

İstanbul'da Madencilik Faaliyetleri Nedeni ile Oluşan Riskli Zemin Alanlarının Belirlenmesi

Z. Damla Uça Avcı*

İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi

21.06.2019 Geliş/Received, 27.11.2019 Kabul/Accepted

Öz

Açık işletme madenciliği faaliyetleri sonrası yer yüzeyinde büyük çukurlar meydana gelmektedir. Bu alanlar doldurulmadığında denge profiline kavuşmadıklarından dolayı heyelanlara yol açmakta, fay bölgelerine yakın olanları ise deprem durumunda tehlike arz etmektedir. Boş bırakılan bu alanların yağışlarla dolması toksik atık içermeye ihtimali olan yapay göletler meydana getirmekte ve çevresel risk oluşturmaktadır. Bu gibi tehlike arz eden olaylara zemin hazırladıkları için, bu alanların faaliyetler sonrası doldurulması, rehabilitasyonu ve denetimi gerekli ve çok önemlidir. Bu çalışmada, İstanbul ili Avrupa yakasında Karadeniz kıyısına yakın maden işletmeciliği yapılan bölgenin, yaklaşık 25 yıllık bir süreci, 3 sene aralıkla alınan uydu verileri ile analiz edilerek, bu süreçte maden ocağı olarak açılmış, açıldıktan sonra doldurulmuş veya yapay gölet olarak kalmış alanlar çıkartılarak, İstanbul'daki riskli zemin bölgeleri ortaya konmuştur. Çalışmada yapay göletler NDWI ve MNDWI indeks görüntüleri hazırlanarak elde edilmiş ve vektör formata çevrilmiştir. Çıkartılmış olan riskli zemin alanlarının, İstanbul yerleşim ve yapılaşmasının kuzey kesimlere kaymasından önce, güvenlik şartlarının gerektirdiği şekilde doldurulması ve bölgenin yeni yerleşim ve kullanım faaliyetlerine uygun olarak hazırlanması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İstanbul, maden ocağı, MNDWI, NDWI, yapay gölet, zemin.

Determination of Unsafe Ground due to Mining Activities in Istanbul

Abstract

Large pits occur on land surface after open pit mining activities are completed. When these areas do not have an equilibrium profile due to not being filled, they may cause landslides. In addition to this, being close to the fault areas increase a significant danger in case of an earthquake. Filling of these areas with rainfall creates artificial ponds that may contain toxic waste which poses other kinds of environmental risks. These fields should be filled, rehabilitated and controlled after the mining activities are completed, and meet the safety requirements for subsequent use of the sites. In this study, the mining region near the Black Sea coast, on European side of Istanbul, was analyzed with satellite data acquired for about 25-years taken at 3-year intervals. In the study, artificial ponds were obtained by preparing NDWI and MNDWI index images and converting the pond areas into vector format. The

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Z. Damla Uça Avcı
(e-posta: ucaavci@itu.edu.tr)

unsafe ground areas were obtained and it is concluded that these areas should be filled as required by the security conditions, and be prepared in accordance with the new settlement and land-use activities of the region before the city construction shifts to the northern parts.

Keywords: artificial lake, ground, Istanbul, MNDWI, NDWI, open-pit.

1. Giriş

Doğada bulunan ve toplumun hem ihtiyaçlarının giderilmesini hem de amaçlarının gerçekleştirilmesini olanaklı kılan malzeme ve araçlara doğal kaynak adı verilir (Başol, 1991). Madenler, su, bitki örtüsü, hayvan toplulukları, toprak, güneş gibi pek çok doğal kaynak insanlar tarafından değerlendirilmekte, üretim ve tüketimde kullanılmaktadır (Başol ve ark., 2005). Çoğu zaman doğal kaynakların elde edilmeleri ve kullanılmaları sırasında doğa tahrip edilmektedir. Doğanın tahrip edilmesi ve endüstriyel faaliyetlerin çevre üzerinde geçici veya kalıcı etkiye sahip olmaları önemli bir çevre sorunudur (Şimşir ve ark., 2007). Bir diğer sorun ise insanların sınırsız ihtiyaçları düşünüldüğünde doğal kaynakların çoğunun sınırlı olmasıdır (Arslan, 2014). Çevresel sorunları en aza indirmek için, doğal kaynakların elde edilmesi amacıyla tahrip edilen bölgelerin rehabilitasyonunu sağlamak ve doğal kaynakları gelecek kuşaklar için de kullanılabilir olması amacıyla sürdürülebilirlik anlayışı ile işletmek gerekmektedir (Arslan, 2014).

Doğal kaynak kullanımının önemli aktivitelerinden biri olan madencilik, hem faaliyet aşamasında hem de sonrasında doğanın eski haline getirilmemesi nedeni ile birçok çevresel riske yol açmaktadır. Madencilik faaliyetlerinin çevreye verdiği zararlı etkiler olarak, doğal yapının bozulması, topoğrafyanın değişmesi, bitki örtüsünün kaldırılması, derelerin ve akarsuların kaybolması, doğal yaban hayatın sonlandırılması, arazi kullanımının değişmesi, insan sağlığına zararlı toz ve gaz emisyonu, katı ve sıvı tehlikeli proses atıklarının üretilmesi, bölgenin sosyo-ekonomik yapısının değişmesi, görsel kirlilik ve gürültü sayılabilir.

Ülkemizde yer altı maden işletmeciliğinin tehlikeli ve pahalı olması sebebi ile 1970'li yıllardan itibaren madencilik yöntemi olarak açık ocak işletmeciliği daha çok tercih edilmiştir (Özbey, 2005). Açık ocak madencilik faaliyetlerinin yaygınlaşması ile taş ocakları sayısı artmıştır (Cındık ve Acar, 2010). Maalesef, Türkiye'de çok sayıda açık maden işletmeciliği, rehabilitasyon ve sürdürülebilirlik kavramlarına uygun olmayan şekilde faaliyetlerini yürütmektedir. Bunun en belirgin göstergesi, çoğu bölgede faaliyet alanlarının hiçbir çalışma yapılmadan sonlandırılarak kendi haline terk edilmesidir (Cındık ve Acar, 2010).

Açık işletme madencilik faaliyetleri sonrası bırakılan şevler, büyük çukurlar meydana getirmektedir (Özbey, 2005) Bu çukurların yağışlarla dolması sonucu yapay göletler oluşmakta ve göl suları madencilik faaliyetleri sırasında kullanılan toksik atıkları içermektedir. Dünyanın birçok yerinde eski maden ocaklarının oluşturduğu yapay göletlerde toksik atık bulunmuş olması (Khan ve ark., 2008; Wuana ve Okieimen, 2011), toksik göl sularının zamanla yeraltı suları ile karışması riskini getirmekte ve dolaylı bir zarar görme durumunu barındırmaktadır (WTW, 2016). Göl suyundan yararlanmak isteyen hayvanlar, bölgeye yakın tarım alanlarında yetişen bitkiler, bunlar aracılığı ile ya da sudan direkt olarak yararlanmak isteyen yerel halk için tehlike oluşturan bu durum, göletlerin belirli periyotlar ile denetlenmesi gerekliliğini açıkça göstermektedir.

Bu alanların doldurulmaması sonucu meydana gelen bir diğer sorun da heyelanlardır. Terk edilmiş kömür ocaklarında şev açıları denge profiline kavuşmadıklarından dolayı heyelanlara

yol açabilir (Bayrakdar ve Döker, 2011). Ayrıca, doldurulmamış eski ocak alanlarının sismik risk bölgelerinde olanları ise deprem durumunda önemli tehlike arz edebilir. Faaliyet sonrası rehabilitasyon kapsamında duvarları hafriyat malzemesi ile inşa edilerek barajlara dönüştürülen göletlerin ise aşırı yağış ya da deprem durumunda zarar gördüğü ve çevre için tehlike arz ettiği görülmüştür (WTW, 2016).

Bu ana sorunların yanı sıra pek çok farklı çevre sorununa da sebep olan açık bırakılmış ocak alanları ve yapay göletler göstermektedir ki madencilik faaliyetleri sırasında kazılan toprağın belli bir düzende stoklanması ve faaliyetler tamamlandıktan sonra oluşan çukurun tekrar doldurulması çok önemlidir (Ünver ve Kara, 1994). Doldurulma işlemi yapıldığında dahi bölgenin zemin stabilitesi açısından risk barındırmakta olduğu göz önünde tutulmalı, güvenlik sınırları bölgenin yeni kullanım amacına göre mutlaka değerlendirilmelidir.

Gerek madencilik faaliyetlerinin işletilirken izlenmesi gerek faaliyetler sonrası bölgedeki çevresel etkilerin araştırılması için uzaktan algılama teknikleri etkin olarak kullanılabilir (Özelkan ve ark., 2011). Uzaktan algılama uzun zamandır uzmanlar tarafından kıyı değişimlerini incelemek için de kullanılmaktadır (Sabuncu ve ark., 2018). Ayrıca literatürde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin farklı çalışma alanlarında risk analizlerinin yapılması için yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Geiss ve Taubenböck 2013; Görüm ve ark., 2016; Brakenridge, 2019).

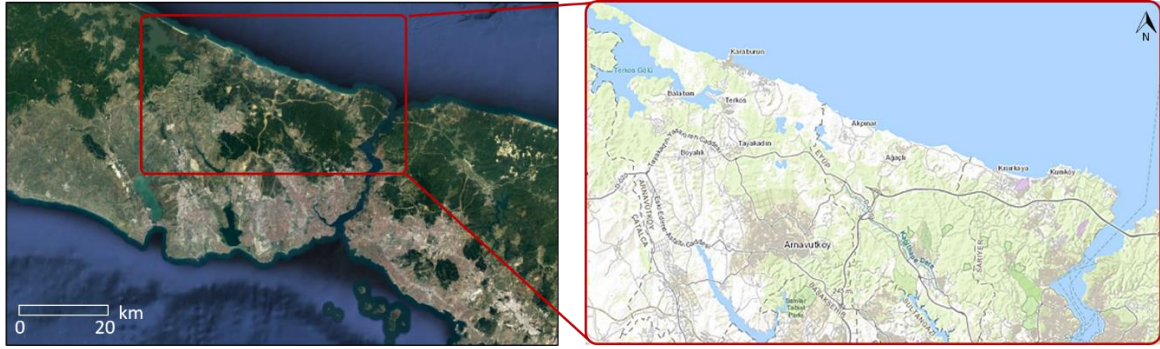
Bu çalışmada, İstanbul Avrupa yakasında açık madencilik yapılan bölgenin 25 yıllık süre için 3 sene aralıklar ile alınan uydu verileri uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemleri ile analiz edilerek bölgenin riskli zemin haritası oluşturulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

15 milyonluk nüfusu ile Türkiye popülasyonunun %18'i barındıran İstanbul, Avrupa'nın en önemli metropolüdür; aynı zamanda ticari, ekonomik, tarihi ve sosyo-kültürel açıdan Türkiye'nin en önemli şehridir. İstanbul yerleşimi yoğun olarak şehrin güneyinde bulunup, kentin Karadeniz kıyısında yer alan kuzey kısımları daha kırsal ve ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Türkiye madencilik saha rezervleri içinde %91'lik rezerv oranı ile birinci olan İstanbul'un (Ulusoy ve Ayaşlıgil, 2012) kıyı bölgesine yakın kesimlerinde 1970'lerden itibaren açık maden işletmeciliği yapılmaktadır (Uça Avcı ve ark., 2011).

Çalışma alanı olarak seçilen bölge 41°23'36"K, 28°31'26"D ile 41°06'17"K, 29°07'13"D arasındaki bölge olup Arnavutköy, Eyüp ve Sarıyer ilçe sınırları içerisine girmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çalışma alanı (Google Earth Pro © ve ESRI ArcGIS © haritalarından üretilmiştir)

Bu bölgedeki arazi kıyıdan itibaren hafif bir eğimle 200-250 m'ye yükselen pliosen I tortullarından oluşmuş olup altında mercerler halinde linyit kömürü yatakları bulunmaktadır (Kantarıcı, 2005). Linyit yataklarına ulaşmak için bölgede 100-120 m'ye kadar derin çukurlar kazılmış, kazı materyali de işletmeler tarafından çevredeki en yakın dere vadisine veya bir önceki ocağın çukuruna yığılmıştır (Kantarıcı, 2005). Bölgede madencilik faaliyetleri süresince oluşmuş çok sayıda yapay gölet bulunmaktadır (Turnacıgil, 2008; Uça Avcı ve ark., 2011). Ayrıca, maden alanlarından çıkartılan hafriyatın kıyıya yığılması ile kıyı çizgisinde de önemli derecede değişimler meydana gelmiştir (Uça ve ark., 2006).

2.2. Kullanılan Veriler ve Yazılımlar

Bölgenin durumu, 1995-2019 yılları arasında, 3 sene aralıkla alınan verilerin yer aldığı bir veri seti ile, yaklaşık 25 senelik bir süreç için incelenmiştir. Kullanılan veriler Çizelge 2.1'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Kullanılan verilerin alındığı Landsat uydusu ve görüntü alım tarihleri

Landsat uydu no	Görüntü alım tarihi
L 5	Mayıs 1995
L 5	Ağustos 1998
L 5	Haziran 2001
L 5	Ağustos 2004
L 5	Mayıs 2007
L 5	Eylül 2010
L 8	Temmuz 2013
L 8	Temmuz 2016
L 8	Mayıs 2019

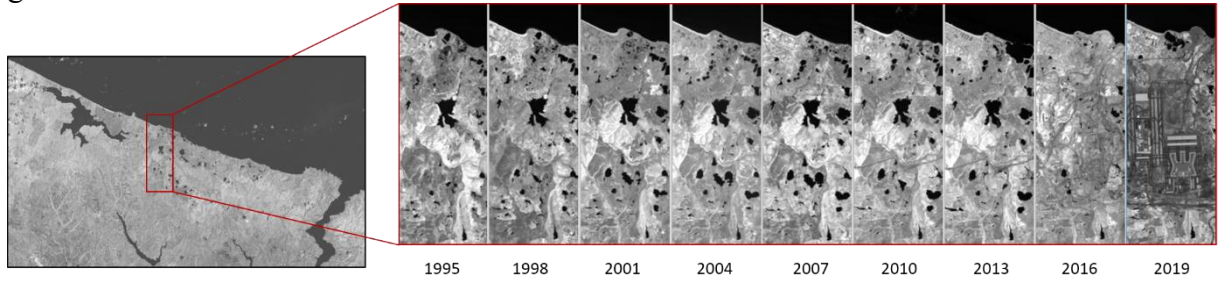
Uygulamada, görüntü zenginleştirme ve indeks görüntülerini elde etme işlemleri için ENVI version 4.8 (Exelis Visual Information Solutions, Boulder, Colorado), nesne tabanlı sınıflandırma işlemi için eCognition Developer (Trimble Geospatial), coğrafi bilgi sistemleri ve mekânsal analiz işlemleri için QGIS Geographic Information System (Open Source Geospatial Foundation Project) yazılımları kullanılmıştır.

2.3. Yöntem

Analizler için raster ve vektör veri setleri kullanılmıştır. Öncelikle verilerin hazırlanması aşaması gerçekleştirilmiştir.

Raster veri setinin oluşturulması: Landsat uydu verileri, nadirden alınmış olmaları nedeni ile geometrik doğrulukları yüksek şekilde birbirleri ile karşılaştırılmıştır (0.1>Karesel Ortalama Hata). Bunun yanı sıra, veri seti hazırlanırken görüntü histogramındaki minimum yansıtım değerleri yani çok koyu renkte olan alanlarının kullanıldığı ve bu yansıtım değerlerinin her bir bant için tüm piksel değerlerinden çıkarıldığı en koyu piksel değerinin çıkartılması yöntemi uygulanmıştır. Histogram zenginleştirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi ile görüntülerin radyometrik ve spektral olarak mümkün olan en uyumlu hale getirilmesi sağlanmıştır. Daha sonra dokuz farklı tarihli Landsat görüntüsü birleştirilerek raster veri seti oluşturulmuştur.

Şekil 2.2’de çalışma alanı kapsamındaki bir bölgenin 9 farklı tarihteki kızılötesi band verisi gösterilmektedir.



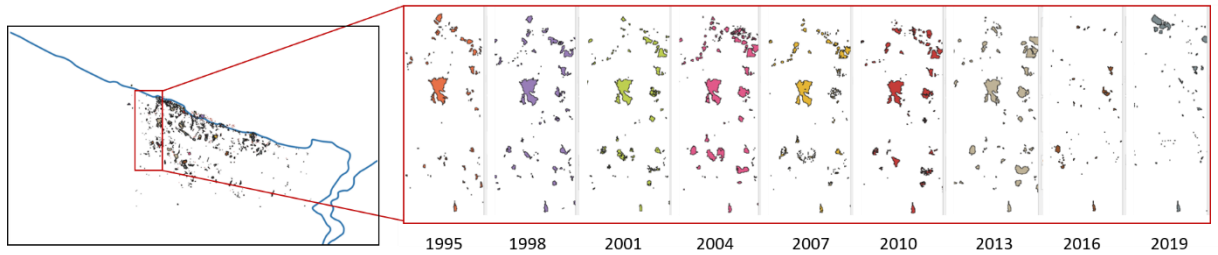
Şekil 2.2. Belirli bir bölgenin farklı tarihler için kızılötesi band görüntüleri

Vektör veri setinin oluşturulması: Farklı tarihlerde alınmış uydu görüntülerinden öncelikle indeks görüntüleri oluşturulmuştur. Su alanlarını çıkartmak için kullanılan indeks görüntüleri oluşturulurken Landsat 5 görüntüleri için Xu (2006) tarafından verilen formül (Eşitlik 1) ve Landsat 8 görüntüleri için Gao (1996) tarafından verilen formül (Eşitlik 2) uygulanmıştır.

$$\text{MNDWI} = (\text{yeşil} - \text{orta kızılötesi}) / (\text{yeşil} + \text{orta kızılötesi}) \quad (1)$$

$$\text{NDWI}_{\text{GAO}} = (\text{yakın kızılötesi} - \text{kısa kızılötesi}) / (\text{yakın kızılötesi} + \text{kısa kızılötesi}) \quad (2)$$

Daha sonra eşik değer yöntemi ile su alanları çıkartılmış ve vektör formata aktarılmıştır. Şekil 2.3’te çalışma alanı için elde edilen farklı senelere ait su alanları 9 adet vektör katman olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Belirli bir bölgedeki su alanlarının farklı tarihler için vektörel gösterimi

Daha sonra İmrahor Göleti, Ayvat Göleti gibi doğal su alanları çıkartılmış, tespitteki hataların giderilmesi amacı ile vektör katmanlar görsel analiz ile kontrol edilerek düzeltmeler yapılmıştır.

Bölgedeki yapay göletlerin oluşturduğu risk alanlarını çıkartmak ve değerlendirmek için CBS ortamında aşağıda verilen yöntemler uygulanmıştır:

2.3.1. Su Alanlarının Tespiti ve Zamansal Değişimi

Yaklaşık 25 senelik süreci yansıtmak üzere üç sene aralıkla alınan tüm uydu görüntülerinde yapay göletlerin sayısı ve toplam alanı hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Bulgular, su alanlarının zamansal değişimini yorumlamak üzere değerlendirilmiştir. Ayrıca, alansal büyüklüklerin ilçeler bazındaki dağılımını elde etmek üzere ilçe katmanı oluşturulmuş ve çalışma bölgesindeki ilçe sınırları içine düşen yapay gölet alanları çıkartılmıştır. Toplam yapay gölet alanlarında görülen değişimin eğilimini anlamak üzere her sene için üç sene önceki yapay gölet alanı baz alınarak, yüzdesel değişim miktarı bulunmuştur.

2.3.2. Riskli Zemin Alanlarının Belirlenmesi

Öncelikle, 25 senelik süreçte en az bir kez su alanı olarak tespit edilmiş alanlar çıkartılmıştır. Her sene için ayrı ayrı saptanan yapay gölet alanları, tek bir katmanda birleştirilerek “riskli zemin alanları”; ve vektör poligonların ağırlık merkezleri belirlenerek “riskli alan merkezleri” elde edilmiştir. Bir diğer analiz olarak, yapay gölet alanlarına 200 m uzaklık hattı ile oluşturulan tampon bölgeler elde edilmiş ve bu alanlar “genişletilmiş riskli zemin alanları” olarak tanımlanmıştır.

2.3.3. Riskli Zemin Alanlarının Yerleşim Alanları İle Çakıştırılması

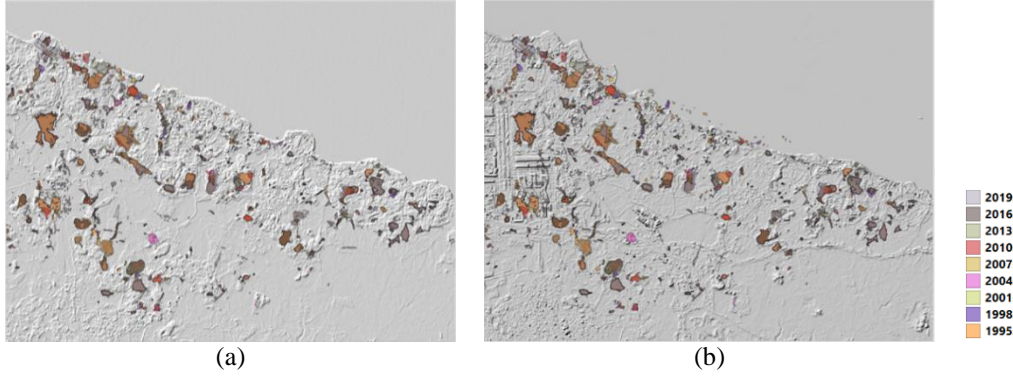
Genişletilmiş riskli zemin olarak belirlenen bölgeler, en güncel veri olan 2019 uydu verisinden nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile elde edilen yerleşim sınıfı ile çakıştırılmıştır.

Kullanılan sınıflandırma yöntemi gereği, öncelikle kullanılan görüntü segmentasyon işlemi ile görüntü nesnelere ayrılmış, daha sonra sınıflandırma işlemi yapılmıştır. İki katmanlı olarak gerçekleştirilen sınıflandırmada, segmentasyon ölçeği parametresi katman 1 için 1000, katman 2 için 50 olarak seçilmiş; şekil, renk, pürüzsüzlük ve yoğunluk parametreleri hem katman 1 hem de katman 2 için sırası ile 0,1, 0,9, 0,5, 0,5 olarak görsel analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Görüntü nesnelere, katman 1’de ve katman 2’de yapılan sınıflandırmalarda bulut, gölge, yerleşim, yol, su alanı, çıplak arazi, toprak alan, bitki örtüsü, ve orman olarak belirlenen sınıflara atanmıştır. İkinci seviye sınıflandırma ile, daha küçük nesnelere oluşan sınıfların birinci seviye sınıflandırma sonucunda görülen ölçek kaynaklı sınıflandırma hataları düzeltilmiş, aynı zamanda birinci seviye sınıflandırmada doğru saptanan büyük nesnelere sınıflardan bazıları ikinci seviyeye direkt aktarılarak, zamandan tasarruf edilmiştir. Sınıflandırma doğruluğu 0,9 olarak bulunan yerleşim sınıfı, riskli bölgeler ile çakışan yerleşim alanlarının belirlenmesi analizi için vektör formata dönüştürülerek CBS ortamına aktarılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

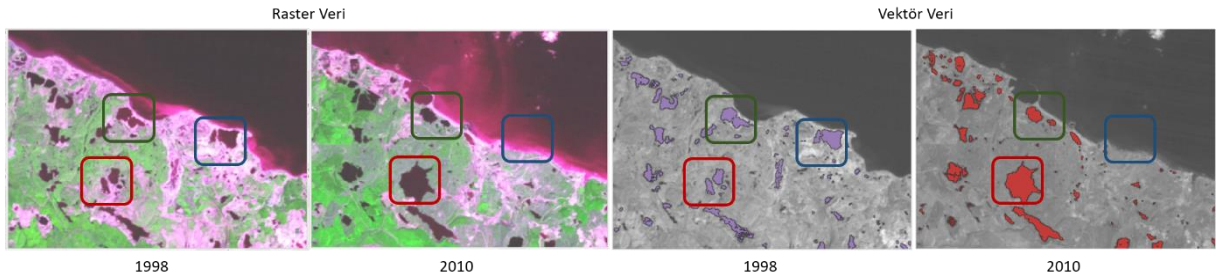
3.1. Genel Değerlendirme

Tüm tarihler için ayrı ayrı hazırlanan su katmanları Şekil 3.1a’da 1995, 3.1b’de ise 2019 uydu görüntüsü üzerinde verilmektedir.



Şekil 3.1. Gölgeleştirilmiş a) 1995 ve b) 2019 uydu verisi üzerinde vektörel su alanları

Zaman içerisinde su alanlarında meydana gelen değişimler incelendiğinde görülmektedir ki, bölgede faaliyetlerin devam ettiği süreçte, bazı yapay göletler zamanla yakınındaki bir başka gölet ile birleşmiş (Şekil 3.2, kırmızı) ya da genişlemiş, bazıları ise diğer madenlerin açılması sırasında çıkan hafriyat ile doldurularak alansal olarak küçülmüş (Şekil 3.2, yeşil) ya da tamamen kapanmıştır. Bunun yanı sıra dökülen hafriyatın denizde oluşturduğu yeni kara parçası üzerinde ortaya çıkan bazı yapay göletler, bir süre sonra dalgaların etkisiyle deniz ile birleşerek yok olmuşlardır (Şekil 3.2, mavi).



Şekil 3.2. 1998-2010 aralığında göletlerde meydana gelen değişimler (Kırmızı: genişleme, yeşil: küçülme, mavi: ortadan kalkma)

3.2. Mekansal Analiz Bulguları

3.2.1. Su Alanlarının Tespiti ve Zamansal Değişimi

İzlenen süreçte üç sene aralıkla alınan uydu görüntülerinde tespit edilen yapay göletlerin sayısı ve hesaplanan toplam alan Çizelge 3.1'de verilmektedir.

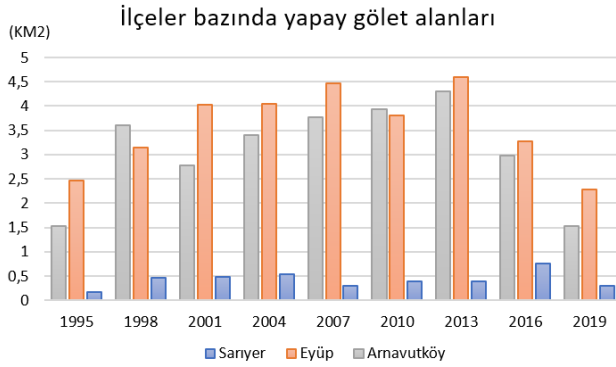
Çizelge 3.1. Farklı tarihlerde bölgede saptanan yapay göletlerin sayısı ve toplam alanı

Yapay gölet /Yıl	1995	1998	2001	2004	2007	2010	2013	2016	2019
Toplam sayı	306	316	241	254	244	278	282	557	262
Toplam alan (km ²)	4,19	7,14	7,21	7,90	8,48	8,06	8,98	6,83	4,15

Oluşan yapay göletlerin zaman içerisindeki değişimleri incelendiğinde en dikkat çeken bulgu yapay gölet sayısının 2016 yılındaki artışıdır. Ancak veriler, aynı sene yapay gölet alanlarının alansal olarak azalma eğilimine girdiğini ve sonraki dönemde de alansal azalmanın devam ettiğini göstermektedir. Görüntüler ve vektör katmanlar incelendiğinde, bu duruma bölgede 2015 başları itibarı ile başlayan 3. Havalimanı inşaatının önemli derecede etkisi olduğu görülmüştür. Havalimanı için ayrılan yaklaşık 76,5 km²'lik alanda ilk aşamada çok sayıda

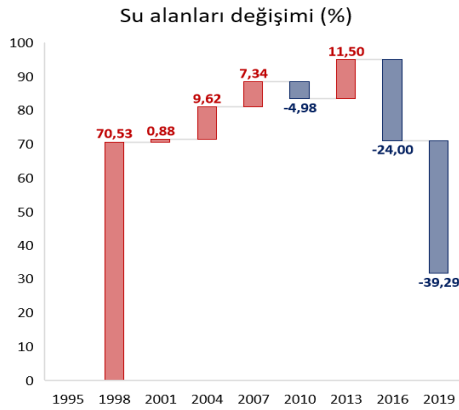
yapay gölet doldurulmuştur ve bu değişim yapay gölet alanlarında saptanan azalma ile tutarlıdır. Ancak çalışmalar sırasında bozulan yer yüzeyi sebebi ile çok sayıda küçük çukurluk ve geçici yeni yapay göletlerin oluştuğu da görülmektedir. 2019 senesi bulgularındaki hem sayıca hem de alansal olarak saptanan düşüş ise inşaat alanında zemin düzeltme işlemlerinin tamamlanması sonucu bu geçici göletlerin yok olmasının sonucudur.

Alansal büyüklüklerin ilçeler bazındaki dağılımı Şekil 3.3'te verilmektedir. Arnavutköy'de ve Eyüp'te, Sarıyer'e oranla çok daha yoğun olarak yapay gölet alanı tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. İlçeler bazında yapay gölet alanları (km²) dağılımı

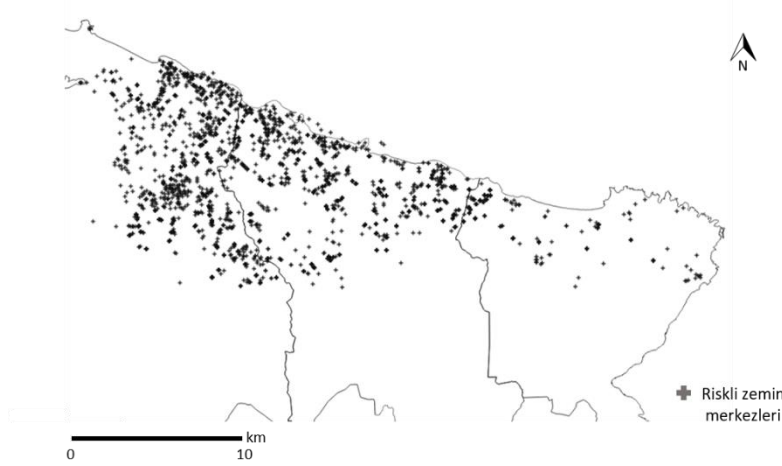
Değişimin eğilimini anlamak üzere her sene için üç sene önceki yapay gölet alanı baz alınarak, yüzdesel değişim miktarı bulunmuştur (Şekil 3.4). Su alanlarının değişim yüzdesi, zaman içerisinde bölgede Şekil 3.2'de örnekleri gösterilen farklı tür değişimlerin gerçekleşmesi nedeni ile hem pozitif hem de negatif yönde değişimler olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.4. Üç sene ara ile saptanan yapay gölet alanlarının yüzdesel değişim miktarı

3.2.2. Riskli Zemin Alanlarının Belirlenmesi

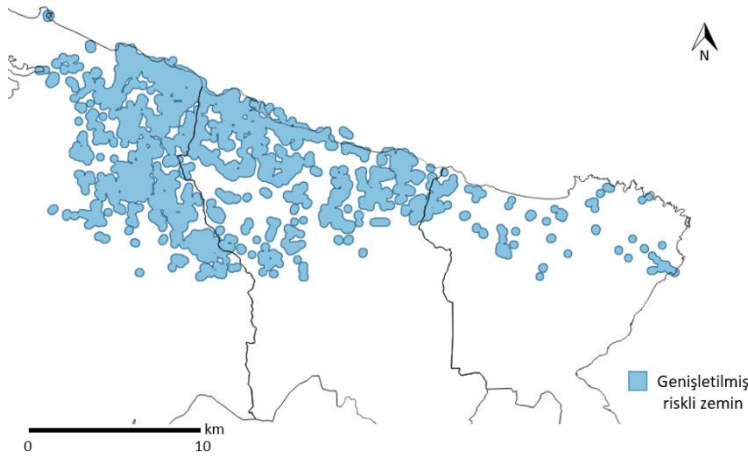
25 senelik süreçte en az bir kez su alanı olarak tespit edilmiş alanlar belirlenmiştir. Herhangi bir zamanda madencilik faaliyetleri nedeni ile kazılmış ve daha sonra açık bırakılarak yapay gölete dönüşmüş tüm çukurlar, gölet olarak kalmış olsun veya bir süre sonra doldurularak kapatılmış olsun, ayırt edilmeden riskli zemin olarak belirlenmiştir. Her sene görüntüsünde ayrı ayrı saptanan yapay gölet alanları birleştirilerek vektör poligonlarının ağırlık merkezleri çıkartıldığında, 2741 noktaya dağılmış oldukları belirlenmiş (Şekil 3.5) ve bu noktalar riskli zemin merkezleri olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.5. Çok-zamanlı analiz ile elde edilen riskli zemin merkezleri

Bu riskli zemin merkezlerinin, bölgenin sismik hareketlerine uygun şekilde, deprem riski değerlendirilerek, sınıflandırma riski gözetilerek ve gelecekteki kullanım amacı ile ilişkili olarak doldurulmuş olduğundan emin olunmalıdır. Bu noktalarda heyelan olma olasılığı göz önüne alınarak, yerleşime uzaklığa göre sağlamlaştırma gerekliliği değerlendirilmelidir.

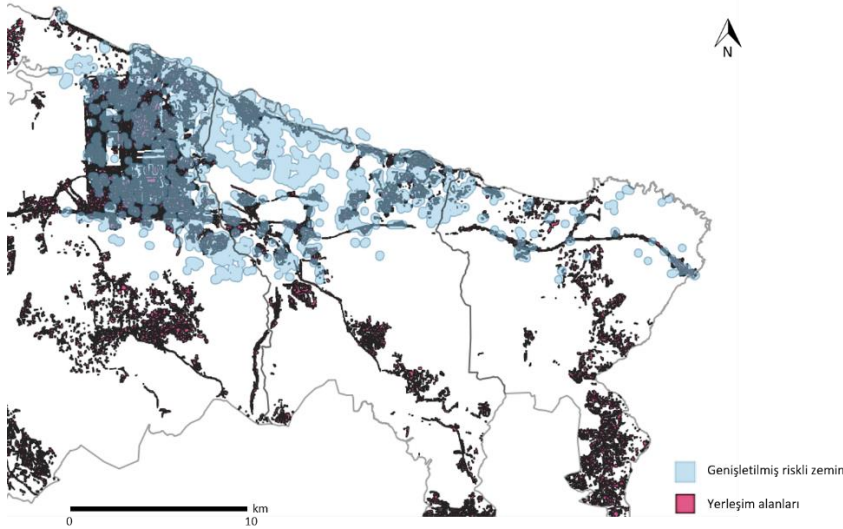
Yapay göletler veya doldurulmuş eski ocak alanları çevresel risk açısından değerlendirilirken, çevrelerinden belirli bir mesafeye kadar çeşitli tehlikeler yarattıkları göz önüne alınmalıdır. Buna dayanarak yapay gölet alanlarına 200 m uzaklık hattı ile oluşturulan tampon bölgeler elde edilmiş ve bu alanlar “genişletilmiş riskli zemin alanları” olarak tanımlanmıştır. Genişletilmiş riskli alanlar 122,22 km²'ye ulaşmakta olup Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. 200 m tampon bölge oluşturularak genişletilmiş riskli zemin alanları

3.2.3. Riskli Zemin Alanlarının Yerleşim Alanları İle Çakıştırılması

En güncel veri olan 2019 uydu verisinden nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile elde edilen yerleşim sınıfı, riskli zemin olarak belirlenen bölgeler ile çakıştırılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Genişletilmiş riskli zemin alanları ile yerleşim sınıfının çakıştırılması

Yerleşim sınıfı vektör formata çevrilip riskli zemin katmanı ile üst üste bindirildiğinde alansal çakışmanın en yoğun olarak Arnavutköy’de, daha sonra Eyüp ve en az Sarıyer’de gerçekleştiği gözlenmiştir. Bölgede en dikkat çeken çakışma ise İstanbul 3. Havalimanı alanındadır.

4. Sonuç

İstanbul ili Avrupa yakasında, Karadeniz kıyısına yakın bölgede, madencilik faaliyetleri sonrası topoğrafya bozulmuş, maden ocakları faaliyetler sonrası açık bırakılarak veya diğer ocaklardan çıkan hafriyat ile doldurularak risk potansiyeli olan alanlar oluşturmuştur. Çalışmada yapay göletlerin zamansal gelişimi incelenmiş, hem sayıca hem de alansal olarak artma-azalma eğilimleri değerlendirilmiştir. Alansal olarak bakıldığında son yıllarda azalma eğilimi daha yüksektir. Özellikle 2015 sonrası bölgede inşasına başlanan İstanbul 3. Havalimanı, büyük bir alanda zeminin doldurulması ve düzeltilmesine katkıda bulunmuştur. Bu sayede sürecin başında 4,2 km² olarak saptanan toplam yapay gölet alanı zamanla 8.9 km²’ye çıksa da daha sonra tekrar 4.2 km²’ye inmiştir.

Çalışmada ayrıca, yaklaşık 25 yıllık süreçte açık bırakılarak yapay gölet haline gelmiş alanlar tespit edilerek, riskli zemin merkezi olarak belirlenen noktalar elde edilmiştir. Bu merkezler, halen yapay gölet durumunda bulunan veya açılıp sonradan doldurulmuş olan tüm alan merkezlerini göstermekte olup, bu alanların incelenen süreçte herhangi bir zamanda açık maden ocağı olduğunu gösterir. Tespit edilen 2741 adet riskli zemin merkezinin, yaklaşık 25 seneyi içeren çok-zamanlı veri setinden elde edilmiş olmaları önemlidir.

Bir diğer mekânsal analiz olarak tampon bölge oluşturulmuş ve genişletilmiş riskli zemin bölgeleri elde edilmiştir. Hem eski maden ocaklarının oluşturduğu yapay gölet sularında genellikle toksik atıkların bulunuyor olması, hem de bunun yeraltı sularına karışması ve dolaylı etkileri nedeni ile riskli bölge merkezlerinden 200 m uzaklığa kadar oluşturulan tampon bölgeler kullanılarak ayrı bir değerlendirme yapılmıştır. Bu genişletilmiş riskli alanların yüzölçümü yaklaşık 122 km² olup İstanbul için önemli miktardadır.

Çalışmada yapılan son analiz ise genişletilmiş zemin bölgeleri ile sınıflandırılmış 2019 uydu verisinden elde edilen yerleşim bölgelerinin çakıştırılması olmuştur. Yapılan analizde genişletilmiş riskli zemin bölgelerinde 3. Havalimanı dışında kalan yerleşimin henüz yoğun

olmaması, ayrıca çakışan bölgelerdeki şehir yapısı incelendiğinde dikey yapılaşmanın az olması olumlu olarak değerlendirilmiştir. Kent genelinde yapılaşma güneyde yoğunlukta olup, yavaş yavaş kuzey bölgelere kaymaktadır (Seçkin ve Yayım, 2006). Bu bölgede yeni yerleşim alanları planlanırken önceden madencilik çalışması yapılmış alanların dağılımının bilinmesi, gerekli zemin düzeltme çalışmalarının tamamlanması, bölgenin yeni kullanım ve faaliyetlerine tampon bölge sınırları gözetilerek karar verilmesi çok önemlidir. Planlamada, bölgedeki yapay gölet alanlarından bazılarının arazi duraylılığını sağlayabilmek için doldurulmaları, bir kısmının da yerleşim alanları ve ormanlık bölgeler içerisinde rekreatif amaçlı korunmaları gerekebilir (Turnacıgil, 2008).

Zeminin uzun dönemli geçmişi göz önüne alınarak hazırlanan çok-zamanlı riskli alan haritasının, mevcut yerleşim yerlerinin ve yerleşime açılacak bölgelerin zemin açısından değerlendirilmesi ve düzenlenmesi aşamasında faydalı olacağı, geleceğe yönelik yeni kullanım seçeneklerinin değerlendirilmesi çalışmaları için de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Arslan F., 2014. Türkiye’de Sürdürülebilir Doğal Kaynak Kullanımı Arayışlarına Bir Örnek: Yeşil Binalar, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2(1): 288-304.
- Başol K., 1991. Doğal Kaynaklar Ekonomisi, Aklıselim Basımevi, İzmir.
- Başol K., Durman M., Çelik M.Y., 2005. Kalkınma Sürecinin Lokomotifi; Doğal Kaynaklar, Muğla Üniversitesi SBE Dergisi, Bahar, 14: 61-71.
- Bayrakdar C., Döker M., 2011. İstanbul Kuzeyindeki Madencilik Faaliyetlerinden Kaynaklanan Mekânsal Sorunlara Bir Örnek: Çiftalan Köyü Heyelanları, Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, 6: 689-700.
- Brakenridge G.R., 2018. Flood Risk Mapping From Orbital Remote Sensing. In Global Flood Hazard (eds G. J. Schumann, P. D. Bates, H. Apel and G. T. Aronica), Pages: 43-54.
- Cındık Y., Acar C., 2010. Faaliyeti Bitmiş Taş Ocaklarının Yeniden Rehabilit Edilmesi ve Doğaya Kazandırılması, Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 11(1): 11-18.
- Gao B.C., 1996. NDWI- A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space, Remote Sensing of Environment, 58: 257-266.
- Geiss C., Taubenböck H., 2013. Remote Sensing Contributing to Assess Earthquake Risk: From a Literature Review Towards a Roadmap, Nat Hazards, 68(1): 7-48.
- Görüm T., Bayrakdar C., Avdan U., Çömert R., 2016. Yamaç Dinamik Süreçlerinin Anlaşılması için İHA Tabanlı Uzaktan Algılama: Akdağ Heyelanına Ait Örnek Bir Çalışma, Batı Toroslar (GB Türkiye), TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, Ankara. 260-261.
- Kantarıcı M.D., 2005. Ağaçlı (İstanbul) Açık Maden Ocağı Artıklarının Islahı ve Ağaçlandırılması Çalışmalarında Elde Edilen Sonuçlar, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 5-6 Mayıs 2005, Ankara, 173-182.
- Khan S., Cao Q., Zheng Y.M., Huang Y.Z., Zhu Y.G., 2008. Health Risks of Heavy Metals in Contaminated Soils and Food Crops Irrigated with Wastewater in Beijing, China, Environ Pollut, 152(3): 686-692.

WTW (Willis Towers Watson), Mining Risk Review-2016., (30.11.2019)

<https://www.willis.com/naturalresources/pdf/MiningRiskReview2016.pdf>

Özelkan E., Karaman M., Uça Avcı Z.D., 2011. Madencilik Faaliyetlerinin İzlenmesinde Uydu Görüntülerinin Kullanılabilirliği Kazdağları Örneği, International Symposium on Kaz Mountains (Mount Ida) and Edremit, Global Change in the Mediterranean Region, 5 Mayıs 2011, 227-233.

Özbey D., 2005. Açık Ocak Madenciliği Sonrası Onarım Çalışmalarında Peyzaj Mimarlarının Rolü, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 5-6 Mayıs 2005, Ankara, 69-72.

Sabuncu A., Doğru A., Özener H., 2018. Analyzing Changes in Coastal Areas Using Satellite Data, March 2018, Sea Technology 59(3): 18-21.

Seçkin B., Yayım D., 2006. Taş ve Maden Ocağı Alanlarının Rehabilitasyonu Olanakları (İstanbul Ağaçlı Yöresi Açık Maden Alanı Örneği, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, 56(2): 1-9.

Şimşir F., Pamukçu Ç., Özfirat M.K., 2007. Madencilikte Rekültivasyon ve Doğa Onarımı, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2): 39-49.

Turnacıgil A., 2008. Yeniköy Ağaçlı Civarındaki Maden Ocaklarının Rehabilitasyonu, İTÜ FBE Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Uça Z.D., Sunar Erbek F., Kuşak L., Yaşa F., Özden G., 2006. The Use of Optic and Radar Satellite Data for Coastal Environments, International Journal of Remote Sensing, 27(17): 3739-3747.

Uça Avcı Z.D., Karaman M., Özelkan E., 2011. Use of Remote Sensing in Determining the Environmental Effects of Open Pit Mining and Monitoring the Recultivation Process. In Proceedings of the The International Mining Congress and Exhibition of Turkey, 11–13 May, Ankara, Turkey. 437-442.

Ulusoy Y., Ayaşlıgil T., 2012. Açık Maden Ocaklarının Rehabilitasyonu ve Doğaya Yeniden Kazandırılmasının “Şile-Avcıkoru” Örneğinde İrdelenmesi, Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University, 62(2): 21-36.

Ünver Ö., Kara D., 1994. Türkiye'de Kömür Madenciliği ve Çevre, Madencilik, Cilt: XXXIII (2): 3-9.

Wuana R.E., Okieimen F.E., 2011. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation, Int Sch Res Netw ISRN Ecol, Article ID 402647, 1-20.

Xu H., 2006. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery, International Journal of Remote Sensing, 27(14)3025-3033.