



Katı atık düzenli depolama alanlarının CBS ile belirlenmesi: Bakü örneği

Mahammadiya Vahablı *¹, Agne Karlıkanovaite-Balıkçı ², Oktay Aksu ³

¹İstanbul Okan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kentsel Dönüşüm Bölümü, İstanbul, Türkiye, vahab2001@icloud.com

²İstanbul Okan Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, İstanbul, Türkiye, agne.karlikanovaite@okan.edu.tr

³İstanbul Okan Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Geomatik Müh. Bölümü, İstanbul, Türkiye, oktay.aksu@okan.edu.tr

Kaynak Göster: Vahablı, M., & Karlıkanovaite-Balıkçı, A., Aksu, O. (2024). Katı atık düzenli depolama alanlarının CBS ile belirlenmesi: Bakü örneği. *Geomatik*, 9 (3), 333-347

DOI: 10.29128/geomatik.1459789

Anahtar Kelimeler

Katı atık depolama alanı
Coğrafi bilgi sistemleri
Analitik hiyerarşi yöntemi
Ağırlıklı çakıştırma

Araştırma Makalesi

Geliş: 27.03.2024
Revize: 16.04.2024
Kabul: 24.06.2024
Yayınlanma: 02.12.2024



Öz

Belediye katı atıklarının bertarafı, gelişmekte olan ülkelerde daha belirgin olan önemli küresel sorunlardan biridir. Katı atıkların bertaraf edilmesinin temel yöntemlerinden biri depolama sahalarının yerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve planlanmasıdır. Düzenli depolama alanlarının uygun yerlerinin belirlenmesi, sosyal, çevresel ve teknik faktörlerin dikkate alınması gerektiğinden zor ve karmaşık bir süreçtir. Bakü'de hızla artan nüfus, kentleşme, sanayileşme, kırdan kente göç, katı atık miktarını önemli ölçüde artırmış ve katı atık yönetimi konusunda ciddi bir sorun yaratmıştır. Bu nedenle çevrenin korunması için uygun katı atık depolama sahalarına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, Bakü şehrinde potansiyel belediye atık depolama sahalarının belirlenmesine yönelik coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve çok kriterli karar analizi (MCDM) tekniği kullanılmıştır. Eysel katı atık depolama sahasını belirlemek için on iki kriter dikkate alınmıştır. Karar kriterlerine ve her kriter içindeki sınıflara ağırlık atamak için analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) kullanılmış, karşılaştırma matrisini oluşturmak için ikili karşılaştırma yöntemi uygulanmıştır. Bu ağırlıklar ve kriterler yardımıyla nihai saha uygunluk haritası hazırlanmıştır. Bu saha uygunluk haritası dört uygunluk seviyesinde sunulmaktadır: en uygun, uygun, orta derecede uygun ve uygun değil. Sonuçlar, çalışma alanının 340.79 km² en uygun, 144.9 km² uygun, 0.91 km² orta uygun, 1117.2 km² ise depolama sahası için uygun olmadığını göstermiştir. Bununla birlikte, çalışma alanındaki nihai arazi kullanım planlamasına ilişkin kararlar alınırken, çevresel etkilerinin en az düzeyde olması açısından konumsal analizlerle desteklenmesi gerekmektedir.

Determination of domestic solid waste landfilling areas using GIS: Baku example

Keywords

Solid waste storage area
Geographic information systems
Analytical hierarchy method
Weighted overlay

Research Article

Received: 27.03.2024
Revised: 16.04.2024
Accepted: 24.06.2024
Published: 02.12.2024

Abstract

Disposal of municipal solid waste is one of the major global problems that is more prominent in developing countries. One of the basic methods of disposing of solid waste is determining the location, evaluation and planning of landfills. Determining the appropriate location of landfills is a difficult and complex process as social, environmental and technical factors must be considered. Rapid population growth, urbanization, industrialization, rural-urban migration in Baku has significantly increased the amount of solid waste and created a serious problem in solid waste management. Therefore, appropriate solid waste disposal sites are needed to protect the environment. This study used GIS and multi-criteria decision analysis (MCDM) techniques to identify potential municipal waste landfills in Baku city. Twelve criteria were taken into account to determine the municipal solid waste landfill. The analytic hierarchy method (AHP) was used to assign weights to the decision criteria and the classes within each criterion, and the pairwise comparison method was applied to create the comparison matrix. The final field suitability map was prepared with the help of these weights and criteria. This site suitability map is presented at four suitability levels: optimal, moderately suitable, suitable, and unsuitable. The results showed that 340.79 km² of the study area was most suitable, 144.9 km² was suitable, 0.91 km² was medium suitable, and 1,117.2 km² was unsuitable for landfills. However, decisions regarding final land use planning in the study area need to be supported by spatial analyses in order to minimize environmental impacts.

1. Giriş

Katı Atık Yönetiminin temel hedeflerinden biri, sürekli büyüyen belediye katı atığının uygun şekilde bertaraf edilmesi ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılmasıdır. Gelişmekte olan ülkelerde giderek artan insan nüfusu son yirmi yılda kentleşme olgusunu hızlandırmıştır (Sumathi ve ark., 2008). Dünyanın temiz, güvenli ve keyifli bir yaşam alanı olarak kalmasını sağlamak için küresel çabalar giderek artmaktadır. Artan katı atık seviyeleriyle başa çıkmak için sürdürülebilir atık yönetimi gibi kavramların gündeme geldiği görülmektedir. Atık yönetimindeki herhangi bir tutarsızlığa, özellikle de kirliliğe yol açan sorunlara değinilmediğinde ciddi çevre kirliliğine yol açabildiği bilinen bir gerçektir (Hamad ve ark., 2022).

Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesi'ne göre, 2019 nüfus sayımının nihai verileri esas alınarak hesaplanmış nüfus sayısı 2023 yılı başı itibarıyla 10.127,1 bin kişi olarak yayınlanmıştır (Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesi, 2023). Bu nüfusun 2.4 milyonu Bakü şehrinde yaşamaktadır. Bu sayı ise toplam ülke nüfusun yaklaşık olarak %23'üne karşılık gelmektedir (Bakü Şehir İstatistik Dairesi, 2023). Bakü'de nüfusunun bu şekilde artmasının nedenleri; kentleşme, sanayileşme, kırdan kente göç ve yaşamın daha kolay olması ile ilgilidir. Diğer taraftan, nüfus yoğunluğu ses ve görüntü kirliliği, katı atıkların artması gibi çevresel sorunlara sebep olmaktadır. Bir diğer sorun ise şehrin kenar kesimlerinde evsel atıkların, şehrin merkezi bölgelerinden farklı olarak zamanında toplanıp çöp kutularına atılmamasıdır. Bu durum ise çevre kirliliği, halk sağlığı sorunları, ekosistem bozulması, toplumsal ve ekonomik etkilere neden olabilmektedir.

2010 yılında oluşan atık miktarı 2287.6 bin ton olarak kaydedilirken, 2015 yılında 2350.4 ton, 2020 yılında 3452.3 ton, 2021 yılında ise 3778.2 ton olarak belirlenmiştir (Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesi, 2022). Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesi tarafından sağlanan en son istatistiklere göre ülkede 2022'de 3985.1 bin ton atık, yani bir önceki yıla göre yüzde %5.4 daha fazla atık oluşmuştur. Bunun yüzde 66.7'si olan 2658.3 bin tonu ise evsel katı atıktır. Bu doğrultuda son yıllar dikkate alındığında evsel atıkların hızlı bir şekilde artışı gözlenmektedir. Bu durum, nüfusun artması, tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve sanayileşmenin etkileri gibi faktörlerden kaynaklanabilir. Bu açıdan evsel katı atık yönetiminde mevcut altyapının iyileştirilmesi gerekmektedir. Evsel katı atıkların toplama, taşıma, yerleştirme ve imha edilmesi "Temiz Şehir" Açık Anonim Şirketi (ASC) tarafından yapılmaktadır. 2022 yılında oluşan 2658.3 bin ton katı evsel atığın yüzde 78.3'ü bertaraf edilmek için çöp sahalarına taşınmış, yüzde 21.2'si enerji üretiminde kullanılmıştır (Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesi, 2022). Sorumlu kuruluşta (ASC) atıkların ayrıştırma ve yakılmasıyla ilgili veriler bulunsa bile, maalesef katı atık depolama sahasına ilişkin resmi bir bilgi bulunmamaktadır.

Havadaki kirleticilerin miktarındaki artışlar ciddi bir endişe kaynağı ola bilir. Bakü şehrinin Sebail, Khatai, Nizami, Nerimanov ilçeleri ile Sumgait ve Gence

şehirlerindeki hava kalitesi izleme istasyonları aracılığıyla günlük olarak gerçekleştirilen analizler sonucunda, havadaki kirleticilerin miktarındaki artışlar belirlenmiştir. Bu analizlere göre, Bakü şehrinde havadaki dağılan kirleticilerin miktarı, karbon monoksitin (CO) 1.7 kat, kükürt gazının (SO₂) miktarının normalden 1.1 kat fazla olduğu görülmüştür. Duman ve kükürt gazlarının normalden bu şekilde yüksek olmasının nedeni trafiğin yoğun olması, sanayi tesislerinin emisyonları, atık yakma ve depolama sahaları, insan faktörünün neden olduğu diğer etkilere (Çevre ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

Bu bilgiler kapsamında ortaya çıkan önemli ve dikkat edilmesi gereken çevresel konulardan biri görüldüğü gibi atık yönetimidir. Atık yönetimi ve bertaraf alternatiflerinin benimsenmesi, birçok paydaşın ve karar vericinin dahil olduğu karmaşık bir süreçtir (Sadek ve ark., 2006). Atık yönetimi süreci, atıkların toplanması, taşınması, işlenmesi, geri dönüştürülmesi veya bertaraf edilmesi ve atık malzemelerin izlenmesinden oluşur. Atık yönetimindeki en hassas adımlardan biri, birden fazla faktörün dikkate alınması gerektiğinden ve evrensel bir formül bulunmadığından en uygun depolama sahasının seçimidir. Doğru atık yönetimi kaynak verimliliğini artırır ve dolayısıyla sürdürülebilir ekonomik kalkınmada önemli bir rol oynar (Vasiljevic ve ark., 2012). Arazi uygunluğuna yönelik yer seçimi, Coğrafi Bilgi Sistemi'nin (CBS) temel uygulama alanlarından biridir ve uygun kriterler tanımlandığında CBS'nin konumsal analiz olanakları, karar vericilere optimum arazi kullanımı için uygun seçenekler sunabilir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte CBS'nin ana bileşenleri olan veri analizi, hizmet veri altyapıları, modelleri, veri toplama ve veri değişim araçları oldukça yaygınlaşmıştır (Aydınoglu ve ark., 2020). CBS konumsal analiz ve görselleştirmede geniş bir aralık sunmasına rağmen, karmaşık problemlerin çözümü için tek başına yeterli değildir. Bu nedenle, bu tür karmaşık görevleri çözmek için birleşik bir CBS ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yönteminin kullanılması zorunludur (Jonuzi ve ark., 2024). AHP, Çok Kriterli Karar Yöntemi (MCDM) 'nde kullanılan kriterlere tutarlı ağırlıklar atamak için en yaygın olarak uygulanan yöntemlerden biridir (Aksu ve Karlikanovaite Balıkcı, 2023). Aynı zamanda diğer MCDM tekniklerine göre kolay uygulanabilir adımlara sahiptir (Bilgilioğlu, S. S. ve Bilgilioğlu, H., 2023). AHP yöntemi; hedefler, kriterler ve alternatifler hiyerarşisi içerisinde olup kriterler de hiyerarşik olarak sıralanır ve karmaşık sorunları kriterlere ağırlıklar atamak, ikili karşılaştırmalar yapmakla çözmeye çalışır (Ünel ve ark., 2023; Demir ve Altaş, 2024).

CBS ve AHP'nin birleştirilmesi, potansiyel depolama alanlarını belirleme ve bu alanların çeşitli kriterlere göre değerlendirilmesi sürecini optimize etmeye yardımcı olabilir. Böylelikle çevresel etkileri minimize eden, toplumun ihtiyaçlarını karşılayan ve sürdürülebilir bir şekilde işletilebilecek depolama alanları seçilebilir. Depolama alanı için yer seçimiyle ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, çevresel, sosyal ve ekonomik faktörleri dikkate alarak uygun depolama alanlarının belirlenmesine odaklanmaktadır. Örneğin, Karlikanovaite ve Aksu (2023), Kocaeli Türkiye'de

potansiyel depolama alanları için MCDM'deki en popüler tekniklerden kriter ağırlıklandırma işleminde AHP ve alternatif veri sıralama işleminde ise Basit Toplamsal Ağırlıklandırma (SAW) kullanılmıştır. Sonuç olarak, çalışma alanının yalnızca %5'i son derece uygun, yaklaşık %62'i ise depolama sahası için uygun değerlendirilmemiştir. Doğan (2023), depremin yıkıcı etkilerinden etkilenen Hatay ilinde katı atık sahalarının seçimi için CBS ve MCDM'deki yöntemlerinden biri olan AHP kullanmış, AHP yöntemi ve CBS ortamında gerekli işlemler yapılarak haritalar elde edilmiştir. Karlikanovaite ve Aksu (2023), deprem bölgelerinden biri olan Kahramanmaraş'ta depremden etkilenen alanların değerlendirilmesi ve yerleşimin yenilenmesine ilişkin öneriler için AHP aracılığıyla CBS'nin ağırlıklı çakıştırma fonksiyonu kullanmıştır. Arshad ve ark., (2023), Abha-Khamis bölgesinde sürdürülebilir atık depolama sahası seçimi için her kriterin ağırlıkları AHP-GDM algoritması kullanılarak hesaplanmış ve her kriter için haritalar oluşturmak amacıyla ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. MCDM ve AHP ile katı atık depolama alanı belirleme çalışmaları (Mundike ve ark., 2023; Angello ve ark., 2023; Carevi'c ve ark., 2021; Majid ve ark., 2021; Omar ve ark., 2020; Çeliker ve ark. 2019; Tarazan, 2018) çok sayıda ülkede farklı yerleşim birimleri için gerçekleştirilmiştir. Yılmaz ve ark., (2023); Banstola ve ark., (2023), çalışmalarında depolama alanı seçimi için QGIS tabanlı ağırlıklı doğrusal kombinasyon eklentisi ve uygunluk analizi için AHP yöntemi kullanılmıştır. Gado ve ark., 2023, Mısır'daki Nil Deltası'nın orta kesiminde atık depolama alanı yer seçimi için MCDM yöntemleri (AHP, Oran Ölçeği Ağırlıklandırma (RSW), Düz Sıra Toplamı (SRS) ve Boole yöntemi) ve CBS kullanmıştır.

Bu çalışmanın önemi ve özgün değeri, Azerbaycan Cumhuriyeti'nde ilk kez AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) ve CBS kullanılarak, Bakü ilinde evsel katı atık düzenli depolama alanlarının belirlenmiş olması, dolayısıyla gelecekte benzeri planlamaları diğer illerde yapacak resmi kurumlara bilimsel bir yaklaşımın tanıtılmış olmasıdır. Bu araştırma ile belirlenen bölge içindeki katı atık toplama noktalarının, mevcut ve gelecekteki kapasite açısından değerlendirilmesi özgünlük kazanmaktadır. Kentlerde uygun alanların bulunması aynı zamanda katı atıkların bertaraf edilmek üzere düzenli depolama sahasına taşınması maliyetini de azaltacaktır. Bu, kirliliğin neden olduğu hasarı azaltacak ve çevreye duyarlı herhangi bir alanı tehlikeye

atmayacak, mevcut veya gelecekteki alanlar üzerinde olumsuz etkiyi en aza indireyecek bir tesis sağlayacaktır.

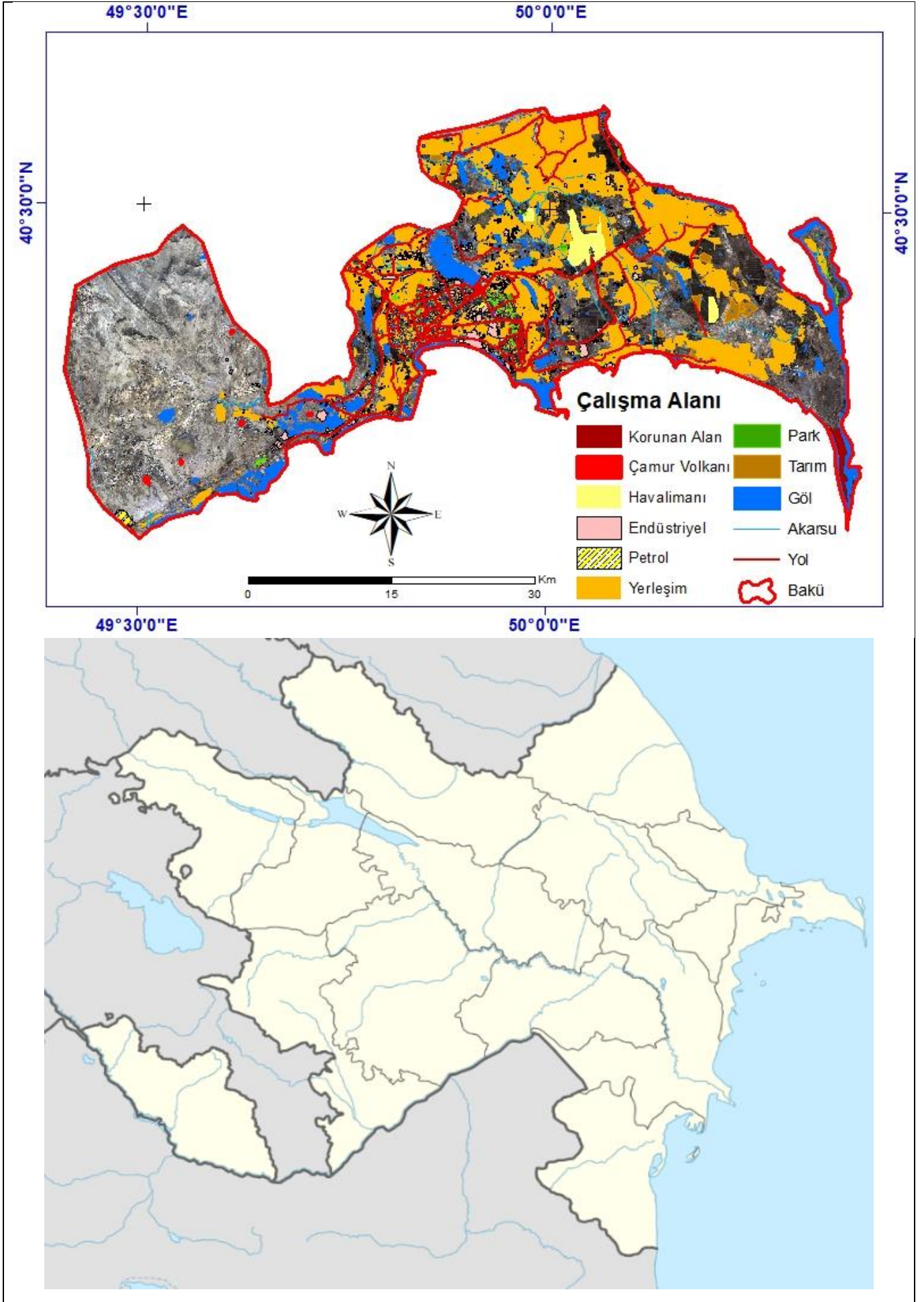
2. Metodolojik Yaklaşım ve Veriler

2.1. Çalışma alanı

Bakü Azerbaycan'ın başkenti, büyük bir bilimsel-kültürel ve endüstriyel merkezdir. Şehir, Hazar Denizi'nin batısında, Abşeron yarımadasının güneyinde, 40° 23' enlem ve 49° 51' boylamının kesiştiği noktada, deniz seviyesinin 28 m altında yer almaktadır. Bakü şehrinin yüzölçümü 2200 kilometrekare olup, 12 idari bölgeyi kapsamaktadır: Hazar, Binagadi, Garadag, Nerimanov, Nesimi, Nizami, Sabayil, Sabunçu, Khatai, Surahani, Yasamal, Pirallahi. Şehrin nüfusu 2.4 milyondur. Bakü'nün güneybatı kısmı daha kuru bir iklime sahiptir. Burada yıllık yağış 150 mm'den azdır. Kuzey ve güney rüzgarlarının etkisi altındadır (Bakü Şehri Yürütme Otoritesi, 2023).

Kentin merkezi amfiteyatro tarzında olup, her iki tarafı da denize eğimlidir. Şehir dikdörtgen şeklinde düzenlenmiştir, Eski Bakü Şehri'nde sokaklar kavisli ve dardır. Binalar merkezde ve ana yollar boyunca yoğun, şehrin çevresinde ise seyrek. Ancak son zamanlarda nüfus artışı nedeniyle çevredeki alanlar da hızla dolmaya başlamıştır. Bakü ülkenin bilim ve kültür merkezidir. Ülkenin ilk Opera, üniversite, gazete ve kütüphanesi Bakü'de kurulmuştur. Şehrin 20 km kuzeydoğusunda Haydar Aliyev Uluslararası Havalimanı bulunmaktadır. Bakü şehrinde Banliyöler petrol çıkarma merkezleridir. Demiryolu taşımacılığı, inşaat malzemeleri (çimento üretimi, taş ocakları) işletmeleri, maden suları (Şih, Surakhani) burada bulunur. Kent çevresinde çok sayıda çamur volkanı (Keiraki, Lokbatan) ve tuz gölleri (Boyukshor, Hocahasan) bulunmaktadır. Modern Bakü, petrol, makine yapımı ve inşaat malzemeleri endüstrileriyle tüm dünyada ünlüdür (Bakü Şehri Yürütme Otoritesi, 2023).

Şekil 1'de gösterildiği gibi, halihazırda il genelinde katı evsel atıkların ayıklanması, atıkların yakılması ve depolanma sahası Balakhani'de bulunmaktadır. 10.15 ha alanı kapsayan Balakhani Endüstri Parkı 2017 yılında faaliyete başlamıştır. Balakhani Endüstri Parkının yönetimi ASC tarafından yapılmaktadır (Temiz Şehir ASC, 2023).



Şekil 1. Çalışma alanı.

2.2. Veri toplama ve işleme

Bu çalışma, literatürden ve uzman bilgisinden yola çıkarak yerleştirme kriterlerini belirleyerek Bakü'de çöp depolama alanları için uygun yerlerin belirlenmesini amaçlamıştır. Araştırma metodolojisi şu şekilde özetlenebilir:

- Kriter seçimi ve veri hazırlama: Her bir kriter için mevcut kaynaklardan veri toplanması,
- Kriter sınıflandırması: Kapsamlı bir literatür taramasına dayanarak her bir kriterin alt kriterlere göre sınıflandırılması,
- Tampon bölge oluşturma: CBS kullanarak farklı kriterler etrafında uygun tampon bölgelerin tanımlanması,
- Kriter ağırlığının belirlenmesi: AHP yöntemi kullanarak her kritere ağırlık atama,
- Uygunluk haritaları oluşturma,
- Sonuç uygunluk haritası.

Bu çalışmada açık kaynaklardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Alan eğim haritası oluşturmak için 12.5 m çözünürlüklü Alos Palsar Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) verileri ([EarthData, 2023](#)) kullanılmıştır. Raster verilerin tamamı 10 m piksel boyutunda olduğundan DEM verileri de 10 m piksel boyutunda yeniden örneklenmiştir. ArcGIS kullanılarak bir çalışma alanı mozaigi oluşturmak için Sentinel-2 10 m yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ([ESA, 2023](#)) kullanılmıştır.

Kriterlerin (yerleşim, göl, akarsu, petrol, çamur volkanı, park, korunan alan, havalimanı, endüstriyel, tarım, yol) oluşturulmasında Openstreet Map verileri kullanılmıştır. Bu veriler Sentinel 2 görüntüleri üzerinde doğrulanmış ve düzenlenmiştir.

Bu çalışmada ArcGIS 10.4 versiyonunun konumsal analiz fonksiyonları (Öklid mesafesi, eğim, ağırlıklı çakıştırma vb.) kullanılmıştır. Kullanılan katmanların tümü raster formatında ve aynı çözünürlüktedir.

Düzenli depolama alanı yer seçimi için bir sıra gereksinimler vardır. Azerbaycan'da şehirlerin ve diğer yerleşim yerlerinin sanitasyonu kurallarına, hijyen ve çevre mevzuatına uygun olarak, evsel atıkların düzenli depolanması, düzenli olarak taşınması ve imha kuralları Azerbaycan Cumhuriyeti Bakanlar Kurulunun 74 numaralı kararında belirtilmiştir. Bu kararda aynı zamanda düzenli depolama alanının seçimi için gerekli olan kriterler de bulunmaktadır ([ACMT, 388, 2005](#)). Bu açıdan yer seçimini etkileyen faktörler dikkate alınmış ve puanlanmıştır. MCDM sürecinin ilk adımı, Öklid uzaklıkları açısından kullanılacak kriterlerin tanımlanmasını ve bunların uzaklıklarına göre yeniden sınıflandırılmasını içermektedir. Potansiyel belediye atık depolama alanı uygunluk analizi için on iki kriter dikkate alınmıştır; akarsulara uzaklık, göllere uzaklık, yerleşim yerlerinden uzaklık, endüstriyel alanlarından uzaklık, eğim, yollardan uzaklık, korunan alanlardan uzaklık, petrol kaynaklarına uzaklık, çamur volkanı alanlarından uzaklık, parklardan uzaklık, tarım alanlarından uzaklık, havalimanından uzaklık ([Tablo 1](#)).

Potansiyel depolama sahası seçimi sürecinde, çeşitli makaleler incelenmiş ve yazarların değerlendirmesine göre belirlenen her kritere karşılık gelen puanı verilmiştir. Bu durumda niceliksel değerlendirme (1'den 5'e kadar puanlar) kullanılmıştır.

Tablo 1. Kriterler ve puanlar.

Kriterler	Atanan puan (1-5)				
	1	2	3	4	5
	Uygun Değil	Az Uygun	Orta Derecede Uygun	Uygun	En Uygun
Yerleşim yerlerine uzaklık (m)	<1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	>2500
Göllere uzaklık (m)	<250	250-500	500-750	750-1000	>1000
Akarsu kütlelerine uzaklık (m)	<250	250-500	500-750	750-1000	>1000
Petrol kaynaklarına uzaklık (m)	<1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	>2500
Çamur volkanı alanlarına uzaklık (m)	<1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	>2500
Havalimanına uzaklık (m)	<800	800-1500	1500-2500	2500-4000	>4000
Endüstriyel alanlara uzaklık (m)	<250	250-500	500-1000	1000-1500	>1500
Korunan alanlara uzaklık (m)	<500	500-1000	1000-1500	1500-2000	>2000
Parklara uzaklık (m)	<300	300-900	900-1500	1500-2100	>2100
Tarım alanlarına uzaklık (m)	<300	300-900	900-1500	1500-2100	>2100
Eğim (%)	>20	15-20	10-15	5-10	<5
Yollara uzaklık	<200	200-300	300-400	400-500	>500

2.3. Kriter ağırlıklarının AHP ile hesaplanması

Saaty (1980) tarafından tanımlanan AHP, MCDM kapsamında en yaygın kullanılan metodolojilerden biri olarak değerlendirilmektedir. Amacı, mevcut veriler ve uzman görüşlerinin birleştirilmesi yoluyla karar vermeye yardımcı olmaktır ([Tercan ve ark., 2022](#)). İnsan yargısının zaman zaman tutarsızlıklar gösterebileceğini kabul eden AHP yaklaşımı, faktörlere ilişkin puanların ve ağırlıkların doğrudan değerlendirilmesi yerine ikili karşılaştırmalar kullanarak bu tür yanlışlıkları azaltır ([Nasiri ve ark., 2022](#)).

Şekil 2’de AHP aşamalarının bir örneği verilmektedir. Bu çalışmadaki problem, nitelikleri ve hedefleri içeren bir dizi değerlendirme kriterinin belirlenmesi ile başlamış ve problemin modelleme aşamasından sonra tanımlanan tüm kriterler karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma Matrisi oluşturmak için ikili karşılaştırma yöntemi uygulanmıştır (Tablo 2). Bu çalışma sırasında Saaty tarafından geliştirilen 1’den (eşit önemli) 9’a (çok önemli) kadar değerleri olan temel bir ölçek dikkate alınarak, 1-5 aralığı (uygun değil-en uygun) esas alınmıştır (Saaty, 1987).

Her parametre arasında ikili karşılaştırma yapılmış ve normalleştirilmiş ağırlıklar atanmıştır. Son olarak tutarlılık oranı (CR) ve tutarlılık indeksi (CI) hesaplanmıştır.

$$\lambda_{\max} = (a_1 + a_2 + \dots + a_n) / n \dots\dots\dots(1)$$

Burada; λ_{\max} : En büyük özdeğer, a_1, a_2, \dots, a_n : Ağırlıklandırılmış toplam vektörün öncelik değerlerine oranı ve n: Eleman sayısıdır.

Farklı n değerleri için rastgele tutarlılık indeksleri Tablo 3’de görülmektedir (Isalou vd.,2013).

En büyük özdeğer ve karşılaştırılan eleman sayısı değerleri kullanılarak tutarlılık indeksi elde edilir.

AHP’deki temel özdeğer ve tutarlılık indeksi belirsizliğin olasılığını belirler. Aşağıdaki denklem, tutarlılığın bir ölçüsü olan Tutarlılık Endeksi’ni (CI) verir (Pandian ve ark., 2023).

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \dots\dots\dots(2)$$

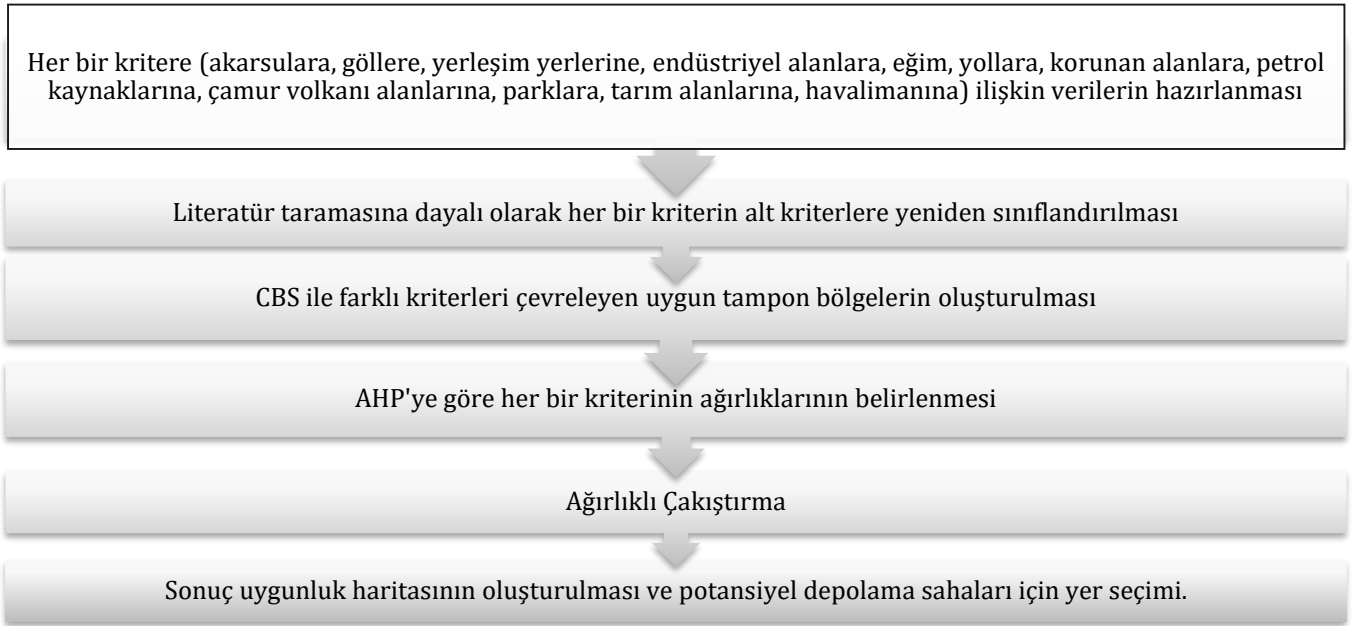
Burada; CI: Tutarlılık indeksi, n: karşılaştırılan parametre sayısıdır.

CR aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır:

$$CR = CI / RI \dots\dots\dots(3)$$

CR: Tutarlılık oranı, RI: Rastgele gösterge ((Eleren, 2007), (Aydın ve ark., 2009)).

Bu çalışmada λ_{\max} değeri 12.35, CI (Tutarlılık indeksi) 0,03 olarak bulunmuştur. Oran, $CR < 0.10$ (%10) olduğunda ikili karşılaştırmada kabul edilebilir bir tutarlılık düzeyi gösterir (Saaty, 1990). Burada elde edilen CR (0.02) önerilen 0.1 değerinden daha küçüktür, bu da ikili karşılaştırma matrisinin yeterli ölçüde tutarlı olduğunu gösterir.



Şekil 2. Sorunun tanımı ve hiyerarşik yapısı.

Tablo 2. İkili karşılaştırma matrisi.

Kriterler	a	b	c	d	e	f	g	h	İ	J	k	l
(a) Yerleşim Yeri	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	5
(b) Göl	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	5
(c) Akarsu	1	1	1	2	2	2	2	3	2	3	3	5
(d) Çamur Volkanı	1/2	1/2	1/2	1	2	2	1	3	2	3	3	5
(e) Korunan Alan	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	2	2	2	3	3
(f) Park	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	2	1	2	2	3
(g) Petrol Alanı	1/2	1/2	1/2	1	2	2	1	2	1	2	3	5
(h) Endüstriyel Alan	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	2	3
(i) Tarım	1/3	1/3	1/2	2/2	1/2	1	1	1	1	1	2	3
(j) Havalimanı	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/2	2	1	1	2	3
(k) Eğitim	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1	2
(l) Yol	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	1/2	1
Toplam	6,53	6,53	6,70	10,70	14,17	14,83	11,53	22,83	17,83	21,33	27,50	43,00

Tablo 3. Farklı n değerleri için rastgele tutarlılık indeksleri (Isalou ve ark.,2013).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.35	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56

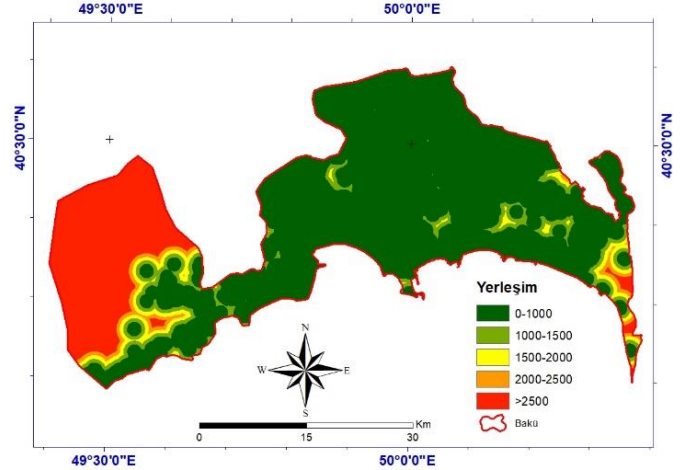
3. Bulgular

3.1. Tematik harita hazırlanması

Tematik katmanlar Öklid mesafesi kullanılarak üretilmiş ve ArcGIS 10.4 ile yeniden sınıflandırılmıştır. Ağırlıklandırılmış çakıştırmada tüm raster veriler 10 m çözünürlüğe sahiptir ve tamponlar beş kategoriye ayrılmıştır: 1: uygun değil, 2: az uygun, 3: orta uygun, 4: uygun ve 5: en uygun.

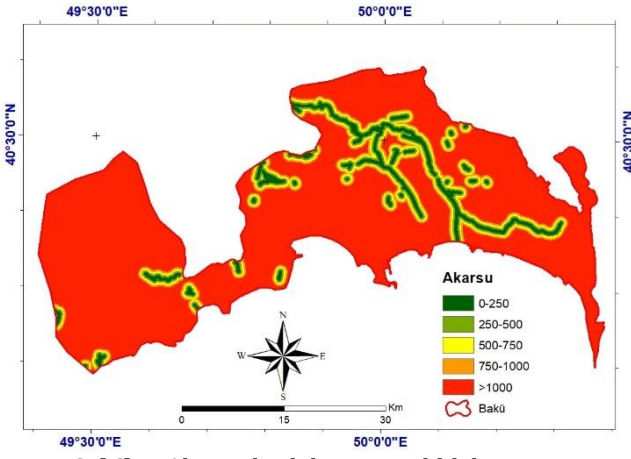
3.1.1. Yerleşim yerlerine uzaklık

Şehir ve diğer yerleşim yerlerinin yakınında kanunda belirtildiği gibi depolama sahasının konumlandırılması veya atıkların gömülmesi yasaktır. Yerleşim yerlerinin içinde veya yakınında inşa edilen katı atık depoları, su ve toprak kirliliği, düşük hava kalitesi, ağır koku, gürültü vb. gibi çeşitli çevre sorunlarına neden olabilir (ACMT 388, 2005). Bu nedenle, şehir ve diğer yerleşim yerlerinin etrafında minimum mesafe 1000 m olarak alınmıştır (Şekil 3). 1000 m'den az mesafe depolama sahası için uygun değildir, 2500 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için oldukça uygundur (Yıldırım ve Güler, 2016).

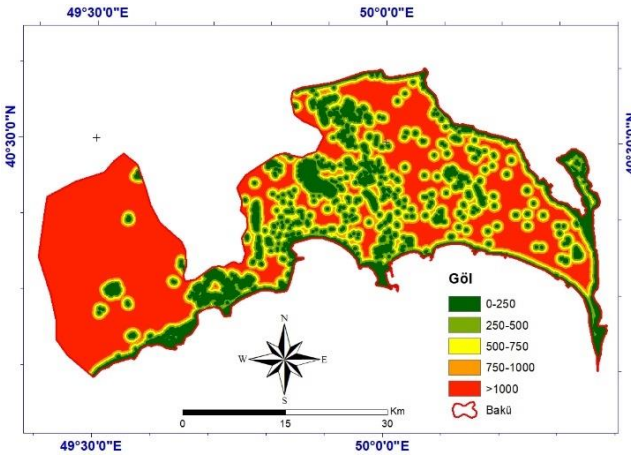
**Şekil 3.** Yerleşim yerlerine uzaklık haritası.

3.1.2. Akarsu kütlelerine ve göllere uzaklık

Azerbaycan Cumhuriyeti Bakanlar Kurulunun 74 numaralı kararında nehir, göl ve açık su kütlelerinin kıyısında çöp depolama alanlarının tahsisi ve organizasyona izin verilmez (ACMT 388, 2005). Bu nedenle Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterildiği gibi, yüzey sularını ve sızıntıları korumak amacıyla, bu çalışmada göller ve akarsuların etrafında minimum mesafe 250 m alınmıştır. 250 m'den az mesafe depolama sahası için uygun değildir, 1000 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için oldukça uygundur (Mundhe ve ark., 2014).



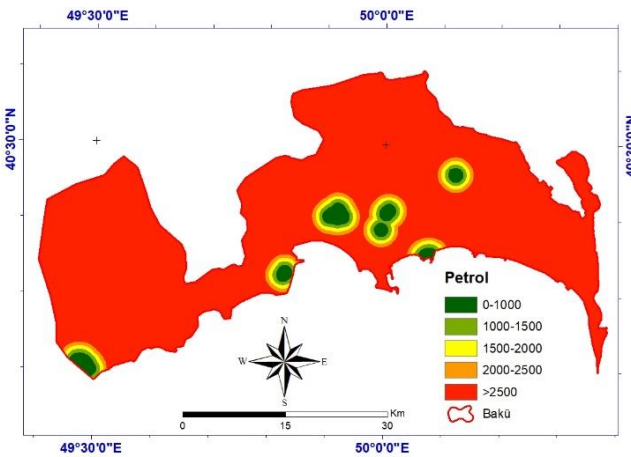
Şekil 4. Akarsu kütlelerine uzaklık haritası.



Şekil 5. Göllere uzaklık haritası.

3.1.3. Petrol kaynaklarına uzaklık

Madencilikte yer altı yatakları ve yer altı çalışmaları ile kirlenmenin gerçekleştirilmesi tehlikesi bulunan durumlarda maden yataklarının bulunduğu ve yeraltı çalışmalarının yapıldığı yerlere atıkların gömülmesi yasaktır (ACMT 388, 2005). Bu nedenle, petrol alanlarının etrafında minimum mesafe 1000 m alınmıştır (Şekil 6). 2500 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için oldukça uygundur (Jaafarzadeh ve ark., 2020).

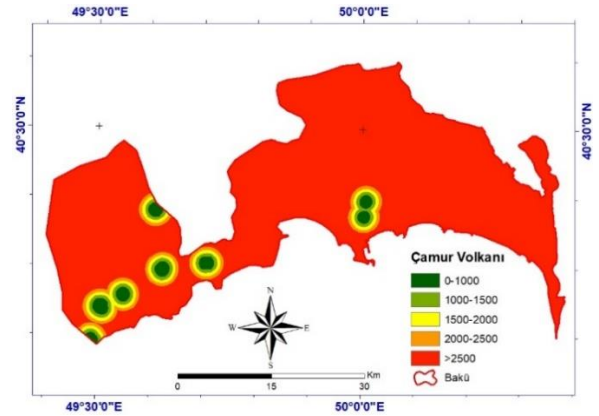


Şekil 6. Petrol kaynaklarına uzaklık haritası.

3.1.4. Çamur volkanı alanlarına uzaklık

Azerbaycan'ın petrol ve gaz bölgelerinde 300'den fazla çamur volkanı bulunmaktadır. Birçoğu yoğun griffon-salsa aktivitesi ile karakterize edilir ve yüzeye KH gazları, mineralli sular ve yağ emülsifiye edilmiş siltli çamur salar (Çevre ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı, 2024). Çamur volkanları başlangıçta petrol ve gaz sahalarıyla ilişkilidir ki, çamur volkanlarının bulunduğu bölgelerde (Lokbatan, Neft Taşları, Karadağ, Mişovdağ vb.) zengin petrol ve gaz-kondens yatakları keşfedilmiştir. Aynı zamanda volkanik çamurun tedavi edici değeri de vardır.

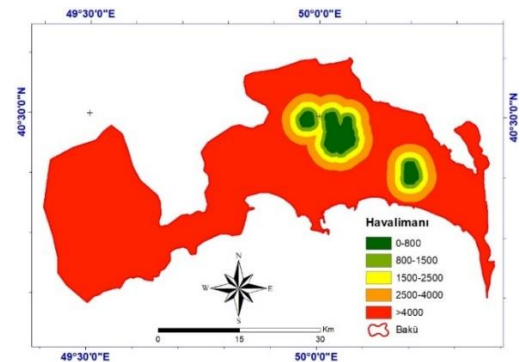
Çamur volkanlarının patlama riski ve aynı zamanda petrol ve doğalgaz sahalarıyla da ilişkili olması nedeniyle, en düşük mesafe 1000 m kabul edilmiştir (Şekil 7). 2500 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için oldukça uygundur (Jaafarzadeh ve ark., 2020).



Şekil 7. Çamur Volkanı alanlarına uzaklık haritası.

3.1.5. Havalimanına uzaklık

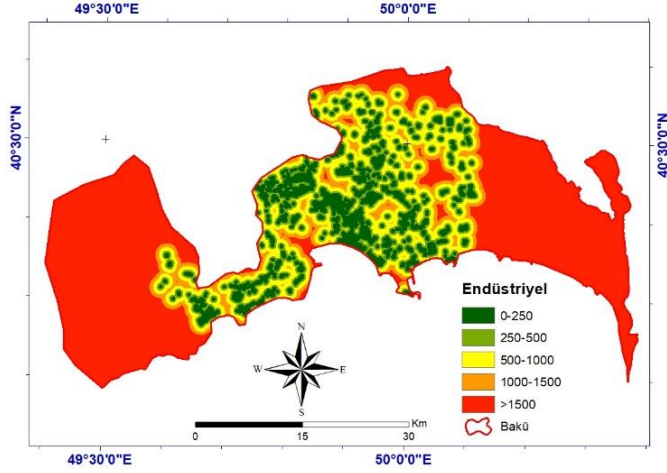
Katı atık depolama sahalarında yırtıcı kuşların ve diğer hayvanların bulunması bu bölgede uçakların kalkış ve inişine tehlike yaratmaktadır. Bu yüzden havalimanları yakınında atık depolama alanlarının bulundurulmaması gerekmektedir (Bilgilioğlu ve Gezgin, 2022). Bu nedenle, havalimanının etrafında minimum mesafe 800 m'de alınmıştır (Şekil 8). 4000 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için en uygun alanlar olarak değerlendirilmiştir (Durlević ve ark., 2023).



Şekil 8. Havalimanına uzaklık haritası.

3.1.6. Endüstriyel alanlara uzaklık

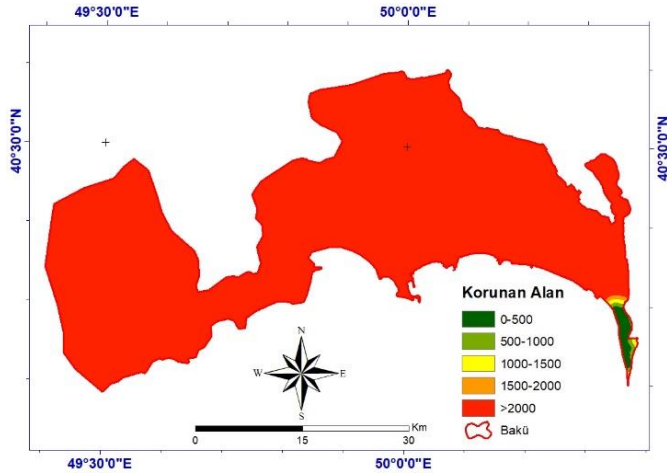
Endüstriyel alandan uzak depolama sahasının etkisi minimum düzeyde olacağı için, bu çalışmada minimum tampon mesafesi 250 m olarak kullanılmıştır (Şekil 9). 1500 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için oldukça uygundur (Desta ve ark., 2020).



Şekil 9. Endüstriyel alanlara uzaklık haritası.

3.1.7. Korunan alanlara uzaklık

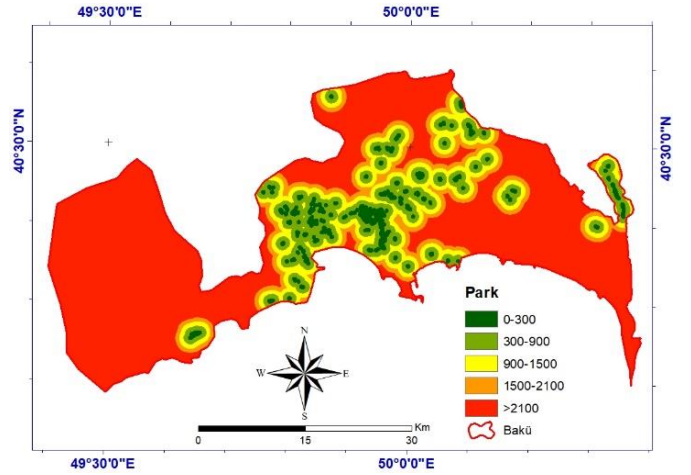
Korunan alanlara uzaklık Milli parklar, doğal koruma alanları ve tarihi alanlar düzenli depolama için uygun yerler değildir (ACMT 388, 2005). Bu nedenle, korunan alanların etrafında minimum mesafe 500 m olarak alınmıştır (Şekil 10). 2000 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için oldukça uygun değerlendirilmiştir (Macalam ve Arreza, 2023).



Şekil 10. Korunan alana uzaklık haritası.

3.1.8. Parklara uzaklık

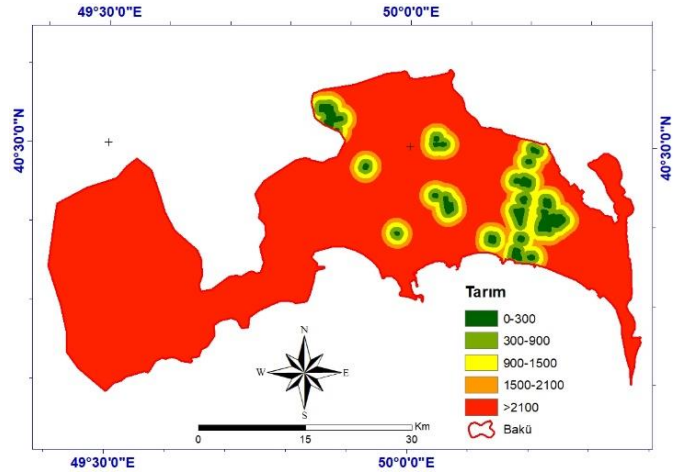
Mevzuata göre, orman-park, tatil yeri gibi yerlere atıkların gömülmesi yasaktır (ACMT 388, 2005). Bu nedenle, park alanlarının etrafında minimum mesafe 300 m olarak alınmıştır (Şekil 11). 2100 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için en uygun alanlar olarak değerlendirilmiştir (Labriki ve ark., 2023).



Şekil 11. Parklara uzaklık haritası.

3.1.9. Tarım alanlarına uzaklık

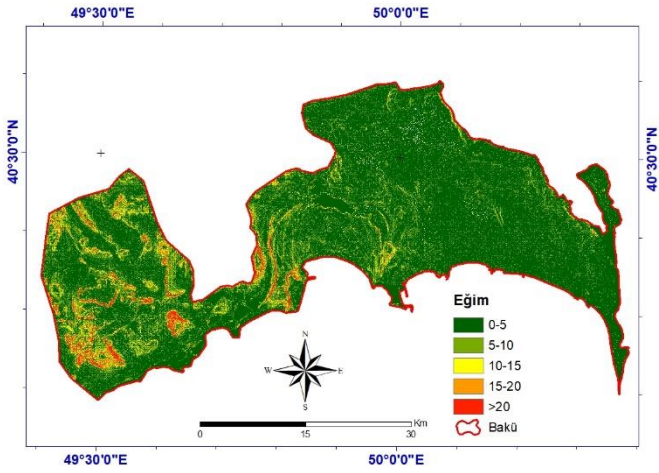
Tarım alanları, doğal anıtlar yakınında (sıhhi-ekolojik koruma bölgeleri dikkate alınarak), çöp depolama alanlarının tahsisi ve organizasyona izin verilmez (ACMT 388, 2005). Bu nedenle, tarım alanlarının etrafında minimum mesafe 300 m olarak alınmıştır (Şekil 12). 2100 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için en uygun alanlar olarak alınmıştır (Labriki ve ark., 2023).



Şekil 12. Tarım alanlarına uzaklık haritası.

3.1.10. Eğim

Nispeten yüksek nakliye ve inşaat aşaması masrafları nedeniyle, %20'den fazla eğime sahip araziler katı atık depolama sahası için kabul edilemez (Akbari ve ark., 2008). Çok dik eğim inşaatı ve bakımı zorlaştırırken, çok düz bir eğim yüzey akışı drenajını etkileyebilir (Abdelhakim ve ark., 2016). Bu nedenle Şekil 13'de gösterildiği gibi, eğim % 0-5, %5-10, %10-15, %15-20 ve >%20 olmak üzere beş eğim sınıfına göre yeniden sınıflandırılmış ve ilk iki aralık uygun olarak değerlendirilmiştir (Angello ve Menberu, 2023).

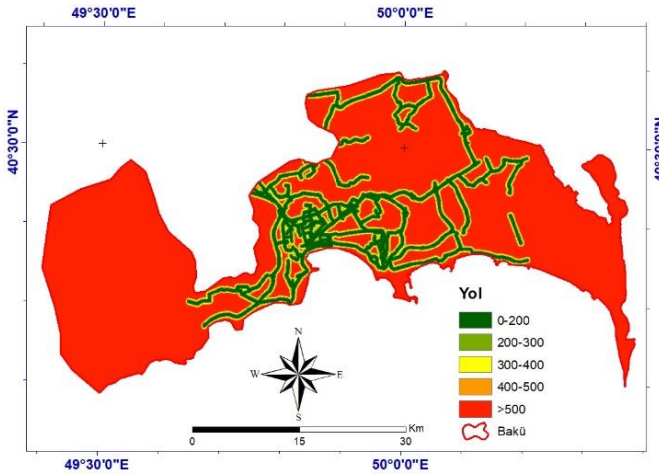


Şekil 13. Eğim haritası.

3.1.11. Yollara uzaklık

Toplama ve taşıma güzergahının uygun maliyetli bertaraf sistemi açısından büyük payı vardır. Bu nedenle depolama sahasının yeri uygun ve ulaşımı kolay olmalıdır. Ekonomik olarak en kısa ulaşım yolu tercih edilir. Yol verileri OpenStreetMap uygulamasından elde edilmiş, anayol, otoyol, birincil ve ikincil yollar gibi önemli yol ağı üzerinden çalışma yapılmıştır.

Yolların etrafında minimum mesafe 200 m olarak alınmıştır (Şekil 14). 500 metrenin üzerindeki alanlar ise depolama sahası için uygun olarak değerlendirilmiştir (Kalisha ve Munthali, 2024).



Şekil 14. Yollara uzaklık haritası.

Karşılaştırma matrisini oluşturmak için ikili karşılaştırma yöntemi uygulanmış, bir kriterin değerine göre önemini belirlemek için 1-5 arası bir ölçek kullanılmıştır. Katmanların ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) kullanılarak (Tablo 4) belirlenmiştir.

Tablo 4. Kriterler ve puanlar.

Kriterler	Ağırlık	%
Yerleşim Yeri	0,15	14,64
Göl	0,15	14,64
Akarsu	0,14	14,18
Çamur Volkanı	0,11	10,78
Korunan Alan	0,08	7,73
Park	0,07	6,96
Petrol Alanı	0,10	9,56
Endüstriyel Alan	0,05	4,68
Tarım	0,06	5,85
Havalimanı	0,05	5,24
Eğim	0,04	3,54
Yol	0,02	2,20
Toplam	1,00	100,00

Ağırlıklar belirlenirken önem derecesi en yüksek detaylar; yerleşim yerleri ve yüzey üstü su kaynakları olarak değerlendirilmiş, yeraltı su kaynaklarına ilişkin herhangi bir veri temin edilemediği için göz ardı edilmiştir.

Tüm parametreler arasında ikili karşılaştırma işlemi yapılmış, ağırlıklar atanmış, son olarak tutarlılık oranı (CR) ve tutarlılık indeksi (CI) hesaplanmıştır. CL 0.03, CR 0.02 olarak bulunmuştur. CR %10'un altında olup, bu da ikili karşılaştırma matrisinin yeterli bir tutarlılık düzeyine sahip olduğunu işaret etmektedir. Tüm faktörler ağırlıklı bir katmanlama analizine dahil edilmiş ve toplam alanın 1.117,2 km² uygun değil, 0.91 km² orta uygun, 144.9 km² uygun, 340.79 km² en uygun olmak üzere sınıflandırılmıştır (Şekil 15).

4. Tartışma

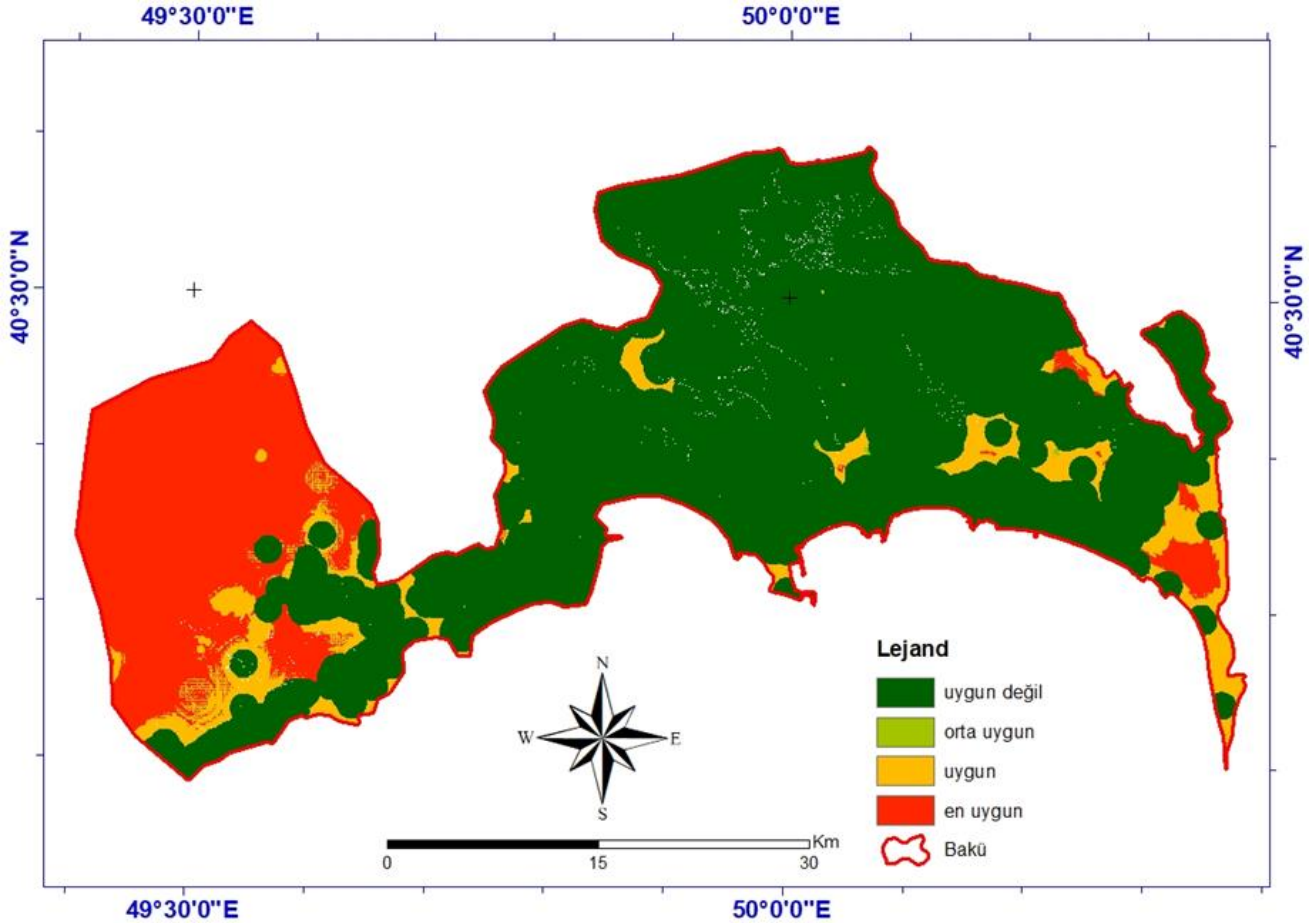
Artan nüfusla birlikte katı atık üretimi de hızla artmaktadır (Aksoy ve San, 2019). Küresel kentleşme, yetersiz kentsel atık yönetimi belediye katı atıklarının büyümesine katkıda bulunmaktadır (Eskandari ve ark., 2015). Depolama alanları için uygun alanların seçilmesi konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin, AHP ve CBS teknikleri kullanılarak katı atık bertaraf sahalarının yerleri belirlenmiştir (Doğan, 2023; Radhakrishnan, 2024). Ancak Azerbaycan'da katı atık depolama sahalarının belirlenmesine yönelik böyle bir çalışma mevcut değildir. Bu çalışma, katı atık depolama sahalarının belirlenmesinde önemli bir boşluğun giderilmesine yönelik bir adımdır.

CBS, çok sayıda kaynaktan gelen çok miktardaki konumsal veriyi işleyebilme yeteneğinden dolayı proje planlama çalışmaları için kullanışlıdır ve bu tür yer seçimi çalışmaları için yaygın olarak kullanılmaktadır (Kao ve ark., 1997). Bu kapsamda çalışmanın bulguları gözden geçirildiğinde, önem derecesi en yüksek detaylar; yerleşim yerleri ve yüzey üstü su kaynakları olarak değerlendirilmiştir. Bunlar göz ardı edilirse, yüzey üstü su kaynakları, depolama sahalarından kaynaklanan sızıntı suyu kirliliğine, yerleşim yerleri ise sahalardan kaynaklanan kötü kokuya maruz kalabilir (Korbut ve ark., 2023; Maiti ve ark., 2016). Beklenmedik tehlikeleri önlemek ve depolama sahasında minimum bozulmayı sağlamak için çamur volkanları, petrol kaynakları, endüstriyel bölgelerine olan mesafe gibi diğer bazı faktörler de dikkate alınmıştır (Jaafarzadeh ve ark., 2020;

Destâ ve ark., 2020). Bunlar dışında eğitim, yol ağları, korunan alan, park, havalimanı ve tarım alanlarına uzaklık gibi diğer faktörler de çöp depolama alanını belirlerken önemli bir husustur (Durleviç ve ark., 2023; Macalam ve Arreza, 2023; Labriki ve ark., 2023). Çalışma sırasında veri eksikliği nedeniyle yeraltı suyu kaynakları belirleme kriteri olarak dahil edilememiştir.

Dolayısıyla bu çalışmada, çevresel açıdan hassas, sosyal ve ekonomik açıdan önemli alanların birleşimiyle kısıtlı arazilerin ortadan kaldırılmasından sonra mevcut alanın yalnızca 340.79 km² bölümü atık depolama için en uygun olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 15).

Şekil 15'de gösterildiği gibi, çalışma bölgesinde uygun alanlar çeşitli yerlere dağılmış olsa da, bunların önemli bir kısmı batı bölgesinde yoğunlaşmıştır. Mevcut alanın 1117.2km² kısmı depolama alanı için uygun değildir. Çalışma bölgesindeki uygun olmayan alanların önemli bir kısmı, ilin, yüksek nüfus yoğunluğuna, yaygın yüzey suyu kapsamına, petrol kaynakları, endüstriyel alan, tarım, park ve geniş yol ağlarına bağlanabilir. Dolayısıyla opsiyonel alanların çoğu Bakü şehir merkezine uzak olma eğilimindedir. Kent merkezinden uzakta bulunan bir çöplüğün yüksek yol masrafları nedeniyle uygun görülmeyeceği de unutulmamalıdır (Sisay ve ark., 2020). Karar mekanizmalarınca en uygun yerin olası alanlar içerisinde belirlenmesi aşamasında, çevre kirliliği, insan sağlığı ve estetik değerler ile maliyet unsurları birlikte değerlendirilmelidir.



Şekil 15. Katı atık depolama alanları sonuç haritası.

5. Sonuçlar ve öneriler

Katı atık kentsel alanlarda önemli bir kirlilik kaynağıdır ve gelişmekte olan ülkelerde hastalıkların yayılmasına katkıda bulunabilir. Yetersiz atık yönetimi sistemleri ve uygun olmayan bertaraf uygulamaları sorunu daha da kötüleştirebilir, su kaynaklarının kirlenmesine ve sivrisinekler gibi hastalık taşıyan vektörlerin çoğalmasına yol açabilir. Ayrıca, katı atıkların kentsel alanlarda birikmesi hava kalitesi üzerinde de zararlı etkilere neden olabilir ve kent sakinlerinin sağlık ve refahını daha da tehlikeye atabilir. Katı atıkların yanlış yönetimi, zararlı sera gazlarının salınmasına neden olarak iklim değişikliğine ve bunun çevre üzerindeki etkilerine katkıda bulunabilir. Katı atık bertaraf sahasının seçimi, herhangi bir atık yönetim sistemi için kritik öneme sahiptir ve uygun şekilde planlanması gerekir. İyi planlanmış bir katı atık bertaraf sahasının, insan sağlığı ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki olası olumsuz etkileri en aza indirmek için yerleşim alanlarından ve hassas ekosistemlerden uzakta konumlandırılması gerekmektedir.

Her ne kadar CBS tabanlı karar destek sistemleri birçok ülkede özellikle çevre yönetimi sorunlarının çözümünde yaygın olarak kullanılsa da, Azerbaycan'da bu sistemler ne yazık ki gözden kaçırılmaktadır. CBS ve AHP entegre edilmesi, çeşitli sosyal, çevresel ve ekonomik faktörleri önceliklendirip değerlendirerek karar almayı kolaylaştırabilir. Bu yaklaşım, çevre ve toplum üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirdiği için, en uygun depolama sahalarının belirlenmesinde karar mekanizmalarına en iyi seçenekleri sunmaktadır.

Sonuç olarak, CBS ve AHP'nin yardımıyla Bakü'deki alternatif depolama sahalarının konumlarını belirlemek mümkün olmuştur. Hükümet, belediye planlamacıları ve mühendisler daha sonra çalışmamızın nihai sonuçlarını değerlendirebilirler. Ayrıca bu çalışmada kullanılan bazı girdi katmanları bu alanda gelecekte yapılacak araştırmalar için değerli bir kaynak olarak hizmet edebilir. Çalışmamızın sonuçlarına dayanarak, AHP'nin uygun sahanın belirlenmesinde çok faydalı bir araç olabileceği ve bu nedenle karar vericiler, politika yapıcılar, yerel yönetimler için potansiyelle sahip olduğu ifade edilebilir.

Bu araştırma, gelişmekte olan ülkelere hem bilimsel olarak güvenilir hem de sosyal olarak kabul gören uygun atık depolama sahalarının seçilmesine ilişkin mevcut anlayışa katkıda bulunması nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Bu depolama alanı seçimi yöntemi, kentsel çevresel ve sosyoekonomik sürdürülebilirliği artırabilir. Bu çalışmada uygun bir katı atık bertaraf sahasının belirlenmesi için daha fazla faktör dikkate alınmıştır. Ancak veri kaynağının sınırlı olması nedeniyle yeraltı suyu kaynakları belirleme kriteri olarak dahil edilememiştir. Uygun depolama sahalarını belirlemek için bu çalışmada kullanılan metodoloji, seçilen kriterlere ve verilerin mevcudiyetine dayanmaktadır. Bu nedenle gelecekteki araştırma çabalarına, özellikle yeraltı suyu koşullarına ilişkin daha güncel ve kapsamlı verilerin dahil edilmesi tavsiye edilir.

Araştırmanın sonuçlarından yola çıkarak mevcut durumun iyileştirilmesine yönelik öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Hükümet ve belediyeler, depolama atıklarını azaltmak için geri dönüşüm ve kompostlama gibi etkili atık yönetimi uygulamalarına odaklanmalıdır. İleri teknolojilere ve altyapıya yatırım yapmak, halkı atık ayrımı konusunda eğitmek ve işletmeleri sürdürülebilir uygulamaları benimsemeye teşvik eden politikaların uygulanması, daha sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunabilir.
- CBS ve AHP teknolojileri, karar vericilerin arazi mevcudiyeti, ulaşım altyapısı ve gelecekteki genişleme gibi faktörlere dayalı olarak bilinçli seçimler yapmasına yardımcı olur. Bu faktörler dikkate alınarak atık yönetim tesisleri çevresel etkiyi en aza indirecek ve verimliliği optimize edecek şekilde stratejik olarak değerlendirilebilir.
- Potansiyel çevresel tehlikelerin tespit edilmesi ve düzeltici tedbirlerin uygulanması için atık bertaraf sahalarının düzenli olarak izlenmesi esastır. Bu proaktif yaklaşım yalnızca çevreyi korumakla kalmıyor, aynı zamanda bireyler ve endüstriler arasında sorumlu atık yönetimi uygulamalarını da teşvik ediyor.
- Yerel topluluklar, bilinçlendirme kampanyaları, eğitim programları ve yerel işletmelerle işbirliği yoluyla sorumlu tüketim ve atık imhası uygulamaları teşvik edilmelidir. Hükümet düzenlemeleri ve teşvik politikaları, sorumlu tüketim harcamalarını teşvik etmek ve atık miktarını daha sürdürülebilir hale getirmek için önemli bir rol oynayabilir. Bu önlemler, çevre düzenlemelerinin sıkı bir şekilde uygulanmasıyla birleştiğinde daha sürdürülebilir bir geleceğe yön verebilir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Bu makale Okan Üniversitesi Kentsel Dönüşüm Yüksek Lisans programında hazırlanan tezden üretilmiştir.

Araştırmacıların katkı oranı

Mahammadiya Vahablı: Literatür taraması, Makale yazımı, Analiz; **Agne Karlikanovaite-Balıkçı:** Düzenleme, Kontrol ve Yorum; **Oktay Aksu:** Düzenleme, Kontrol ve Yorum

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aydınoglu A.Ç., & Şahin E.K., Bovkır R. (2020). "Yeni Teknolojik Gelişmelerin Coğrafi Bilgi Sistemlerine Etkisi", Harita Dergisi, 163: 1-16.
- Aksu, O., & Karlikanovaite Balıkçı, A. (2023). "Earthquakes in Kahramanmaraş; Assessment of

- Affected Areas and Recommendations for Settlement Regeneration”, The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM), ISSN: 2602-3199.
- Aydın, Ö., Öznehir, S., & Akçalı, E. (2009). Ankara için optimal hastane yeri seçiminin analitik hiyerarşi süreci ile modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14 (2), 69-86.
- Armanuos A.M., Elgaafary K.A., & Gado T.A. (2023). “Landfill site selection using MCDM methods and GIS in the central part of the Nile Delta, Egypt”, Environ Monit Assess, Published by Springer Nature DOI: 10.1007/s10661-023-11946-8.
- Arreza K., & Macalam F.R. (2023). “Landfill Site Suitability Assessment Using Geographic Information System (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) in Butuan City, Philippines”, Article in Journal of Environmental & Earth Sciences DOI: 10.30564/jees.v5i1.5381.
- Arshad M., Hasan M.A., Al Mesfer M.K., Al Alwan B.A., Qureshi M.N., & Eldirderi M. (2023). “Sustainable landfill sites selection using geospatial information and AHP-GDM approach: A case study of Abha-Khamis in Saudi Arabia”, Heliyon, Published by Elsevier BV DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16432.
- Angello Z.A., & Menberu Z. (2023). “Optimized landfill site selection for municipal solid waste by integrating GIS and multicriteria decision analysis (MCDA) technique, Hossana town, southern Ethiopia”, Article in Heliyon DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e21257.
- Aksoy, E., & San, B.T. (2019). Geographical information systems (GIS) and multi-criteria decision analysis (MCDA) integration for sustainable landfill site selection considering dynamic data source. Bull. Eng. Geol. Environ, 78, 779–791.
- Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesi 2023. <https://www.stat.gov.az/source/environment/>.
- Azerbaycan Cumhuriyeti Mevzuat Toplusu (Yayın tarihi: 30-04-2005, Yayın numarası: 04, Madde numarası: 388, Kayıt Numarası: 74).
- Azerbaycan Cumhuriyeti Acil Durumlar Bakanlığı 2023. <https://www.fhn.gov.az/?aze/menu/29/7>.
- Bhusal K.R., Banstola P., & Adhikari S. (2023). “Landfill site selection using GIS and Multicriteria Decision Analysis: A Case Study of Butwal SubMetropolitan City”, Journal of Advanced Research in Geo Sciences & Remote Sensing Volume 10, Print Issue, Pg. No. 20-28.
- Bilgilioğlu S.S., & Bilgilioğlu H. (2023). “Aksaray ili obruk duyarlılık haritasının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemleri ile oluşturulması”, NÖHÜ Müh. Bilim. Derg. / NOHU J. Eng. Sci., 12(2), 612-625.
- Bilgilioğlu, S. S., & Gezgin, C. (2022). Nevşehir İli Uygun Katı Atık Depolama Sahalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) Yöntemlerinin Entegrasyonu ile Belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(4), 836–849.
- Bakü Şehri Yürütme Otoritesi, Azerbaycan Cumhuriyeti 2023. <https://baku-ih.gov.az/page/13.html>.
- Bakü Şehir İstatistik Dairesi 2023. <http://www.baku.azstat.org/?page=bolme&id=6#1>.
- Carević I., Sibinović M., Manojlović S., Batoćanin N., Petrović A.S., & Srejić T. (2021). “Geological Approach for Landfill Site Selection: A Case Study of Vršac Municipality, Serbia”, Sustainability Published, DOI: 10.3390/su13147810.
- Chafiq T., Hmamou M., Ouhammou I., & Labriki A, ElHabchi M, Raji M. (2023). “Geographic analysis of landfill suitability in Fez, Morocco: a multi-criteria approach”, Discover Environment DOI: 10.1007/s44274-023-00016-y.
- Chabok M., Asakereh A., Bahrami H., & Jaafarzadeh N.O. (2020). “Selection of MSW landfill site by fuzzy-AHP approach combined with GIS: case study in Ahvaz, Iran”, Environ Monit Assess, 192: 433 <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08395-y>.
- Çeliker M., Yıldız O., & Koçer N.N. (2019). “Evaluating solid waste landfill site selection using multi-criteria decision analysis and geographic information systems in the city of Elazığ, Turkey”, Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 25(6), 683-691.
- Çevre ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı 2024. <https://eco.gov.az/>.
- Durlević U., Novković I., Carević I., Valjarević D., Marjanović A., Batoćanin N., Krstić F., Stojanović L., & Valjarević A. (2023). “Sanitary landfill site selection using GIS-based on a fuzzy multi-criteria evaluation technique: a case study of the City of Kraljevo, Serbia”, Environmental Science and Pollution Research, 30:37961–37980.
- Desta M.D., Aragaw T.T., Yigezu T.T., & Belay A. (2023). “Assessment of landfill site suitability using GIS, remote sensing, and the multi-criteria decisionmaking (AHP) approach, Ethiopia”, Geology, Ecology, and Landscapes DOI: 10.21203/rs.3.rs-2723584/v1.
- Doğan, D. (2023). Hatay’ da Katı Atık Depolama Sahalarının AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) Yöntemi ile Belirlenmesi, Bitirme Projesi. İstanbul Okan Üniversitesi. Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü.
- Demir M., & Altaş N.T. (2024). “Kars kentinde deprem hasar risk potansiyeli taşıyan alanların CBS tabanlı AHP analizlerine dayalı olarak belirlenmesi”, Geomatik, 9(1), 123-140.
- Eleren, A. (2007). Eleren Markalarının Tüketici Tercih Kriterlerine Göre Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi ile Değerlendirilmesi: Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi. İİBF, İşletme Bölümü, Afyonkarahisar, Yönetim ve Ekonomi.
- Eskandari, M., Homaei, M., Mahmoodi, S., Pazira, E., & Van Genuchten M.T. (2015). Optimizing landfill site selection by using land classification maps. Environ. Sci. Pollut. Res. 22, 7754–7765.
- Hamad K.O., Sulaiman S.O., Sürücü A., & Rabson S. (2022). “The Impact of Sustainable Waste Management and Domestic Tourism on Environmental Pollution in Erbil Governorate”, Andrea International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling, 82-92.

- Isalou, A.A., Zamani, V., Shahmoradi, B., & Alizadeh, H. (2013). Landfill Site Selection Using Integrated Fuzzy Logic and Analytic Network Process (F-ANP). *Environmental Earth Sciences*, 68, 1745-1755
<https://doi.org/10.1007/s12665-012-1865-y>.
- Jonuzi E., Alkan T., Durduran S.S., & Selvi H.Z. (2024). "Using GIS-supported MCDA method for appropriate site selection of parking lots: The case study of the city of Tetovo, North Macedonia", *International Journal of Engineering and Geosciences*, 9(1), 86-98
<https://doi.org/10.26833/ijeg.1319605>.
- Jaybhaye R.G., Mundhe N., & Bhalachandra D. (2014). "Site Suitability for Urban Solid Waste Disposal Using Geoinformatics: A Case Study of Pune Municipal Corporation, Maharashtra, India", *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, Volume 3, Issue 1, pp. 769-783.
- Karlikanovaite Balıkcı A., & Aksu O. (2024). "Site selection based on Geographical Information System approach for potential landfilling areas in Kocaeli", Turkey, *International Conference on Waste Management And Solutions*, 5th-6th Feb, Kocaeli.
- Kalisha S.M., & Munthali K.G. (2024). "Multi-Factor GIS Modeling for Solid Waste Dumpsite Selection in Lilongwe, Malawi", *Sustainability*
<https://doi.org/10.3390/su16031202>.
- Kao, J.J., Lin, H.Y., & Chen, W.Y., (1997). Network geographic information system for landfill siting. *Waste Manag. Res.* 15, 239–253.
- Korbut M., Malovanyy R., Boyko R., & Masikevych A. (2023) Determination of the sanitary protection zone of municipal waste landfill based on evaluation of the environmental hazards: Case study of the Zhytomyr territorial community, Ukraine, *Heliyon* 9
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22347>.
- Mvula R.L.S., Mundike J., & Nguvulu A. (2023). "Spatial suitability analysis for site selection of municipal solid waste landfill using hybrid GIS and MCDA approach: The case of Kitwe, Zambia", *African* 21
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01885>.
- Maiti, S.K., De, S., Hazra, T., Debsarkar, A., & Dutta, A., (2016). Characterization of Leachate and Its Impact on Surface and Groundwater Quality of a Closed Dumpsite – A Case Study at Dhapa, Kolkata. India. *Procedia Environ. Sci.* 35, 391–399
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.019>.
- Majid M., & Mir B.A. (2021). "Landfill site selection using GIS based multi criteria evaluation technique. A case study of Srinagar city, India", *Environmental Challenges* 3, 100031.
- Nasiri, V., Sadeghi, S. M. M., Bagherabadi, R., Moradi, F., Deljouei, A., & Borz, S. A. (2022). Modeling wildfire risk in western Iran based on the integration of AHP and GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(9), 644.
- Omar N.Q., Shawkat I.A., Ali S.H., & Abujayyab S.K.M. (2020). "Selection of Suitable Site for Solid Waste Landfill: a case study in Kirkuk City, Iraq", *Materials Science and Engineering*
[doi:10.1088/1757-899X/737/1/012216](https://doi.org/10.1088/1757-899X/737/1/012216).
- Pandian R.S., Udayakumar S, Balaji K.K.P., & Narayanan R.L. (2023). "Identification of groundwater potential for urban development using multi-criteria decisionmaking method of analytical hierarchy process", *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(3), 318-328.
- Radhakrishnan T., Manimekalan A., Ghosh D., & Prasanna R. (2024). Identifying high-vulnerable garbage accumulation areas in Coimbatore City, India: an AHP-GIS approach for effective waste management, *Environmental Science and Pollution Research*, 31:21797–21810.
- Saaty R.W. (1987). "The Analytic Hierarchy Process-What It Is And How It Is Used", *Mathl Modelling*, Vol. 9, No. 3-5, pp. 161-176.
- Saaty, T.L. (1990). "How to make a decision: the analytic hierarchy process", *Eur. J. Oper. Res*
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1).
- Sumathi, V. R., Natesan, U., & Chinmoy, S. (2008). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste Management* 28, 2146-2160
 DOI: 10.1016/j.wasman.2007.09.032.
- Sadek, S., El-Fadel, M., & Freiha, F. (2006). Compliance factors within a GISbased framework for landfill siting. *International Journal of Environmental Studies*, 63, 71-86.
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process (AHP). *The Journal of the Operational Research Society*, 41(11), 1073–1076.
- Sisay, G., Gebre, S.L., & Getahun, K., (2020). GIS-based potential landfill site selection using MCDM-AHP modeling of Gondar Town. Ethiopia. *African Geogr. Rev.* 40 (2), 105–124.
- Tarazan F. (2018). Katı Atık Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanımı Bozüyük Kent Merkezi Yer Seçimi Örnekleme. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Temiz şehir 2024. <https://tamizshahar.az/az/layiheler/>
- Tercan, E., Dereli, M. A., & Saracoglu, B. O. (2022). Location alternatives generation and elimination of floatovoltaics with virtual power plant designs. *Renewable Energy*, 193, 1150–1163.
- Ünel F.B., Kuşak L., Yakar M., & Doğan H. (2023), Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi prosesi kullanarak Mersin ilinde otomatik meteoroloji gözlem istasyonu yer seçimi, *Geomatik*, 8(2), 107-123
<https://doi.org/10.29128/geomatik.1136951>.
- Wanore T.D., Angello Z.A., & Fetanu Z.M. (2023). "Optimized landfill site selection for municipal solid waste by integrating GIS and multicriteria decision analysis (MCDA) technique, Hossana town, southern Ethiopia", *Heliyon* 9.
- Vasiljevic, T. Z., Srdjevic, Z., Bajcetic, R., & Miloradov, M. V. (2012). GIS and the Analytic Hierarchy Process for Regional Landfill Site Selection in Transitional Countries: A Case Study From Serbia. *Environmental Management* 49, 445-458.
- Yılmaz E., & Bilgilioğlu S.S. (2023). "QGIS-based weighted linear combination plugin for landfill site selection: a case study in Tokat Province, Turkey", *Environ Monit Assess*, 195:1290.
<https://doi.org/10.1007/s10661-023-11929-9>
- Yıldırım Ü., & Güler C. (2016). "Identification of suitable future municipal solid waste disposal sites for the

Metropolitan Mersin (SE Turkey) using AHP and GIS techniques”, *Environ Earth Sci*, 75:101
DOI:10.1007/s12665-015-4948-8.



© Author(s) 2024. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>