adet yamaçta devrilme, 1 adet yamaçta düşme ve 17 adet yamaçta ise kayma şeklinde hareket özelliğine sahiptir. Zemin ortamlar ile temsil edilen şevlerdeki heyelanların tamamı (5 adet) etkin olup; kaya ortamlar ile temsil edilen 19 adet şevin ise, 7 adedi etkin, 12 adedi potansiyel kaya şevi duraysızlığına sahiptir.

"Bölgede yer alan ve etkin olduğu tespit edilen kütle hareketlerinin çoğunluğu Kınalıada'da yer alan ve kıyıya komşu yamaçlarda görülmektedir. Potansiyel kütle hareketlerinin bulunduğu yamaçlar ise, Büyükada, Heybeliada ve Sedef Adası içerisindeki yamaçlarda yer almaktadır. Bu ve benzeri jeolojik ve morfolojik özelliğe sahip yamaçların daha ayrıntılı araştırılması ve yapılaşma olan kısımlarda gerekli teknik incelemelerin yapılması, depremsiz ve depremli durumlar için yamaç stabilitesine yönelik ayrıntılı araştırma ve analizler yapılmadan yeni yapılaşmalara karar verilmemesi can ve mal güvenliği bakımından önem arz etmektedir".

KAYNAKÇA

İBB (2007). İstanbul Avrupa Yakası Güneyi Mikrobölgeleme Projesi Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü.

İBB (2010). İstanbul Anadolu Yakası Güneyi Mikrobölgeleme Projesi Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü.

İBB (2010). 1/5000 ölçekli Adalar Koruma Amaçlı Nazım İmar Planı Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı, Şehir Planlama Müdürlüğü.

İBB (2011). İstanbul İl Alanının Jeolojisi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü.

İBB (2017). İstanbul İli, 1/25.000 Ölçekli Arazi Kullanımına Esas Jeolojik Etüt Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü.

İBB (2020). İstanbul İli, Heyelan Bilgi Envanteri Projesi Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü.

İstanbul Çevre Durum Raporu, (2010-2011).

Kalafat, D. (2011). Marmara Bölgesinin Depremselliği ve Deprem Ağının Önemi 1.TDMSK, Ankara.

Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R. ve Tok, B. (2001). The Active Main Marmara Fault: Earth and Planetary Science Letters 192, 595-616.

MTA (2009). Heyelan Envanteri Projesi, Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü.

Özçep, F. Zemin Jeofizik Analizi Excel Programı.

Parsons, T. (2004). Recalculated probability of M≥7 Earthquakes Beneath the Sea of Marmara,Turkey, J. Geophys. Res., 109, B0534, doi:10.1029/2003JB002667.

Telli, S. ve Ekinci, D. (2012). "İstanbul Adaları'nın Jeomorfolojisi", III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 142-160, Hatay.

TOBB (2007). Türkiye Madencilik Sektör Raporu, TOBB Madencilik Sektör Meclisi.

http://www.adalar.bel.tr

https://www.afad.gov.tr

https://akom.ibb.istanbul

https://www.mta.gov.tr

https://www.ogm.gov.tr

https://www.turkiye.gov.tr/

https://tr.wikipedia.org

EKLER

EK 1: ADALAR İLÇESİ ETKİNLİK DURUMUNA GÖRE HEYELAN HARİTASI

EK 2: ADALAR İLÇESİ HAREKET TİPİNE GÖRE HEYELAN HARİTASI

EK 1: Adalar İlçesi Etkinlik Durumuna Göre Heyelan Haritası

EK 2: Adalar İlçesi Hareket Tipine Göre Heyelan Haritası

İSTANBUL
BÜYÜKŞEHİR
BELEDİYESİ