ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ YAYINLARI ATATURK UNIVERSITY PUBLICATIONS
Eastern Geographical Review

Araştırma Makalesi *Research Article* DOI: 10.17295/ataunidcd.1732917

Van Gölü Havzasında Taşkın Duyarlılığının Alt Havzalar Ölçeğinde Karşılaştırmalı Analizi

Comparative Analysis of Flood Susceptibility of Sub-basins of Van Gölü Basin

Bülent MATPAY
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Güvenlik Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik, Van, Türkiye

Öz

Taşkınların yaşandığı ve yaşanması muhtemel yerlerde doğal ortam ve insan ilişkisi doğru kurgulanmadığı takdirde can ve mal kayıplarının meydana gelmesi kaçınılmazdır. Taşkınların sıklıkla meydana geldiği Van Gölü kapalı havzası, Türkiye'nin doğu kesiminde İran sınırında bulunmaktadır. Su bölümü çizgisi esas alınarak 19 alt havzaya ayrılan çalışma sahasında, taşkın duyarlılığının sınıflandırılması ve karşılaştırılması amacıyla çizgisel, alansal ve rölyef parametrelerini içeren morfometrik indislerden faydalanılmıştır. Çalışma; morfometrik analizler, arazi bulguları, taşkın istatistikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinden faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Morfometrik indis sonuçları kullanılarak ortaya konulan sayısal etki tablosu ile taşkın duyarlılık sınıflaması beş kategoride (çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek) ele alınmıştır. Sonuçlara göre taşkın duyarlılığı, alt havzalardan üç tanesinde "çok düşük", üç tanesinde "düşük", bir tanesinde "orta", dört tanesinde "yüksek" ve sekiz tanesinde ise (Deliçay, Zilan, Kotum-Tatvan, Erçek-Karasu-Engil, Bendimahi-Deliçay, Engil-Gevaş, Kotum-Sufresor, Çaybağı) "çok yüksek"tir. Çalışma sonuçlarından elde edilen veriler havza önceliklendirme ve planlamaları için karar vericilere fikir niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Van Gölü Havzası, taşkın duyarlılığı.

ABSTRACT

In flood-prone areas, loss of life and property is inevitable if the relationship between the natural environment and human activities is not properly structured. The Lake Van closed basin, where floods frequently occur, is located in the eastern part of Türkiye near the Iranian border. In the study area, which was divided into 19 sub-basins based on the drainage divide, morphometric indices containing linear, areal, and relief parameters were utilized to classify and compare flood susceptibility. The study was conducted using morphometric analyses, field findings, flood statistics, and Geographic Information Systems (GIS) techniques. Based on the numerical impact table derived from the morphometric index results, flood susceptibility was classified into five categories: very low, low, moderate, high, and very high. According to the results, flood susceptibility is "very low" in three, "low" in three, "moderate" in one, "high" in four, and "very high" in eight sub-basins (Deliçay, Zilan, Kotum-Tatvan, Erçek-Karasu-Engil, Bendimahi-Deliçay, Engil-Gevaş, Kotum-Sufresor, and Çaybağı). The data obtained from the study results serve as a guide for decision-makers in basin prioritization and planning.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Vangolu Basin, flood susceptibility.

Giriş

Doğaları gereği öngörülebilirliği düşük olan afetler, toplumsal savunma mekanizmalarının yetersiz kaldığı durumlarda yıkıcı etkilere yol açmaktadır. Günümüzde iklim değişikliğinin etkisiyle görülme sıklığı artan bu olaylar, küresel ölçekte geniş kitleler üzerinde ciddi sosyo-ekonomik tesirler bırakmaktadır (McFarlane ve Williams, 2012). Küresel ölçekte en yaygın afetlerin başında gelen taşkınlar (Ergül ve Aydın, 2025), her yıl 100 milyondan fazla insanı doğrudan etkilemektedir (Kowalzig, 2010). Literatürdeki çalışmalar, doğa kaynaklı afetlerin yarısından fazlasının Asya ve Afrika kıtalarında yoğunlaştığını; özellikle Asya'nın can kayıpları ve ekonomik zararlar bakımından ilk sıralarda yer aldığını göstermektedir (Eshghi ve Larson, 2008; Shen ve Hwang, 2019; Usta, 2023).

Türkiye'nin sahip olduğu engebeli topoğrafya, jeolojik yapı ve iklimsel özellikler, ülkeyi taşkınlara karşı oldukça duyarlı hale getirmektedir (Bahadır, 2014; Doğanay vd., 2006; Özcan, 2017). Özellikle 2000'li yıllardan itibaren hidrolojik kökenli afet sayısında belirgin bir artış gözlenmektedir. Bu artışın temelinde, iklimsel faktörlerin yanı sıra kontrolsüz kentleşme, dere yataklarının imara açılması, ulaşım ağları ve sanayi tesisleri gibi arazi kullanım değişiklikleri yatmaktadır (Özcan, 2007; Saral, 2010). Beşerî müdahalelerle doğal dengenin bozulması ve mecraların akış kapasitesini kaybetmesi, taşkınların hem frekansını hem de şiddetini artırmaktadır. Modern bilgi teknolojileri arasında yer alan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), taşkın duyarlılık analizlerinde sunduğu istatistiksel doğruluk ve geniş veri işleme kabiliyeti sayesinde küresel ölçekte çok tercih edilen yöntemlerden biri haline gelmiştir (Pradhan, 2009).

Geliş Tarihi/Received 02.07.2025
Kabul Tarihi/Accepted 25.05.2026
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2026

Sorumlu Yazar/Corresponding author: Bülent MATPAY
E-mail: bulentmatpay@yyu.edu.tr

Cite this article:
Matpay, B. (2026). Comparative analysis of flood susceptibility of sub-basins of Van Gölü Basin. *Eastern Geographical Review*, (55), 12-26.

Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Türkiye literatüründe de taşkınların oluşum mekanizmaları ve olası zararlarının tespiti konusunda CBS tabanlı pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Özdemir, 2006; Sunkar ve Tonbul, 2010; Duman ve İrcan, 2022; İrcan vd., 2024). Taşkın analizlerinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), istatistiksel modeller ve Yapay Sinir Ağları (YSA) gibi çeşitli yaklaşımlar bulunmakla birlikte; bu çalışma kapsamında taşkın duyarlılığının belirlenmesi amacıyla hidromorfometrik analiz yöntemi tercih edilmiştir. Morfometrik indislerin statik yapısı, taşkınların dinamik doğasını ve beşerî müdahaleleri yansıtmakta kısıtlı kalsa da havzaların uzun vadeli taşkın potansiyellerini karşılaştırmalı değerlendirmede fikir vericidir.

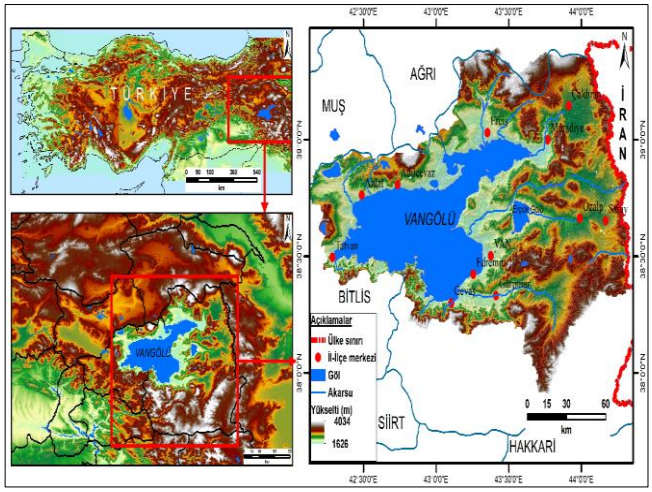
Çalışma sahası olan Van Gölü Havzası; jeolojik-tektonik yapısı, topografik engebesi ve klimatolojik özellikleri nedeniyle hidrometeorolojik afetlere karşı yüksek hassasiyet göstermektedir (Mutlu vd., 2022). Bölgede sel ve taşkınlar, özellikle Nisan-Haziran döneminde ani sağanaklar ve kar erimelerine bağlı olarak gelişmektedir (Özcan, 2006). Son 60 yıllık veriler, Van ve çevresinde 166 su baskınının gerçekleştiğini ve bu olaylardan etkilenen afetzede sayısının Türkiye ortalamasının üzerinde olduğunu göstermektedir (Selçuk vd., 2016). Saha gözlemleri; kuruyan göl çanaklarına (Akgöl, Tuz Gölü vd.) ve dere yataklarına inşa edilen yapıların, plansız yerleşimlerin ve yetersiz altyapının taşkın riskini kronik hale getirdiğini doğrulamaktadır.

Bu çalışma, Van Gölü Kapalı Havzası'nı bütüncül bir yaklaşımla ele alarak, su bölümü çizgileriyle ayrılan 19 alt havzanın taşkın duyarlılıklarını karşılaştırmalı bir analizle ortaya koymayı amaçlamaktadır. Elde edilen bulguların, bölgedeki risk odaklı mekânsal planlama stratejilerine ve karar vericilerin proaktif afet yönetimi süreçlerine rehberlik etmesi hedeflenmektedir.

Çalışma Alanı

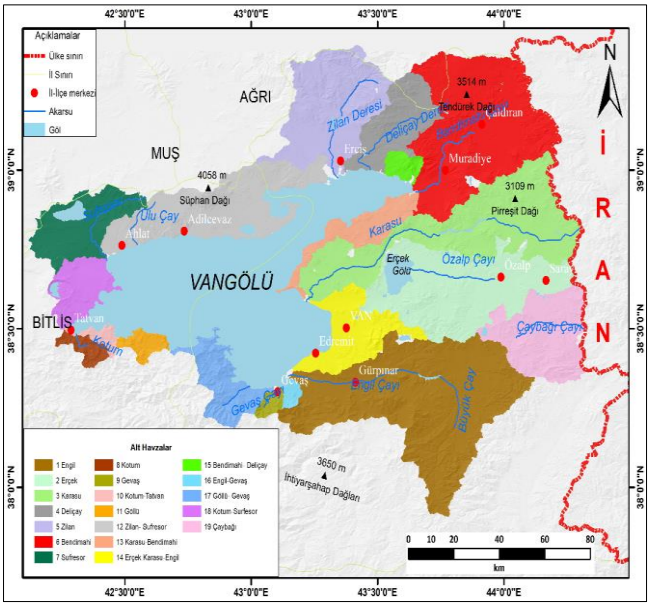
Çalışmaya konu olan Van Gölü Kapalı Havzası, Türkiye'nin doğusunda, İran sınır hattında konumlanmaktadır (Şekil 1). Hidrolojik açıdan Fırat, Dicle ve Aras havzaları ile komşu olan saha, doğuda ise İran ülke sınırı ile çevrelenmektedir.

Şekil 1
Çalışma Alanı Lokasyon Haritası.



Çalışma alanı; Engil, Erçek, Karasu ve Zilan gibi toplam 19 alt havzayı kapsamakta olup havza sınırları topografik su bölümü çizgilerine göre tanımlanmıştır (Şekil 2). Hidrolojik drenaj açısından havzaların büyük çoğunluğu (17 alt havza) Van Gölü'ne boşalmaktadır. Geriye kalan havzalardan Erçek Havzası, Özalp Çayı aracılığıyla Erçek Gölü'ne drenaj sağlarken; Çaybağı Çayı sularını ülke sınırları dışına (İran) taşıyan bir yapı sergilemektedir. Çaybağı Havzası'nın Van Gölü Havzası dışındaki konumuna rağmen analize dâhil edilme gerekçesi, Türkiye-İran sınırındaki özgün ve müstakil havza karakteridir.

Şekil 2
Vangölü Havzasına Ait Alt Havzalar Haritası.

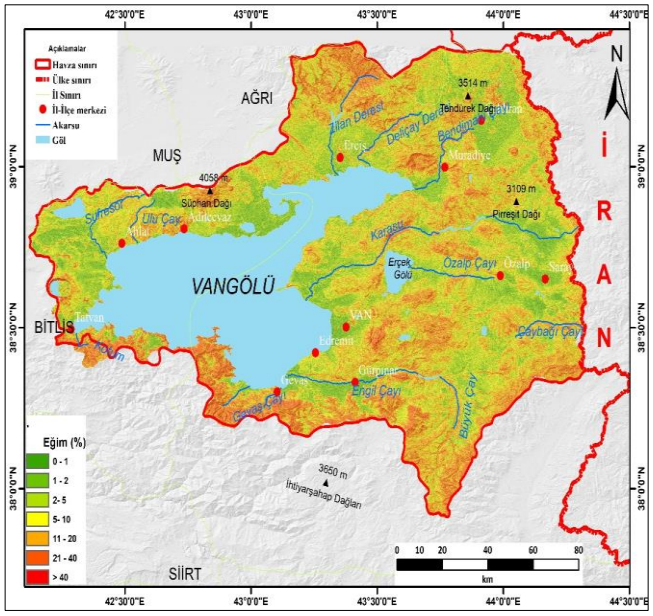


Çalışma sahasının ana drenaj sistemini Karasu, Deliçay, Bendimahi, Özalp, Engil, Sufresor, Uluçay, Kotum ve Gevaş çayları oluşturmaktadır. Havza morfolojisi incelendiğinde, Van Gölü'nün doğusundaki alt havzaların geniş bir alana yayılmasına karşın, güney ve batı kesimlerdeki alt havzaların daha dar ve kısıtlı bir alansal dağılım sergilediği görülmektedir. Bu alansal farklılığa bağlı olarak doğu kesimindeki akarsu boyları daha uzun bir seyir izlemektedir. Söz konusu bölgedeki düşük eğim değerleri, akarsuların akış hızını azaltarak menderesli yapıların gelişmesine ve havzadaki suyun drenaj süresinin uzamasına neden olmuştur. Buna mukabil; eğimin daha yüksek olduğu güneybatı ve batı kesimlerde, akarsu boylarının topografik şartlar neticesinde daha kısa kaldığı müşahede edilmektedir (Şekil 3).

Havzadaki drenaj ağlarının oluşum ve gelişim süreçleri, çok sayıda iç ve dış dinamik tarafından kontrol edilmektedir. Bölgenin heterojen jeomorfolojik yapısı; radyal, sentripetal, dendritik, paralel ve sub-paralel gibi farklı drenaj tiplerinin bir arada görülmesine imkân tanımaktadır. Bu çeşitlilikte, neotektonik rejim ile özellikle havzanın güney kesiminde KB-GD eksenli uzanan volkanik ve tektonik özelliklerin etkisi belirgindir. Bununla birlikte, yerel topografyanın baskın olduğu bazı yamaçlarda, doğrudan eğime uyumlu gelişen paralel veya sub-paralel drenaj paternleri de mevcuttur.

Şekil 3

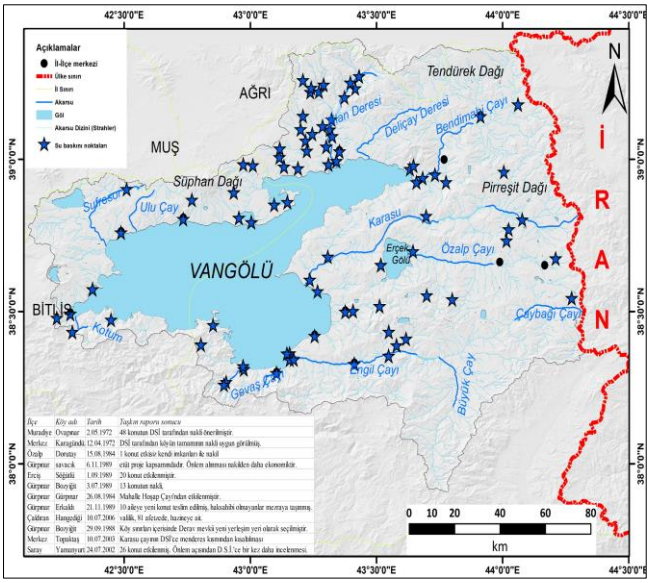
Çalışma Alanı Eğim Haritası.



Çalışma alanı, taşkın olaylarının kronik bir hal aldığı ve alt havzaların büyük çoğunluğunda yıllık periyotlarla tekerrür ettiği bir bölgedir (Şekil 4). Söz konusu hidro-meteorolojik afetler; sadece can ve mal kayıplarıyla sınırlı kalmamış, aynı zamanda ulaşım ağlarında yapısal hasarlara yol açarak bölgenin sosyoekonomik işleyişini sekteye uğratmıştır. Saha gözlemleri ve yerel paydaşlarla yürütülen mülakatlar; taşkınların tarım arazilerinde ciddi verim kayıplarına neden olduğunu, hayvancılık tesislerine zarar verdiğini ve bölge ekonomisinin temelini oluşturan küçükbaş/büyükbaş hayvan varlığı üzerinde doğrudan yıkıcı etkiler yarattığını teyit etmektedir. Günümüzde değişen iklim koşulları göz önüne alındığında havzada taşkınların olası olumsuz etkilerinin ve frekansının artacağı düşünülmektedir.

Şekil 4

Geçmiş Tarihlerde Yaşanmış Bazı Su Baskını Yer ve Rapor Sonuçları.



Karmaşık bir jeolojik ve jeomorfometrik yapıya sahip olan havzada, litolojik özellikler ile rölyef koşulları kısa mesafelerde keskin değişimler sergilemektedir. Yükselti ve eğim gibi faktörlerin hidrometeorolojik afetler üzerindeki belirleyici rolü göz önüne alındığında (Turoğlu ve Özdemir, 2005), Van Gölü alt havzalarındaki taşkın duyarlılığının, bu değişkenlerin heterojen dağılımına bağlı olarak mekânsal farklılıklar göstermesi kaçınılmazdır. Bitlis'in yıllık 1046,8 mm'lik yüksek yağış miktarı ile Van'ın 410,2 mm'lik yarı kurak karakteri arasında ciddi fark bulunmaktadır. Havzada yağışlar yağmur ve kar niteliğinde olup ilkbahar başlarından itibaren kar ve buz erimeleri halindedir. Yaz aylarında ise ani yağış özelliğinde olabilmektedir. Sonuç olarak, Bitlis tarafındaki havzalar yüksek yıllık su bütçesi ve kar depolamasıyla ön plana çıkarken, Van tarafındaki kolların azalan yağışlı gün sayısı ve ani sıcaklık artışlarına bağlı kar erimeleriyle birlikte hidrometeorolojik açıdan farklı ancak riskli bir duyarlılık sergilediği anlaşılmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1

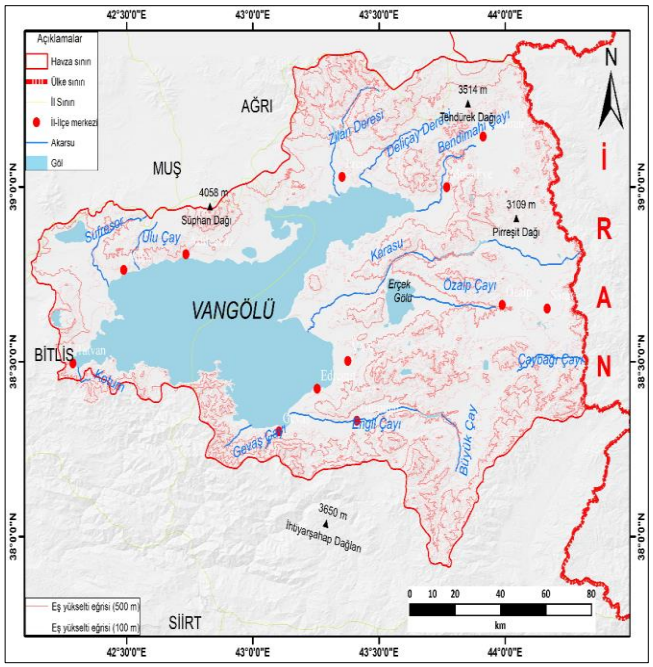
1991-2020 Yılları Arası Van ve Bitlis ili' ne Ait Yağış Verileri (MGM, 2025)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	Ek.	K	A	Yıllık
VAN													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,1	-1,2	2,9	8,4	13,4	18,8	22,7	22,9	18,4	12,1	5,2	0,2	10,1
Aylık top. yağış ort. (mm)	32,9	35,4	49,0	57,2	45,8	16,6	7,9	5,6	19,9	45,9	48,8	45,2	410,2
Ort. yağışlı gün sayısı	9,83	10,17	12,57	12,43	12,0	5,23	2,37	1,30	2,60	8,07	8,70	10,53	95,8
BİTLİS													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-4,7	-3,4	0,9	6,8	12,3	18,1	22,6	22,8	18,3	11,2	4,1	-1,6	9,0
Aylık top. yağış ort (mm)	169,3	111,0	170,4	117,6	103	15,5	9,8	6,8	22,8	90,6	87,9	141,9	1046,8
Ort. yağışlı gün sayısı	15,44	12,78	16,56	14,78	14,8	5,67	2,78	1,44	2,11	9,89	10,33	13,67	120,3

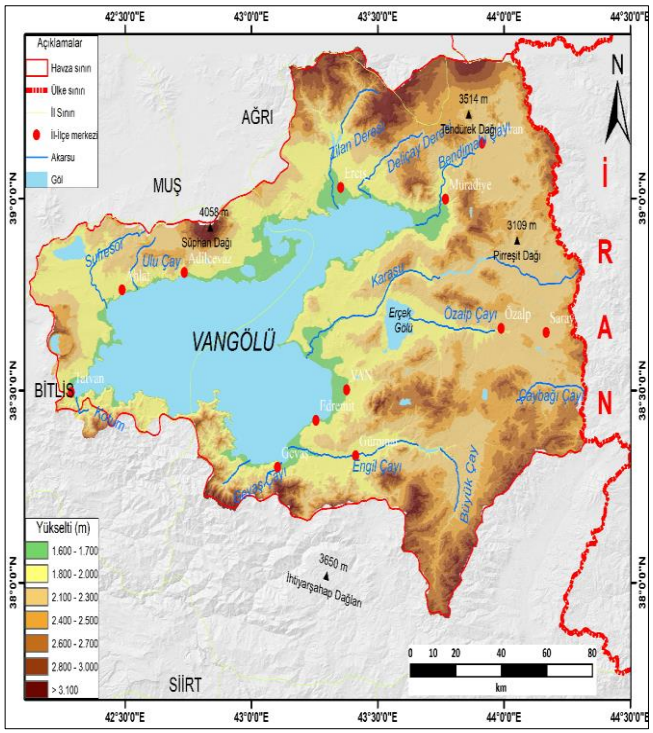
Yöntem

Çalışmada, literatürde yaygın olarak kullanılan hidromorfometrik analiz yöntemi tercih edilmiştir. Bu kapsamda topoğrafya ve jeoloji haritaları, istatistiksel taşkın verileri, saha gözlemleri ve kapsamlı bir literatür taramasından yararlanılmıştır. Verilerin işlenmesi ve taşkın duyarlılığının analizi aşamalarında CBS ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri (Google Earth Pro vb.) kullanılmıştır. Havzaların duyarlılık düzeyleri belirlenirken, sahanın özgün coğrafi koşulları ile uyumlu metodolojik referanslar esas alınmıştır. (Yaylak, 2016; Koçyiğit ve Akay, 2018; Turoğlu ve Aykut,2019; Esen,2022; Kamuş ve Dutucu,2023; Kuşcu ve Özdemir, 2023). Çalışmada, ArcGIS yazılımı kullanılarak Sayısal Yükseklik Modeli (SYM/DEM) üzerinden lokasyon, fiziki ve topoğrafya haritaları üretilmiştir (Şekil 5,6).

Şekil 5
Çalışma Alanı Topografya Haritası.

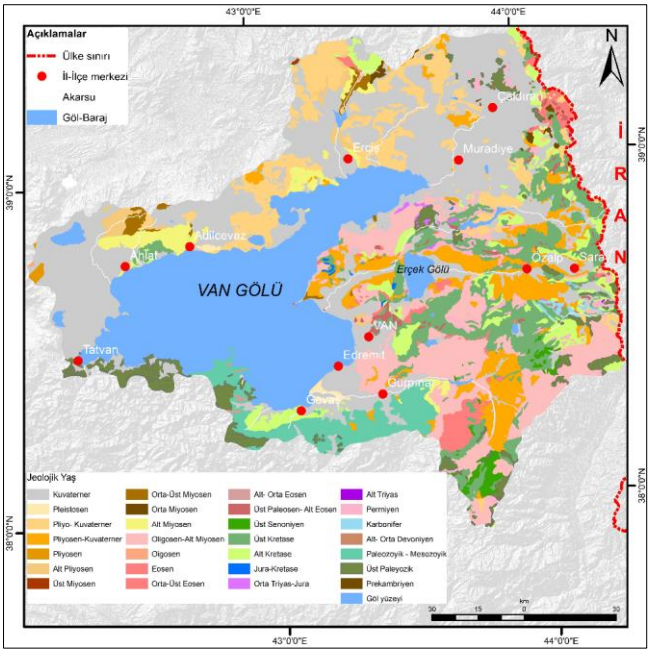


Şekil 6
Çalışma Alanı Fiziki Haritası.

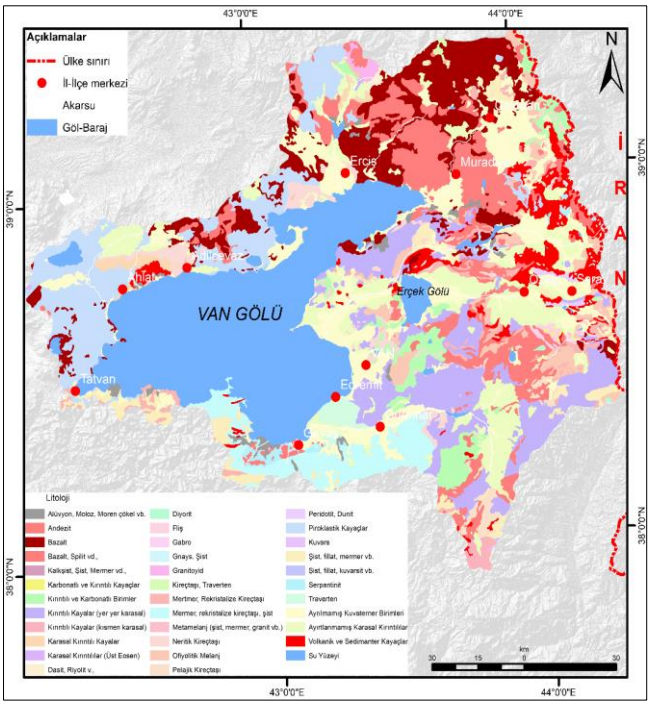


Bunun yanında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden (MTA) temin edilen 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası ve havzanın bazı bölgelerinde yapılan arazi çalışmalarından faydalanılarak jeolojik yorumlamalar yapılmıştır (Şekil 7a,7b).

Şekil 7a.
Çalışma Alanı Jeoloji Haritası (Ateş vd., 2007'den düzenlenerek).

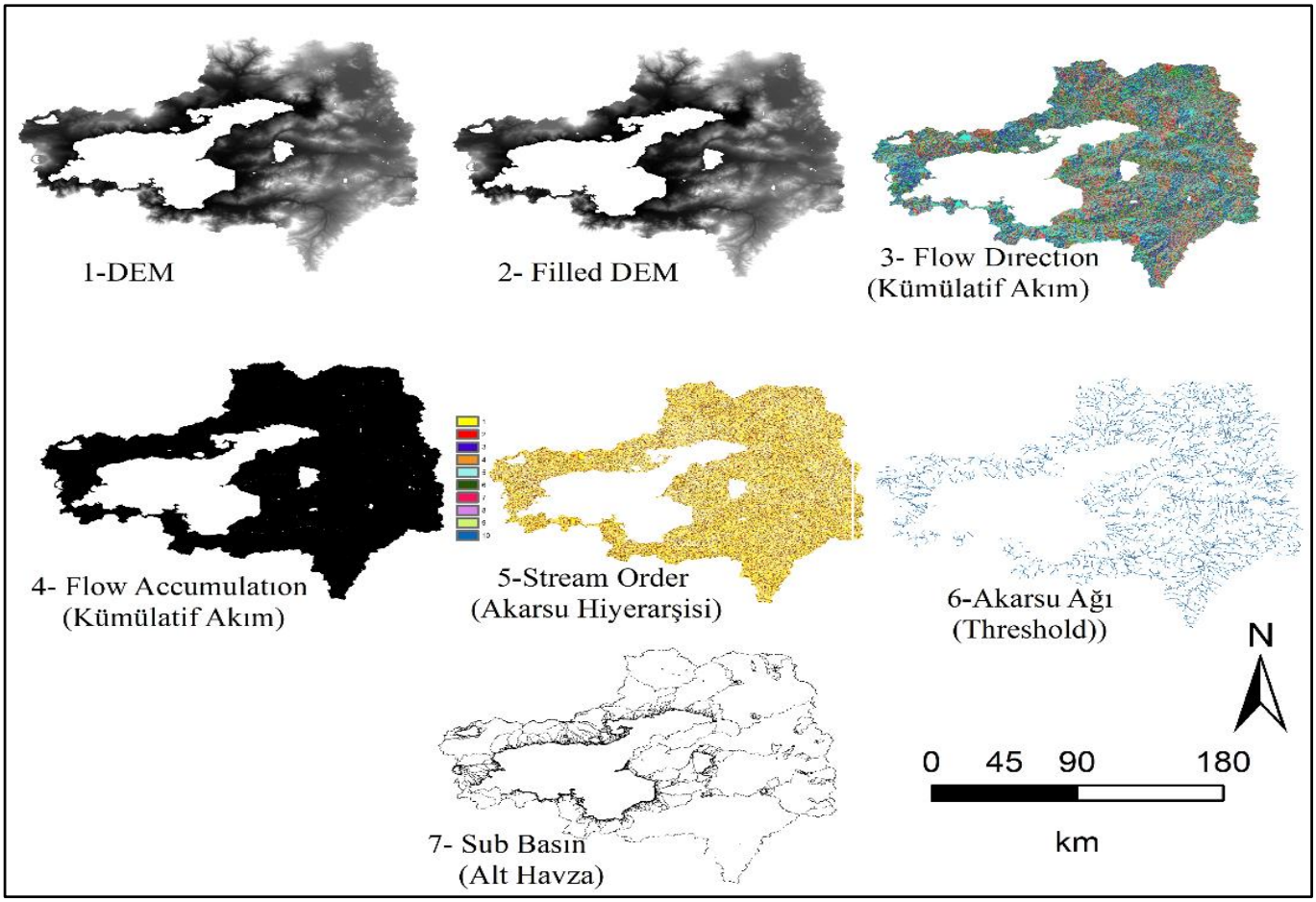


Şekil 7b.
Çalışma Alanı Litoloji Haritası (Ateş vd., 2007'den düzenlenerek).



Bu aşamadan sonra su bölümü çizgisine göre sınırları belirlenen havzanın, SYM kullanılarak ArcHydro modülü aracılığıyla havzaların Strahler akarsu dizinleri hazırlanarak havza tanımlaması yapılmıştır (Şekil 8). Sonraki aşamada akarsu ağı ortaya konulan Vangölü havzasının alt havzaları ortaya konulmuştur. Bu haliyle 100'den fazla küçük alt havzaya sahip olduğu anlaşılan Vangölü havzasında, küçük alt havzalar CBS ortamında bir üst havzaya birleştirme modülüyle bağlantı kurularak yeni alt havzalar üretilmiştir.

Şekil 8
CBS Ortamında Alt Havzaların Tanımlanmasında Kullanılan Iş Akışı ve Haritaları.



Böylece havza sayısı 19 alt havzaya indirgenerek, her havza için morfometrik analiz sürecine geçilmiştir.

İndis hesaplamaları için ihtiyaç duyulan alan, çevre, maksimum yükselti, minimum yükselti, dizin sayıları her alt havza için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2
Vangölü Alt Havzalarına Ait Morfometrik Ölçüm Sonuçları

No	Havza adı	Çevre (km)	Alan (km²)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	N_{U4}	N_{U3}	N_{U2}	N_{U1}	N_U
1	**Engil**	360	2515	3674	1642	1	4	15	63	83
2	**Erçek**	376	1443	2941	1806	1	3	7	37	48
3	**Karasu**	419	1709	3106	1642	1	2	7	45	55
4	**Deliçay**	167	559	3429	1645	1	5	14	63	83
5	**Zilan**	248	1135	3520	1644	2	6	23	119	150
6	**Bendimahi**	417	1839	3526	1646	1	4	14	62	81
7	**Sufresor**	206	579	2771	1645	1	2	13	64	80
8	**Kotum**	63	111	2959	1646	1	3	12	-	16
9	**Gevaş**	39	68	3527	1647	1	8	-	-	9
10	**Kotum-Tatvan**	75	78	2952	1635	2	5	-	-	7
11	**Göllü**	77	118	2593	1633	1	3	10	-	14
12	**Zilan-Sufresor**	141	1103	4038	1632	3	23	112	-	138
13	**Karasu-Bendimahi**	223	367	2730	1630	1	10	37	-	48
14	**Erçek- Karasu- Engil**	214	591	3180	1629	3	14	62	-	79
15	**Bendimahi- Deliçay**	28	103	2937	1650	2	11	-	-	13
16	**Engil- Gevaş**	35	51	3278	1646	2	7	-	-	9
17	**Göllü- Gevaş**	200	430	3491	1640	2	9	34	-	45
18	**Kotum- Sufresor**	152	361	2918	1640	2	13	51	-	66
19	**Çaybağı**	205	825	3037	2023	1	4	23	96	124

Analiz sürecinde tercih edilen indislerin taşkın duyarlılığı hakkında bilgi veren indisler olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan indis ve formülleri tabloda sunulmuştur (Tablo 3).

Hesaplanan morfometrik parametreler birbirleriyle korele edilerek alt havzalar bazında yorumlanmıştır.

Tablo 3
Hidromorfometrik Analizler İçin Kullanılan İndis ve Formülleri

Analiz Türü	Morfometrik İndis	*Formül ve simge*	Kaynak
Çizgisel morfometri (Linear morphometry)	Çatallanma Oranı (R_b)	$R_b=N_u / N_{u+1}$ *(N_u : Toplam dizin sayısı)*	(Strahler, 1952)
	Akarsu uzunluk oranı (R_L)	$R_{L=} L_U / L_{U+1}$ *(L_U: Toplam dizin uzunluğu)*	(Strahler, 1964)
	Tekstür Oranı (R_t)	$R_t=(\sum_{i=1}^{N} N_i)/P$ *(N: Dizin sayısı)*	(Horton, 1945)
Alansal Morfometri (Areal morphometry)	Drenaj yoğunluğu (D_d)	$D_d = (\sum L/A$ *(L: Akarsu uzunluğu)*	(Horton, 1932, 1945)
	Akarsu Sıklığı (F_s)	$FS = (\sum_{i=1}^{N} N) / A$ *(N: Dizin)*	(Horton, 1945; Reddy vd., 2004)
	Havza Şekli (R_f)	$R_f = A/L_b^2$ *(L_b: Havza uzunluğu)*	(Horton, 1932)
	Uzunluk Oranı (R_e)	$(2/P)*(A/\pi)^{1/2}$	(Schumm, 1956)
Rölyef Morfometri (Relief morphometry)	Havza Rölyefi (B_h)	$B_h= H_{max.} - H_{min}$ *(H: Yükseklik)*	(Schumm, 1956)
	Relief Oranı (R_h)	$R_h = B_h / L_{max.}$ *(L_{max}: Maks. havza uzunluğu)*	(Schumm, 1956)
	Engebelik değeri (R_n)	$Rn = B_h * D_d$	(Melton, 1957)
	Hipsometrik integral (Hi)	*Hi = (Hort. – Hmin.) / (Hmax. – Hmin)*	(Strahler, 1952)

Analizin son aşamasında, her bir alt havza için nihai taşkın duyarlılık hiyerarşisi oluşturulmuştur. Bu kapsamda, 19 alt havza için her bir indis özelinde 1'den 19'a kadar (düşükten yükseğe) puanlamaya dayalı bir etki matrisi hazırlanmıştır. İndislerden elde edilen toplam puanlar üzerinden yapılan sıralama neticesinde; çalışma sahası 'çok düşük', 'düşük', 'orta', 'yüksek' ve 'çok yüksek' olmak üzere 5 farklı duyarlılık sınıfına ayrılmış ve bu sınıflama kartografik olarak görselleştirilmiştir. Bulgular bölümünde, taşkın duyarlılık sınıflamasına ve puanlama kriterlerine ilişkin detaylar tablolarla desteklenmiştir.

Bulgular

CBS ortamında 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip (Cell Size X, Y) SYM verileri üzerinde yapılan analizler neticesinde, Van Gölü Kapalı Havzası'nın toplam drenaj alanı 13.985 km^2 olarak hesaplanmıştır. Havza sistemi içerisinde temel drenaj tabanını teşkil eden Van ve Erçek göllerini besleyen çok sayıda mikro havza bulunmaktadır. Ancak sahadaki daimi akarsu ağları ve topoğrafik eşikler dikkate alınarak, çalışma kapsamında 19 ana alt havza tanımlanmıştır.

Alt havzaların alansal dağılım ortalaması 736 km^2 olarak belirlenirken; 2525 km^2 yüz ölçümüne sahip Engil Çayı Havzası, sahanın en geniş drenaj alanı olarak öne çıkmaktadır. Büyük ölçekli havzaların ağırlıklı olarak Van Gölü'nün doğu kesiminde yoğunlaşması; havzanın doğusu ile güney ve batısı arasındaki topoğrafik, litolojik ve yükselti farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Özellikle havzanın güney kesimindeki topoğrafik yapının su bölümü çizgisiyle keskin bir şekilde sınırlandırılması, bu bölgede kısa boylu ve dar alanlı havzaların gelişimine neden olmuştur. Alt havzaların taşkın duyarlılık analizleri; hesaplanan çizgisel, alansal ve rölyef indisleri (Tablo 4) üzerinden elde edilen veriler ışığında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4

Taşkın Duyarlılığı Analizinde Kullanılan İndis Hesaplama Sonuçları

No	Havza adı	R_b	R_L	R_t	D_d	F_s	R_f	R_e	B_h	R_h	R_n	H_i
1	Engil	3,98	2,9	0,18	0,24	0,03	0,38	0,69	2032	24,90	487,68	0,35
2	Erçek	3,54	3,5	0,1	0,20	0,03	0,51	0,81	1135	21,37	227	0,32
3	Karasu	3,98	2,3	0,11	0,24	0,03	0,17	0,47	1464	14,67	351,36	0,33
4	Deliçay	4,1	5	0,38	0,55	0,15	0,33	0,65	1784	43,20	981,2	0,40
5	Zilan	4	2,4	0,48	0,54	0,13	0,58	0,86	1876	42,54	1013,04	0,34
6	Bendimahi	3,98	1,8	0,15	0,26	0,04	0,59	0,87	1880	33,63	488,8	0,34
7	Sufresor	4,47	3,1	0,31	0,51	0,14	0,33	0,65	1126	26,94	574,26	0,30
8	Kotum	3,5	1,8	0,19	0,43	0,14	0,42	0,73	1313	81,05	564,59	0,39
9	Gevaş	8	1,5	0,21	0,42	0,13	0,46	0,76	1880	154,10	789,6	0,33
10	Kotum-Tatvan	2,5	6,6	0,07	0,31	0,09	1,55	1,40	1317	185,49	408,27	0,18
11	Göllü	3,17	2,4	0,13	0,31	0,12	1,07	1,17	960	91,43	297,6	0,24
12	Zilan-Sufresor	6,27	3,7	0,79	0,48	0,13	0,17	0,47	2406	30,04	1154,88	0,16
13	Karasu-Bendimahi	6,85	12	0,17	0,34	0,13	0,13	0,41	1100	20,95	374	0,24
14	Erçek- Karasu- Engil	4,55	1,9	0,29	0,45	0,13	0,64	0,91	1551	51,19	697,95	0,23
15	Bendimahi- Deliçay	5,5	2,2	0,39	0,44	0,13	0,64	0,90	1287	101,34	566,28	0,34
16	Engil- Gevaş	3,5	3,5	0,2	0,49	0,18	1,52	1,39	1632	281,38	799,68	0,21
17	Göllü- Gevaş	4,14	1,9	0,17	0,34	0,10	0,52	0,82	1851	64,49	629,34	0,28
18	Kotum- Sufresor	5,21	3,2	0,34	0,49	0,18	0,56	0,84	1278	50,31	626,22	0,27
19	Çaybağı	4,64	2,2	0,47	0,45	0,15	0,69	0,94	1014	29,39	456,3	0,36

Çizgisel Morfometri (Linear Morphometry)

Çatallanma Oranı (Bifurcation Ratio, R_b)

Çatallanma oranı (R_b) Horton tarafından Playfair yasası kullanılarak geliştirilen, Strahler akarsu dizin metoduna dayanan morfometrik parametredir (Horton, 1932; Pike, 2009; Strahler, 1957). Playfair Yasası'na göre drenaj ağları, her bir kolun kendi ölçeğiyle orantılı bir vadide aktığı ve birleşerek bütünsel vadi sistemlerini oluşturduğu hiyerarşik bir yapıdan meydana gelir. Bu ağlar birbiriyle etkileşimde olup her akarsu dizini nihai olarak ana kola katılmaktadır. Bu dizinlerin ana kol üzerindeki tesiri kendi büyüklükleriyle ilgilidir. R_b bir dizine ait akarsu kollarının toplam sayısının bir üst dizine ait akarsu kollarının toplam sayısına oranı olup $R_b = N_u / N_{(u+1)}$ formülüyle ifade edilir. Formülde R_b çatallanma oranını, N_u herhangi bir akarsu dizinine sahip toplam kol sayısını, N_{u+1} ise bir üst dizine ait toplam kol sayısını ifade etmektedir. R_b değeri her dizin için ayrı ayrı hesaplanır. Tüm dizinlerin ortalama R_b değeri ise havza ortalamasını verir. Horton'un akarsu dizin numaraları yasasına göre, ideal bir havzanın R_b değeri 3 olmalıdır (Horton, 1945; Scheidegger, 1968). Ayrıca genel olarak R_b değeri 3-5 arasında çıkan havzaların jeolojisi daha homojen bir yapıya sahiptir (Özdemir, 2011; Ritter vd., 2002; Verstappen, 1983). Buna rağmen R_b'nin sabit değerler üzerinden değerlendirilmesi her zaman doğru sonuçlar vermemektedir. Örneğin düşük R_b değerine sahip havzalarda akımlara ait hidrograflar daha keskin ve yüksek olurken, yüksek R_b değerine sahip havzalarda ise daha düşük ve devamlı olabilmektedir (Özdemir, 2011; Ritter vd., 2002; Verstappen, 1983). Alt havzaların R_b indisi 2,5-8 arasında değişmektedir. En düşük çatallanma oranı havzanın güneybatı kesiminde yer alan Kotum-Tatvan havzası için hesaplanmıştır. En yüksek değer ise Gevaş havzası için hesaplanmıştır. Çatallanma oranının yüksek olduğu havzalarda dantritik drenaj ağı tipinin hâkim olduğu dikkat çekicidir. Havzaların tamamı için ortalama çatallanma oranı 3,84 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Horton'un belirlediği R_b=3 değerine oldukça yakındır. Havzanın kuzey kesiminde yer alan alt havzalara ait R_b değeri, havzanın diğer yönlerinde bulunan alt havzalara kıyasla daha düşük hesaplanmıştır. Bu yüzden düşük hesaplanan alt havzalar için taşkın duyarlılığının yüksek olduğu söylenebilir. Buna karşın taşkın duyarlılığı en düşük olan havza Gevaş havzasıdır. Bunda topoğrafya koşulları, litolojik özellikler, eğim koşulları ve vadi özelliklerinin rolü olduğu söylenebilir.

Akarsu Uzunluk Oranı (Stream Length Ratio, R_L)

Ana akarsuyun ve ona bağlanan yan kolların uzunluklarına bağlı olarak suyun yatak içindeki oyalanması ve tutulumu önemlidir. Çünkü üst kollardan gelen suyun alt kollara katılımı esnasında, bu alt kolların uzunluklarının yeterli olup olmaması bilgi sahibi olmamızı sağlar. Bu indis, bir dizinin toplam uzunluğunun (L_U) bir sonraki dizin uzunluğuna (L_{U+1}) oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Goudar, 2015; Kamuş ve Dutucu, 2023, s. 11; Patton, 1988; Utlu ve Özdemir, 2018, s. 55). Havza şekline göre farklı sonuçlar veren bu indis uzun ve dar havzalarda düşük olarak hesaplanırken, dairesel havzalarda yüksek hesaplanmaktadır. Bu doğrultuda indisin düşük hesaplandığı havzalarda suyun hızlı drene olduğunu ve az tutulduğunu söylemek mümkündür. Buna karşın indisin yüksek hesaplandığı havzalarda ana kol üzerinde su birikim yükünün fazla olduğu söylenebilir (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). Vangölü havzasına ait alt havzaların R_L hesaplama sonuçları incelenip birbiriyle ilişkilendirildiğinde; en yüksek değerin 11,65 ile Karasu-Bendimahi alt havzasının olduğu, en düşük değerin ise Gevaş alt havzasına ait olduğu anlaşılmıştır. Karasu-Bendimahi alt havzasında 2. ve 3. dizinlerin fazlalığı ve alt kolların yetersiz olması R_L değerinin yüksek hesaplanmasında etkilidir. Bu bağlamda taşkın üretme potansiyeli en fazla olan alt havza Karasu-Bendimahi alt havzasıdır.

Tekstür Oranı (Texture Ratio, R_t)

Bu indis havzanın jeolojisine, yüzeyin infiltrasyonuna rölyef ve bakı (yön) durumuna göre değişmektedir (Elbaşı ve Özdemir, 2018, s. 72; Rekha vd., 2011). R_t, Strahler metotuna göre belirlenen 1. dizinlerin toplam sayısının (N_{u1}), havza çevre uzunluğuna (P) bölünmesiyle

hesaplanmaktadır (Horton, 1945). Yüksek hesaplanan R_t değeri ana akarsuya katılım sağlayan kolların sayısının çok ve buna bağlı olarak su miktarının fazlalığını ifade etmekte iken düşük R_t değeri ise aksi durumun göstergesidir. Havza şekline göre değişen R_t değeri uzunlamasına görünümlü havzalarda düşük, dairesel görünümlü havzalarda yüksek hesaplanmaktadır (İmamoğlu, 2020, s. 874; Matpay, 2024, s. 251; Reddy vd., 2004). Keza Smith (1950) 'in drenaj yoğunluğuna bağlı kalarak ortaya koyduğu R_t değeri ölçeğine göre beş farklı sınıflama mevcuttur. Buna göre; R_t <2 "çok geniş", R_t değeri 2-4 arası ise "geniş", R_t değeri 4-6 arası ise "orta", R_t değeri 6-8 arası ise "dar", ve R_t >8 ise "çok dar" drenaj dokusuna sahip olduğu ifade edilmektedir (Kamuş ve Dutucu, 2023, s. 11; Smith, 1950). Vangölü havzasının bütünsel olarak tekstür oranı ortalaması 0,27 olarak hesaplanmıştır. Alt havzalara ait tekstür oranı verileri ise 0,1- 0,79 arasında değişmektedir. En düşük hesaplanan değer Erçek havzasında, en yüksek değer ise Zilan-Sufresor havzasında hesaplanmıştır. Bu verilere göre taşkın duyarlılığı en yüksek havza Zilan- Sufresor alt havzasıdır. Ayrıca tüm alt havzaların R_t değeri ölçeği sonuçlarına göre R_t < 2 olduğundan "çok geniş" drenaj dokusuna sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca Vangölü doğu kesiminde yer alan alt havzaların alansal ve çevresel olarak büyük olmalarına rağmen, batı kesiminde yer alan alt havzalar alansal ve çevresel olarak daha küçüktür. Bunun yanında topoğrafik şartlarda (eğim, parçalanma gibi) Vangölü doğu ve batı kesimi arasında belirgin farklılık göstermektedir. Bu yüzden alt havzalar arasında homojen olmayan bu dağılım R_t değerinin farklılığının nedenlerindendir.

Nihai olarak Vangölü havzasına ait alt havzalara ait çizgisel morfometri özelliklerine bakıldığında; çevresel uzunluk bakımından en büyük havzanın İran sınırından itibaren KD-GB ekseninde uzanım göstererek Vangölü'ne katılan Karasu havzası olduğu görülmektedir. Alansal olarak en büyük havzanın ise farklı orjinden oluşan kayaçlar üzerinde gelişen Engil havzası olduğu anlaşılmıştır. Keza bu havzada eğim koşulları diğer havzalara kıyasla daha azdır. Yükselti koşullarının da homojen olmadığı havza genelinde maksimum yükselti ve minimum yükselti koşullarının kısa mesafelerde değiştiği hesaplanmıştır. Yükselti koşullarının en fazla olduğu alt havzaların volkanik orjinli ve sedimanter (kalker) orjinli kayaçlar üzerinde geliştiği görülmüştür. Havzada dizin sayılarına bakıldığında 1. dizin sayılarının havzanın doğu ve kuzey kesimlerinde yoğunluk kazandığı görülmektedir. Bunda her ne kadar fiziki coğrafya koşullarının tamamının rolü olduğu görülse de litoloji özellikleri ve eğim koşulları ön plandadır.

Alansal Morfometri (Areal Morphometry)

Drenaj Yoğunluğu (Drainage Density, D_d)

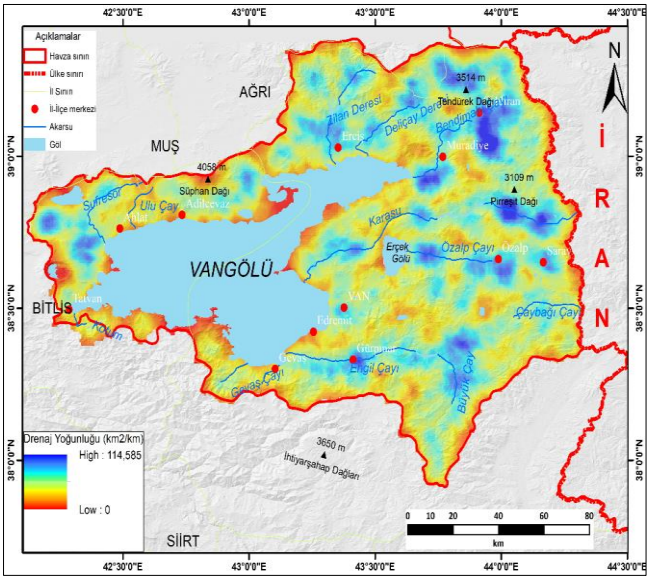
Havzanın drenaj ağı tarafından parçalanma derecesini belirleyen drenaj yoğunluğu (D_d), toplam akarsu uzunluğunun ($\sum L$), havza alanına (A) oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Baker vd., 1988; Özdemir, 2007; Reddy, 2004; Verstappen, 1983). Bu parametre; arazinin morfolojik gelişiminde etkin rol oynayan jeolojik yapı, iklimsel özellikler ve vejetasyon karakteristikleri hakkında bütüncül bir bilgi sunmaktadır (Horton, 1932; Patton, 1988; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011). Yüksek D_d değerlerine sahip havzalar, ileri derecede parçalanmış bir topoğrafya sergilemekte ve kısa sürede yüksek pik akım değerlerine ulaşan hidrograflar üretmektedir. Buna karşın, düşük drenaj yoğunluğu sergileyen havzalar, yüzeysel akışın infiltrasyon yoluyla yeraltı suyuna sızma eğiliminde olduğunu göstermektedir (Melton, 1957; Özdemir, 2011; Patton, 1988).

Litolojik açıdan, yüksek geçirimliliğe (permeabilite) sahip kayaç birimlerinden oluşan sahalarda drenaj ağı seyrek geliştiği için düşük D_d değerleri saptanırken; geçirimsiz yüzeylerde yüzeysel akışın baskınlığına bağlı olarak yüksek D_d değerleri ortaya çıkmaktadır (Özdemir, 2011). Ancak parametre üzerinde yalnızca jeolojik ve morfolojik unsurlar değil, iklimsel değişkenler de belirleyicidir. Nemli bölgelerde vadi gelişiminin yoğunluğu D_d değerlerini yükseltirken (Kamuş ve Dutucu, 2023), vejetasyonun sık olduğu alanlarda infiltrasyon kapasitesinin artmasıyla drenaj yoğunluğu azalmaktadır. Aksine, bitki örtüsünün zayıf olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde yüzeysel akışın etkinliği D_d değerlerini artırmaktadır (Melton, 1957; Özdemir, 2011).

Sonuç olarak D_d, bir havzanın morfolojik karakterini ve hidrolojik hassasiyetini ölçmede kritik bir araçtır; yüksek değerler eğimli yamaçların varlığını ve yüzeysel akış mesafesinin azaldığını işaret etmektedir (Reddy vd., 2004). Mevcut çalışma kapsamında Van Gölü alt havzaları için hesaplanan D_d değerlerinin 0,20 ile 0,55 arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak morfometrik analizlerin bu statik doğası, havzanın fiziksel kapasitesini ortaya koymakla birlikte, aşırı hava olayları ve antropojenik müdahalelerin drenaj sistemindeki anlık ve dinamik değişimlerini yansıtmada kısıtlı kalabilmektedir.

Şekil 9

Vangölü Havzası Drenaj Yoğunluğu Haritası.



Van Gölü Kapalı Havzası'nda en düşük drenaj yoğunluğu (D_d) Erçek Havzası'nda saptanırken, en yüksek değer Deliçay Havzası'nda hesaplanmıştır. Bu doğrultuda Deliçay Havzası, düşük sızma kapasitesi ve yüksek yüzeysel akış potansiyeliyle taşkın duyarlılığı en yüksek saha olarak öne çıkmaktadır. Havza genelinde D_d değerleri birbirine yakın olsa da, gölün güneybatı ve batı kesimlerindeki düşük geçirimliliğe sahip volkanik litoloji drenaj yoğunluğunu artırmış; buna karşın Gevaş ve Kotum gibi kalker yönünden

zengin alt havzalarda yüksek sızma kapasitesine bağlı olarak D_d değerlerinin düşük kaldığı tespit edilmiştir.

Akarsu Sıklığı (Stream Frequency, F_s)

Drenaj yoğunluğuyla doğru orantılı olan bu indis (Kamuş ve Dutucu, 2023), havzanın drenaj sistemi gelişimi ile topoğrafik yarılma ve erozyon süreçlerinin şiddeti hakkında bilgi sunmaktadır (Rana vd., 2016, Turoğlu ve Aykut, 2019). Havzada bulunan toplam dizin sayısının (N_u), havza alanına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Horton, 1945). Bu indis üzerinde iklim, litolojik özellikler, jeomorfoloji, bitki örtüsü özellikleri, zaman ve antropojenik etmenlerin rolü vardır (Hoşgören, 2001). Yüksek F_s değerine sahip olan havzada geçirgen olmayan zemin koşulları, seyrek bitki örtüsü ve yüksek rölyef koşulları hâkim iken, düşük F_s değerine sahip havzalarda geçirimin yüksek olduğu zemin ve alçak rölyef koşulları hâkimdir (Patil ve Mali, 2013). Ayrıca F_s değerinin fazla hesaplanması yüksek taşkın potansiyeline delildir (Turoğlu ve Aykut, 2019). Vangölü alt havzalarına ait F_s değeri 0,03-0,18 arasında değişmektedir. Bu indis Engil, Erçek ve Karasu alt havzalarında düşük hesaplanmasına karşın, Deliçay, Zilan, Kotum, Engil-Gevaş, Çaybağı alt havzalarında yüksek hesaplanmıştır. Bu indis sonuçları drenaj yoğunluğu indis sonuçları ile korelasyonu yapıldığında paralellik gösterdiği anlaşılmıştır. Bu bağlamda taşkın duyarlılığı en fazla olan havza Deliçay, Kotum-Sufresor alt havzalarıdır. Vangölü'nün güneybatısında kalan zeminin infiltrasyonunun düşük olması F_s değerlerine yansıdığı söylenebilir.

Havza Şekli (Basin Form, R_f)

Bu indis havza alanının (A), havza uzunluğunun (L_b) karesine bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Bir havzanın geometrik formu hakkında bilgi veren bu indisin düşük hesaplandığı havzalarda havzanın uzun ve dar bir şekle sahip olduğu (Horton, 1932) kısa zamanda yan koldan gelen az akımla, uzun süreli meydana gelecek yüksek ana akımın görüleceği bir şekli göstermektedir. Bu indisin yüksek hesaplandığı durumlarda havzanın şekli dairesel nitelikte olup, uzun zamanda yan kollardan gelen yüksek akımla, kısa süreli düşük ana akımın görüldüğü ayrıca kısa süreli maksimum akıma neden olan bir şekil ortaya çıkartır (Özdemir, 2011). Bu durum ana akarsu üzerinde su miktarını artıracağı göz önünde bulundurulursa taşkın ihtimalinin yüksek olacağı açıktır (Biswas vd., 1999; Görür ve Karadeniz, 2018; Horton, 1932; Reddy, 2004). Ayrıca R_f değeri 0 ile 1 arasında değişmekte olup değerin sıfıra yaklaşımı dar ve uzun havzayı, 1'e yaklaşımı ise dairesel havzayı temsil etmektedir (Horton, 1932). Bu veriler ışığında R_f değerinin taşkın duyarlılığıyla doğru orantılı olduğu söylenebilir. Vangölü alt havzalarında R_f değeri 0,13 ile 1,55 arasında değişmektedir. Alt havzalar içinde en yüksek R_f değeri Kotum-Tatvan alt havzası için hesaplanmıştır. Buna karşın en düşük R_f değeri ise Karasu-Bendimahi alt havzası için hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları 19 alt havza için kıyaslandığında taşkın duyarlılığı en yüksek olan alt havza Kotum- Tatvan alt havzası olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca Göllü, Kotum-Tatvan, Engil-Gevaş, alt havzalarının daireselliğe en yakın alt havzalar olduğu geri kalan alt havzaların uzunlamasına havzalar olduğu da söylenebilir.

Uzunluk Oranı (Elongation Ratio, R_e)

Havza maksimum uzunluğunun, havzayla eş alana sahip bir dairenin çapının oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Özdemir, 2011; Schumm, 1956). Havzanın infiltrasyonu ve yüzeysel akışı hakkında bilgi vermektedir. Yüzeysel akışın fazla infiltrasyonun düşük olduğu havzalarda Re değeri yüksek hesaplanırken aksi durumda yani yüzeysel akışın az, infiltrasyonun fazla olduğu havzalarda R_e değerinin düşük hesaplandığı ayrıca havzada aşınma ve sediman taşıma kabiliyetinin az olduğu anlaşılmaktadır (Özdemir, 2007; Reddy vd., 2004; Verstappen, 1983). Bu indisin hesaplama sonucu ne kadar 1'e yakın hesaplanırsa taşkın duyarlılığı o derecede artmaktadır (Turoğlu, 1997). Vangölü alt havzasının R_e sonuçlarına bakıldığında 0,41 ile 1,40 arasında değişmektedir. Alt havzalarda Vangölü'nün doğusunda kalan havzaların R_e sonuçları diğer yönlerde kalan havzalardan daha düşük hesaplanmıştır. Bu durum havza uzunlukları ve alansal büyüklükleriyle ilgilidir. En yüksek değer Kotum-Tatvan havzası için hesaplanırken, en düşük değer Karasu-Bendimahi alt havzası için hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında alt havzalar içinde taşkın duyarlılığı en fazla olan alt havza Kotum-Tatvan alt havzasıdır.

Rölyef Morfometrisi (Relief Morphometry)

Havza Rölyefi (Basin Relief, B_h)

Bir havzanın en yüksek noktası ile en alçak noktası farkı ifade eden bu indis (Schumm, 1956), değer artışına bağlı olarak artan yamaç ve yatak eğimlerini, dolayısıyla hızlanan akış süreçlerini temsil etmektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019). Yüksek rölyef değerleri, akım toplanma süresini kısaltıp akış hızını artırarak taşkın duyarlılığını yükseltmektedir (Özdemir, 2011). Van Gölü alt havzalarında 960 ile 2406 m arasında değişen B_h değerleri içerisinde, en düşük fark Göllü, en yüksek fark ise Zilan-Sufresor havzasında saptanmıştır. Zilan-Sufresor havzasının sahip olduğu yüksek rölyef değeri; akım toplanma süresini kısaltıp infiltrasyonu kısıtlayarak taşkın pikini artırmakta, bu durum ise havzanın taşkın duyarlılığını yükselten bir etken olarak değerlendirilebilir. Van Gölü alt havzaları genelinde ortalama yükselti yüksek seyretmekle birlikte; en belirgin yükselti değerleri havzanın güney, güneybatı ve kuzey kesimlerinde saptanmıştır. Havzanın doğusundan İran sınırına doğru gerçekleşen yükselti artışının ise diğer kesimlere oranla daha düşük gradyanlı olduğu tespit edilmiştir.

Rölyef Oranı (Relief Ratio, R_h)

Rölyef oranı indisi (R_h), havza rölyefinin ana akarsuya paralel olan maksimum havza uzunluğuna oranlanmasıyla elde edilmektedir (Kamuş ve Dutucu, 2023; Patton, 1988; Schumm, 1956). Havzanın drenaj yoğunluğu, genel eğim ve uzunluk oranı hakkında temel veriler sunan bu indis, yüksek değerlerde havzadaki engebeli topografyanın ve dik eğimlerin varlığına işaret etmektedir. Bu durum, yüzey akış hızının artmasına neden olurken; düşük rölyef oranına sahip alanlar ise daha az dirençli litolojik bir yapıya, yüksek yeraltı suyu potansiyeline ve daha sade bir morfolojiye işaret eder (Aavinash vd., 2011; Sreedevi vd., 2005). Teorik olarak rölyef

oranının yüksekliği, yağış sularının kısa sürede akışa geçerek havza çıkışına ulaşmasına ve dolayısıyla taşkın duyarlılığının artmasına yol açmaktadır.

Van Gölü alt havzaları özelinde incelendiğinde, rölyef oranlarının 14,67 ile 281,38 arasında geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. En düşük değer, morfolojik olarak uzunlamasına bir yapı sergileyen ve yükselti farkının az olduğu Karasu alt havzasında tespit edilmiştir. Saha gözlemleri de akarsuyun orta çığırından itibaren uzun mesafeler boyunca menderesli bir akış düzenine sahip olduğunu doğrulamaktadır. Buna karşın, en yüksek rölyef oranı Engil-Gevaş alt havzasında hesaplanmıştır. Yükselti farkının kısa mesafede hızla değiştiği bu havza, hesaplama sonuçlarına göre bölgedeki taşkın duyarlılığı en yüksek alt havza olarak öne çıkmaktadır.

Engebelilik Değeri (Ruggedness Number, R_n)

Bu indis Havza rölyefi (B_h) ve Drenaj yoğunluğunun (D_d) çarpımı ile hesaplanmaktadır (Melton, 1957). Havzanın yarılma derecesi hakkında fikir veren indis aynı zamanda akım gravitesi, yüzeysel akış durumu, infiltrasyon ve erozyonal süreç hakkında da bilgi vermektedir (Reddy vd., 2004; Verstappen, 1983). İndis sonucunun yüksek hesaplanması su kaybının az ve yüzeysel akışın fazlalığını gösterirken düşük hesaplanması su kaybının fazla ve yüzeysel akışın az olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda engebelilik değerinin yüksek hesaplandığı havzalarda taşkın duyarlılığının yüksek çıkması beklenmektedir (Baker vd., 1988; Kamuş ve Dutucu, 2023, s. 13; Özdemir, 2011; Ritter vd., 1995). Vangölü havzası için engebelilik değeri ortalaması 604,63 olarak hesaplanmıştır. Alt havzalarda bu değer 227-1144,33 arasında değişmektedir. En düşük değer 222,01 ile Erçek alt havzası için hesaplanırken en yüksek değer 1154,43 ile Zilan-Sufresor alt havzası için hesaplanmıştır. Bu doğrultuda taşkın duyarlılığı en yüksek alt havza Zilan-Sufresor havzası olduğu anlaşılmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde Vangölü'nün kuzey kesiminde yer alan alt havzaların (Deliçay, Zilan) taşkın duyarlılığının daha fazla olduğu söylenebilir.

Hipsometrik İntegral (Hypsometric İntegral, H_i)

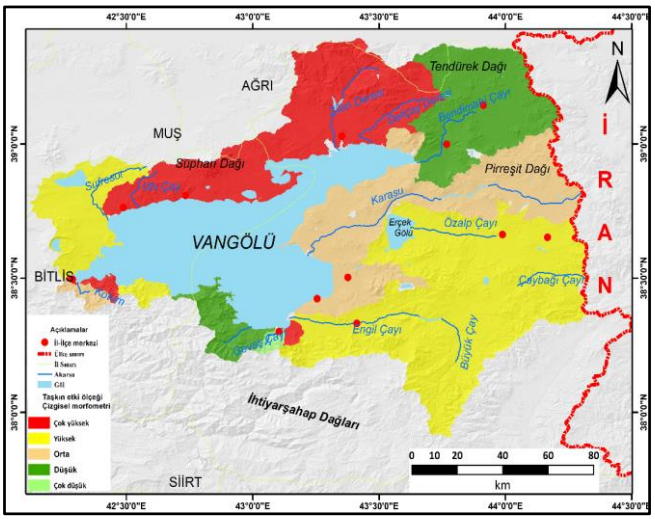
Hipsometri eğrisi altında kalan alanı ifade eden bu indis, havzanın ortalama yükseltisinden minimum yükseltisinin çıkarılmasından elde edile sonucun, havza rölyefine bölünmesiyle elde edilmektedir (Keller ve Pinter, 2002; Strahler, 1952). Bu indis 0-1 arasında değişmektedir. Bulunan H_i değeri 0,3 ten küçükse sahanın yaşlılık evresinde, 0,30- 0,6 arasında hesaplanırsa olgunluk evresinde, 0,6 dan büyükse gençlik evresinde olduğunu göstermektedir (Ramu ve Mahalingam, 2012). Hesaplama sonucu 0'a yaklaştıkça havzanın aşındırıldığı, parçalandığı söylenebilir (Özdemir, 2011). Keza değer 0'a yaklaştıkça dış bükey özelliğini yitirecektir. Taşkın duyarlılığı olgunluk evresinde ön plana çıkmaktadır (Kamuş ve Dutucu, 2023, s. 15; Turoğlu ve Aykut, 2019). Vangölü havzası geneli için H_i değeri 0,31 olarak hesaplanmıştır. Alt havzalar için H_i değeri 0,16- 0,40 arasında değişmektedir. Alt havzalar içinde en yüksek değer Deliçay alt havzası için hesaplanmıştır. En düşük değer Zilan-Sufresor alt havzası için hesaplanmıştır. Havzaya genel olarak bakıldığında Gevaş ile Tatvan arasında kalan alt havzaların H_i değerinin düşük hesaplandığı görülmektedir. Bunun nedenleri arasında rölyef koşullarının değişkenliğinin rolü olduğu açıktır.

Taşkın duyarlılığı en yüksek olan havza Deliçay havzası olduğu anlaşılmaktadır. Nihai olarak Vangölü alt havzalarının çizgisel, alansal ve rölyef morfometri analiz sonuçları her indis özelinde taşkın üretme potansiyeli analiz edilerek izah edilmiştir. Analizi yapılan ondokuz alt havza etki düzeyleri kendi içerisinde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada on dokuz alt havza olduğu için 1-19 arası puanlama yapılmıştır. Etki düzeyi 1 (en az) ve 19 (en yüksek) arası değerler kullanılmıştır. Bu bağlamda çizgisel, alansal ve rölyef morfometri etki düzeyleri puanları toplanmış olup ortalaması alınmıştır. Elde edilen ortalama değerler için referans aralığı tanımlanmıştır. Bu referans aralığına göre taşkın etki durumu (çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek) belirlenmiştir. Etki durumuna göre haritalama yapılmıştır.

Buna göre üretilen çizgisel etki durumu haritasına bakıldığında (Şekil 10) Vangölü havzasının kuzeybatı kesiminde kalan alt havzaların çok yüksek, güneydoğu ve batı kesiminde kalan alt havzaların yüksek taşkın niteliğine sahip olduğu anlaşılmıştır. Buna karşın kuzeydoğu ve güney kesiminde kalan bazı havzaların düşük ve çok düşük nitelikte olduğu görülmüştür.

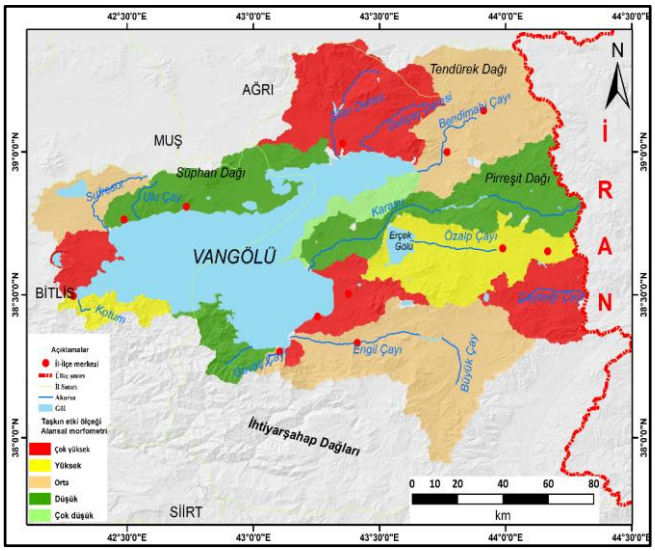
Şekil 10

Vangölü Alt Havzalarının Çizgisel Morfometri Taşkın Etkinlik Haritası.



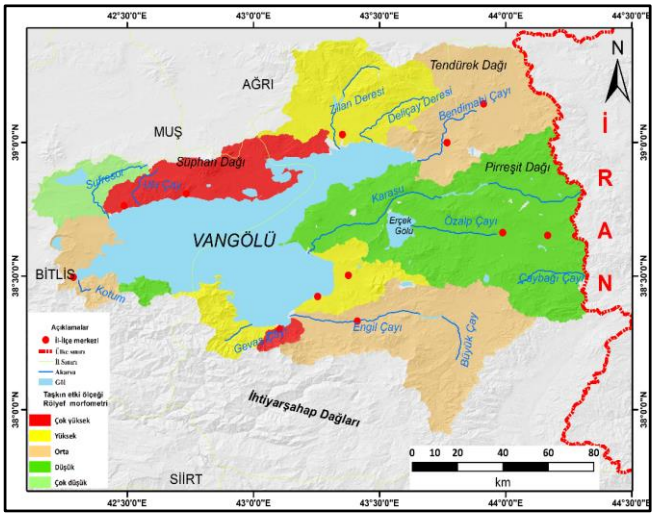
Alansal etki durumu haritasına bakıldığında (Şekil 11) Vangölü havzasının kuzeybatı kesiminde, doğu sınırında ve Vangölü doğu kıyısında kalan alt havzanın çok yüksek, Erçek ve Kotum alt havzalarının yüksek taşkın niteliğine sahip olduğu anlaşılmıştır. Buna karşın Karasu ve Gevaş alt havzası ile Zilan ve Sufresor deresi ararsında kalan alt havzaların düşük nitelikte olduğu görülmüştür.

Şekil 11
Vangölü Alt Havzalarının Alansal Morfometri Taşkın Etkinlik Haritası.



Rölyef etki durumu haritasına bakıldığında (Şekil 12) Vangölü havzasının kuzey kesiminde ve Vangölü'nün güneydoğu kıyısında kalan alt havzanın çok yüksek olduğu buna karşın Erçek, Karasu ve Çaybağı alt havzalarının düşük ve Sufresor alt havzalarının çok düşük taşkın niteliğine sahip olduğu anlaşılmıştır.

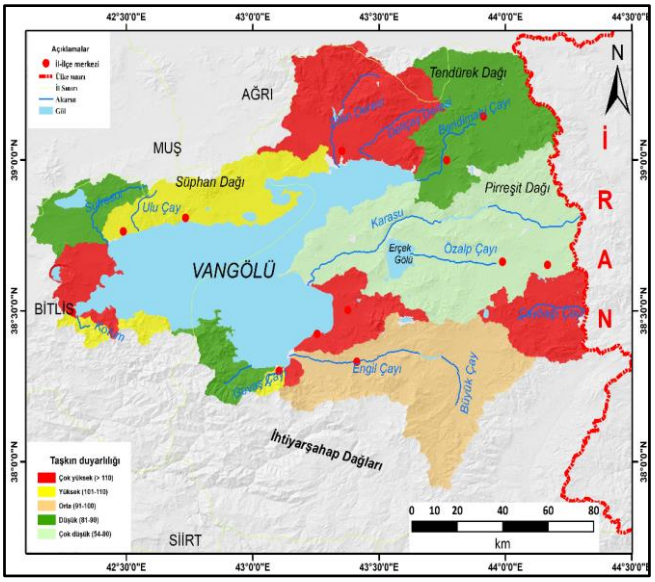
Şekil 12
Vangölü Alt Havzalarının Rölyef Morfometri Taşkın Etkinlik Haritası.



Nihai olarak alt havzalar çizgisel, alansal ve rölyef morfometri analiz sonuçlarına göre oluşturulan taşkın etki durumu haritaları karşılaştırıldığında Engil-Gevaş alt havzasının her üç morfometri analiz etki sonucuna göre "Çok yüksek" taşkın niteliğine sahip olduğu söylenebilir. Diğer taraftan değerlendirmeye alınan çizgisel, alansal ve rölyef morfometri analizi taşkın puanlama durumu toplam olarak değerlendirmeye alınarak genel taşkın durumu haritası üretilmiştir. Toplam değerin yüksekliği ile taşkın duyarlılığı arasında doğru bir orantı kurulmuştur. Yani değerin en fazla hesaplandığı alt havza taşkın duyarlılığı en yüksek havzadır. Söz konusu havzaların duyarlılık seviyesinin belirlenmesine yönelik olarak 5 sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma isimleri ve puanlamaları; çok düşük (54-80), düşük (81-90), orta (91-100), yüksek (101-110), çok yüksek (>110) olarak tanımlanmıştır (Tablo 5).

Hesaplamadan elde edilen etki tablosu sonuçları ve bu sonuçlara göre tanımlanan etki durumu tablosu yorumlandığında 3 havzanın çok düşük, 3 havzanın düşük, 3 havzanın orta, 4 havzanın yüksek ve 6 alt havzanın çok yüksek duyarlılık düzeyine sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu verilerden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir (Şekil 13).

Şekil 13
Vangölü Havzasının Taşkın Duyarlılık Haritası.



Tablo 5
Hidromorfometrik Indis Analiz Sonuçlarına Göre Elde Edilen Sayısal Etki Değeri ve Duyarlılık Durumu Tablosu

No	Havza adı	Rb	R_L	R_t	D_d	F_s	R_f	R_e	B_h	R_h	R_n	H_i	∑	Duyarlılık
1	**Engil**	14	11	8	3	16	6	6	18	4	8	2	96	Orta
2	**Erçek**	15	14	2	1	17	10	9	5	3	1	1	78	Çok düşük
3	**Karasu**	13	7	3	2	15	3	3	10	1	3	1	61	Çok düşük
4	**Deliçay**	10	17	15	19	19	5	5	13	10	17	2	132	Çok yüksek
5	**Zilan**	11	10	18	18	9	12	12	15	9	18	1	133	Çok yüksek
6	**Bendimahi**	12	3	5	4	1	13	13	16	8	7	1	83	Düşük
7	**Sufresor**	8	12	13	17	11	4	4	4	5	11	1	90	Düşük
8	**Kotum**	16	2	9	10	18	7	7	9	14	10	2	104	Yüksek
9	**Gevaş**	1	1	11	9	7	8	8	17	17	15	1	95	Yüksek
10	**Kotum-Tatvan**	19	18	1	5	2	19	19	8	18	5	1	115	Çok yüksek
11	**Göllü**	18	9	4	7	4	17	17	1	15	2	1	95	Yüksek
12	**Zilan-Sufresor**	3	16	19	14	5	2	2	19	7	19	1	107	Yüksek
13	**Karasu-Bendimahi**	2	19	6	8	8	1	1	2	2	4	1	54	Çok düşük
14	**Erçek- Karasu- Engil**	5	5	12	12	10	15	15	11	12	14	1	112	Çok yüksek
15	**Bendimahi- Deliçay**	4	6	16	11	6	14	14	7	16	9	1	104	Çok yüksek
16	**Engil- Gevaş**	17	15	10	16	13	18	18	12	19	16	1	155	Çok yüksek
17	**Göllü- Gevaş**	9	4	7	6	3	9	10	14	13	13	1	89	Düşük
18	**Kotum- Sufresor**	6	13	14	15	14	11	11	6	11	12	1	114	Çok yüksek
19	**Çaybağı**	7	8	17	13	12	16	16	3	6	6	2	106	Çok yüksek

Tartışma ve Sonuç

Türkiye'nin en büyük gölüne sahip olan Van Gölü Kapalı Havzası, yüksek nüfus potansiyeli ve zengin drenaj ağına rağmen, bugüne kadar bütüncül bir taşkın duyarlılığı hiyerarşisi bağlamında yeterince çalışılmamıştır. Bu araştırmada elde edilen bulgular, havzadaki 19 alt havzanın morfometrik özellikleri ile taşkın duyarlılıkları arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonuçları, literatürdeki yerel ölçekli çalışmalarla yüksek oranda korelasyon göstermektedir.

Havzanın doğu kesiminde nüfusun yoğunlaştığı Tuşba, Edremit ve İpekyolu ilçelerini AHP yöntemiyle inceleyen Selçuk vd. (2016), bölgenin %39'unun yüksek ve orta-yüksek duyarlılığa sahip olduğunu saptamıştır. Mevcut araştırmada kullanılan hidromorfometrik analizler, söz konusu ilçeleri kapsayan alt havzaların geçmiş taşkın kayıtlarıyla benzer şekilde yüksek duyarlılık puanları aldığını doğrulamış; bu durum kullanılan metodolojinin tutarlılığını kanıtlamıştır. Benzer şekilde, Tanış ve Çelik (2024) tarafından Güzelsu alt havzasında yürütülen yedi faktörlü risk analizinde elde edilen %21,1'lik "çok yüksek risk" oranı, bu çalışmanın aynı saha için ürettiği bütünsel havza çıktıklarıyla paralellik arz etmektedir.

Havzadaki sel ve taşkın olaylarının nedenleri üzerine odaklanan Giyik vd. (2022); iklimsel rejimin yanı sıra bitki örtüsü tahribatı, yanlış yerleşim stratejileri ve dere yataklarına yönelik antropojenik müdahalelerin hidrolojik dengeyi bozduğunu ifade etmiştir. İlgili araştırmacıların Erciş ilçesi ile Çatak, Çaldıran ve Muradiye gibi merkezlerde yoğunlaştığını belirttiği taşkın olayları, bu çalışmanın duyarlılık hiyerarşisinde "yüksek" ve "çok yüksek" sınıflarda yer alan Zilan, Deliçay ve Engil alt havzaları ile mekânsal olarak örtüşmektedir. Nitekim Demir vd. (2022) tarafından Erciş özelinde gerçekleştirilen çoklu tehlike analizi de bölgenin taşkın risk düzeyinin kabul edilebilir sınırların üzerinde olduğunu vurgulayarak, acil afet müdahale planlarının gerekliliğine dikkat çekmiştir.

Havza içerisindeki lokal morfolojik karakteristikler de literatürle uyumludur. Matpay (2024), Çaybağı Çayı havzasında jeomorfometrik veriler ışığında ciddi bir taşkın sorunu gözlemlemiş; bu durum çalışmamızda söz konusu havzanın "Çok Yüksek" duyarlılık sınıfında yer almasıyla sayısal olarak desteklenmiştir. Nişancı vd. (2024) tarafından Türkiye genelindeki havzalar için vurgulanan morfometrik heterojenlik, Van Gölü Kapalı Havzası genelinde de gözlemlenmiştir. 19 alt havza arasında saptanan bu morfometrik farklılıklar, duyarlılık düzeylerinin mekânsal olarak değişkenlik göstermesinin temel nedenini oluşturmaktadır.

Son olarak, Fine Kinney risk değerlendirme metodunu kullanan Matpay ve Mutlu (2023) ile Karasu havzası için SWOT analizi gerçekleştiren Seyitoğulları ve Matpay (2024); Muradiye, Gürpınar ve Erciş gibi bölgelerin afet risk potansiyelinin yüksekliğini ortaya koymuşlardır. Bu bölgeleri kapsayan Deliçay ve Engil gibi alt havzaların mevcut çalışmada yüksek risk skorları alması, yerel bulguların havza ölçeğindeki bütüncül model ile uyumlu ve desteklediğini

göstermektedir.

Nihai olarak, lokal düzeyde gerçekleştirilmiş önceki çalışmalar ile havzayı bir bütün olarak ele alan bu araştırmanın çıktıları büyük ölçüde örtüşmektedir. Elde edilen duyarlılık hiyerarşisi, havza genelindeki risk odaklı planlamalar ve sürdürülebilir afet yönetimi stratejileri için fikir vericidir.

Bu çalışma Van Gölü Havzası'ndaki alt havzaların taşkın duyarlılığını morfometrik indisler üzerinden sayısal olarak ortaya koymayı hedeflemekle birlikte, bazı içsel ve dışsal sınırlılıklara sahiptir. İlk olarak, araştırmada kullanılan morfometrik analizler temel olarak havza geometrisi, drenaj ağı ve rölyef özelliklerine dayanmaktadır; ancak taşkın olaylarının dinamik doğasını belirleyen anlık ekstrem yağış verileri, toprak nemliliği ve arazi kullanımı (bitki örtüsü değişimi vb.) gibi değişkenler bu sayısal modellemenin kapsamı dışında tutulmuştur. İkinci bir kısıtlılık, analizlerde kullanılan Sayısal Yükseklik Modeli'nin (DEM) çözünürlüğü ve veri tarihleridir; mikro ölçekli topografik değişimler veya son dönemde gerçekleştirilen ıslah çalışmaları ve baraj/bent gibi antropojenik müdahaleler analiz sonuçlarında tam olarak temsil edilememiş olabilir. Ayrıca, alt havzaların taşkın duyarlılık puanlaması literatürdeki genel kabullere ve havza içi bağıl kıyaslamalara dayanmaktadır. Bu durum, çalışma sonuçlarının mutlak bir taşkın tahmininden ziyade, potansiyel risk alanlarını belirlemeye yönelik bir ön değerlendirme niteliği taşımasına neden olmaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, bu morfometrik bulguların yüksek çözünürlüklü hidrometeorolojik veriler ve yerinde gözlemlere dayalı hidrograf analizleriyle desteklenmesi, sonuçların geçerliliğini daha da artıracaktır.

Van Gölü Havzası, heterojen jeomorfometrik yapısı ve dinamik hidro-klimatolojik karakteristiği nedeniyle taşkın riskinin mekânsal olarak farklılaştığı kritik bir kapalı havza niteliğindedir. Bu çalışma kapsamında 19 alt havza özelinde gerçekleştirilen çizgisel, alansal ve rölyef odaklı morfometrik analizler; havzanın fiziki coğrafya koşullarının taşkın duyarlılığı üzerindeki belirleyici rolünü sayısal verilerle ortaya koymuştur. Elde edilen bulguların kümülatif değerlendirmesi sonucunda; Engil-Gevaş, Zilan, Deliçay, Kotum-Sufresor, Bendimahi-Deliçay ve Erçek-Karasu-Engil alt havzaları, morfometrik parametrelerin toplam etkisiyle "çok yüksek" duyarlılık sınıfında yer almıştır. Özellikle Van kent merkezi ve çevresindeki yüksek nüfus yoğunluğunu barındıran Erçek-Karasu-Engil havzasının bu grupta yer alması, havzadaki morfolojik risklerin yüksek sosyo-ekonomik yapıyla birleştiğini göstermektedir. Öte yandan, Karasu-Bendimahi, Karasu ve Erçek alt havzaları, morfometrik verilere göre "çok düşük" duyarlılık değerleriyle havzanın göreceli olarak güvenli havzaları olarak saptanmıştır. Araştırma sonuçları, havzanın taşkın potansiyeline dair somut bir hiyerarşi sunsa da; bu verilerin belirli kuramsal ve teknik kısıtlılıklar dâhilinde yorumlanması akademik bir gerekliliktir. Çalışma, temel olarak havza geometrisi ve drenaj ağı gibi statik parametrelere dayanmaktadır. Dolayısıyla, taşkın olaylarının dinamik bileşenleri olan anlık ekstrem yağış rejimleri, toprak nem doygunluğu ve arazi kullanımı gibi değişkenler bu modellemenin kapsamı dışındadır. Ayrıca, analizlerde kullanılan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) çözünürlüğü ve güncelliği; sahada gerçekleştirilen ıslah çalışmaları veya baraj/bent gibi antropojenik müdahalelerin mikro ölçekli etkilerini tam olarak yansıtamamış olabilir. Bu yönüyle sonuçlar, mutlak bir taşkın tahmini olmaktan ziyade, stratejik planlamaya altlık teşkil eden potansiyel risk ön değerlendirmesi olarak kabul edilmelidir. Nihai bir değerlendirme yapıldığında; iklim değişikliğine bağlı hidrolojik sapmaların ve kuruyan göl tabanları (Akgöl, Tuz Gölü) ile dere yataklarındaki plansız beşerî faaliyetlerin (yerleşim, hayvancılık yapıları vb.) yarattığı baskı, morfometrik duyarlılığın yüksek olduğu sahalarda riski katlamaktadır. Bu bağlamda şu öneriler stratejik önem arz etmektedir: Taşkın duyarlılığı "çok yüksek" olarak saptanan alt havzalarda, yerleşim baskısı ve tarımsal faaliyetler sıkı denetim altına alınmalı; riskli dere yataklarındaki antropojenik yapılar (ahır, barınak vb.) tahliye edilerek dere ıslah projeleri önleme odaklı bir yaklaşımla revize edilmelidir. Hidromorfometrik bulguların sosyo-ekonomik ve hidrolojik çalışmalarla entegre edilmesi, Van Gölü Havzası'nın sürdürülebilir yönetimi ve doğal ortam-insan ilişkisinin doğru kurgulanması adına elzemdir. Bu çalışma, Van Gölü Havzası'nın taşkın direncinin artırılması yolunda, karar vericilere ve bölge planlamacılarına bilimsel bir temel ve öncelikli müdahale alanlarını gösteren bir rehber sunmaktadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Yapay Zekâ Kullanımı: Yazar, bu çalışmada yapay zekâ destekli herhangi bir uygulama kullanılmadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The author declared that this study has received no financial support.

Use of Artificial Intelligence: The author state that no artificial intelligence-powered applications were used in this study.

Kaynaklar

ASF (Alos Palsar). (2023). *Alaska Uydu Tesisi-Dağıtılmış Aktif Arşiv Merkezi*. https://asf.alaska.edu/datasets/daac/ alos-palsar/

Ateş, Ş., Mutlu, G., Özerk, O.Ç., Çiçek, İ., Karakaya Gülmez, F., Bulut Üstün, A., Karabıyıkoğlu, M., Çelebioğlu, R., Özata, A., & Aksoy, A. (2007). *Van Bölgesinin Yerbilimleri Verileri*. MTA Rapor No:10961, 152s (yayınlanmamış).

Avci, V., Dölek, İ., & Uzelli, T. (2023). Araklı ve çevresinde (Trabzon) sel ve taşkına neden olan derelerin morfometrik analizlerle taşkın duyarlılıklarının belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, *13*(3), 1024-1054. https://doi.org/10.31466/kfbd.1286455

Avci, V., & Ünsal, Ö. (2023). A morphometric approach to Bozkurt (Kastamonu-Türkiye) flood. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, *9*(2), 216-239. https://doi.org/10.21324/dacd.1210797

Avcı, V., & Sunkar, M. (2015). Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının morfometrik analizleri. *Journal of Geography*, *30*, 91-119.

Avinash, K., Jayappa, K. S., & Deepika, B. (2011). Prioritization of sub-basins based on geomorphology and morphometricanalysis using remote sensing and geographic information system (GIS) techniques. *Geocarto International*, *26*(7), 569-592.

Baker, V.R., Kochel, R.C. & Patton, P.C. (1988) *Flood geomorphology.* Wiley-Interscience, New York.

Biswas, S., Sudhakar, S., & Desai, V. R. (1999). Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *27*(3), 155-166.

Demir, A., Kemeç, S., & İlke, F. D. (2022). Afet riski değerlendirmelerinde çoklu tehlike analizi "Erciş, Van örneği". *Resilience*, *6*(1), 15-38.

Doğanay, S., Alım, M., & Altaş, T. (2006). Atmosfer kökenli doğal afetlere bir örnek: 10 Ağustos 2005 Erzurum seli. *Doğu Coğrafya Dergisi*, *11*(16), 305-322.

Dölek, İ., & Vedat, Avci (2024). Muş ilinin sel ve taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulması. *The Journal of Academic Social Science*, *44*(44), 190-204.

Duman, N., & İrcan, M. R. (2022). Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı Çankırı merkez ilçesinin taşkın duyarlılık analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (9), 50-66. https://doi.org/10.46453/jader.1165963

Elbaşı, E., & Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi akarsu havzalarının morfometrik analizi. *Journal of Geography*, *(36)*, 63-84.

Ergül, T., & Aydın, O. (2025). Küçük Melen İğneler Havzası'ndaki taşkınların hidrolojik modelleme yöntemiyle (HEC-HMS) belirlenmesi. *Geomatik*, *10*(1),1-14. https://doi.org/10.29128/geomatik.1492923

Esen, F. (2022). Ayancık Çayı Havzası'nda (Sinop) meydana gelen taşkın olaylarının havza morfometrisi açısından değerlendirilmesi. *Uluslararası Coğrafya ve Coğrafya Eğitimi Dergisi*, (47), 233-257.

Eshghi, K., & Larson, R. C. (2008). Disasters: Lessons from the past 105 years. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, *17*(1), 62-82.

Giyik, C., Oyguç, R. A., & Anıktar, S. (2022). Van ilinin afetselliği ve afet konutlarında yer seçimi uygulamaları. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, *8*(2), 178-195.

Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *American Geophysics Union, 13*(1), 350– 361.

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydro-physical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, *56*, 275-370.

Hoşgören, M.Y. (2017). *Jeomorfoloji terimleri sözlüğü (3.baskı*). İstanbul: Çantay Yayınları.

https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=BITLIS (Erişim Tarihi. 12.05.2025).

İrcan, M. R., Kale, M. M., & Duman, N. (2024). Morfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi: Şanlıurfa örneği. *Geomatik*, *9*(3), 361-374.

Jia, H., Chen, F., Pan, D., Du, E., Wang, L., Wang, N., & Yang, A. (2022). Flood risk management in the Yangtze River basin—Comparison of 1998 and 2020 events. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *68*, 102724. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102724

Kamuş, A. O., & Dutucu, A. A. (2023). Hidromorfometrik analizlerle Esmahanım Deresi Havzasının taşkın duyarlılığının belirlenmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, *11*, 1-21.

Karakoca, E., & Ünver, A. (2024). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak Eşen Çayı Havzası'nda taşkın riski değerlendirmesi ve haritalandırılması. *Geomatik*, *10*(1), 124-139.

Keller, E.A., Pınter, N. 2002. *Active tectonics* (2nd edition), Upper Saddle River.New Jersey, *Prentice Hall*, 362 p.

Kerim, A., & Süme, V. (2019). Taşkınlar, taşkın koruma ve kontrol yapıları; Rize ilinde alan çalışmaları. *Türk Hidrolik Dergisi*, *3*(1), 1-13.

Koçyiğit, M. B., & Akay, H. (2018). Morfometrik parametreler yardımıyla havzada muhtemel taşkın riskinin tahmin edilmesi: Akçay Havzası örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *33*(4), 1321-1332.

Kowalzig, J. (2010). *Climate, Poverty, and Justice: What the Poznan UN climate conference needs to deliver for a fair and effective global deal*. Oxfam International.

Kuşcu, İ., & Özdemir, H. (2023). Taşkın duyarlılık analizinde kullanılan parametreler üzerine bir değerlendirme. *Türk Coğrafya Dergisi*, *84*, 67-83.

Matpay, B. (2024). Büyükdere havzasına (Hizan-Bitlis) ait alt havzaların hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılıklarının korelasyonu. *International Journal of Geography and Geography Education*, *53,* 242-261.

Matpay, B. (2025). Çaybağı (Kotur) Havzasının (Saray-Van) jeomorfolojisi ve jeomorfometrik özellikleri. *Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *9*(16), 230-272.

Matpay, B., & Mutlu, S. (2023). Van ilinin doğa kaynaklı afet çeşitliliğinin Fine-Kinney Risk Değerlendirme Metodu (FK-RDM) ile ortaya konulması. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, *9*(2), 324-340.

McFarlane, A. C., & Williams, R. (2012). Mental health services required after disasters: Learning from the lasting effects of disasters. *Depression Research and Treatment*, *2012*(1), 970194.

Melton, M. (1957). An Analysis of the Relations Among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology. New York: Department of Geology, Columbia University, Technical Report, 11, project nr 389- 042.

Mutlu, S., Cindioğlu, İ., & Selçuk, A. S. (2022). Van ili kaya düşmesi duyarlılık haritasının oluşturulması ve afetsellik açısından değerlendirilmesi. *Afet ve Risk Dergisi*, *5*(1), 270-281. https://doi.org/10.35341/afet.1068650

Muzamil, S. A. H. B. S., Zainun, N. Y., Ajman, N. N., Sulaiman, N., Khahro, S. H., Rohani, M. M., & Ahmad, H. (2022). Proposed framework for the flood disaster management cycle in Malaysia. *Sustainability*, *14*(7), 4088. https://doi.org/10.3390/su14074088

Nişancı, G. Ş., Cihangir, M. E., & Küçükönder, M. (2024). Türkiye'de ana akarsu havzaları ölçeğinde morfometrik indislerle sel/taşkın arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, *29*(51), 13-40.

Özcan, E. (2006). Sel olayı ve Türkiye. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 26*(1), 35-50.

Özcan, O. (2017). Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Ayamama Deresi örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, *3*(1), 9-27.

Özcan, O., Musaoğlu, N. & Şeker, D.Z. (2009). Taşkın alanlarının CBS ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi ve risk yönetimi: Sakarya Havzası örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs 2008, Ankara: Türkiye Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.

Özdemir, H. (2008). Havran Çayı'nın (Balıkesir) taşkın sıklık analizinde gumbel ve log pearson tip III dağılımlarının karşılaştırılması. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, *6*(1), 41–52.

Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar. D. Ekinci (Ed.), *Fiziki coğrafya araştırmaları: Sistematik ve bölgesel* içinde (s. 507–526). Türk Coğrafya Kurumu Yayınları.

Patil, P. S. V., & Mali, P. S. (2013). Watershed characterization and prioritization of Tulasi subwatershed: A geospatial approach. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *2*(6), 2182–2188.

Patton, P. C. (1988). Drainage basin morphometry and floods. In V. R. Baker, R. Kochel, & P. Patton (Eds.), *Flood geomorphology* (pp. 51–65). Wiley.

Pradhan, B. (2009). Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. *Journal of Spatial Hydrology*, *9*(2), 1–18.

Rana, N., Singh, S., Sundriyal, Y. P., Rawat, G. S., & Juyal, N. (2016). Interpreting the geomorphometric indices for neotectonic implications: An example of Alaknanda valley, Garhwal Himalaya, India. *Journal of Earth System Science*, *125*(4), 841–854. https://doi.org/10.1007/s12040-016-0696-8

Reddy, G. P. O., Maji, A. K., & Gajbhiye, K. S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India–A remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *6*(1), 1–16.

Rekha, B. V., George, A. V., & Rita, M. (2011). Morphometric analysis and micro-watershed prioritization of Peruvanthanam sub-watershed, the Manimala River Basin, Kerala, South India. *Environmental Research, Engineering and Management*, *57*(3), 6-14.

Saral, A. (2010). *Çok kriterli karar verme ve bilgi difüzyonu yöntemleri yardımıyla taşkın risk analizi yazılımının gerçekleştirilmesi* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. İTÜ Bilişim Enstitüsü Açık Arşivi.

Scheidegger, A. E. (1968). Horton's law of stream numbers. *Water Resources Research*, *4*(3), 655–658. https://doi.org/10.1029/WR004i003p00655

Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin*, *67*(5), 597-646

Selçuk, L., Selçuk, A. S., & Kasapoğlu, D. (2016). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (ÇKKA) kullanılarak, Van ili merkez ilçelerinin kentsel taşkın duyarlılık değerlendirmesi, Van/Türkiye. *Yerbilimleri*, *37*(1), 1-18.

Seyitoğulları, M. A., & Matpay, B. (2024). SWOT Analizi yöntemiyle Karasu Nehri Yukarı Havzası'nın (Van) arazi kullanım planlama önerileri. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *12*(1), 211-233.

Shen, G., & Hwang, S. N. (2019). Spatial–Temporal snapshots of global natural disaster impacts Revealed from EM-DAT for 1900-2015. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 10(1), 912-934. https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1552630

Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science, 248*(9), 655-668

Sreedevi, PD, Subrahmanyam, K., & Ahmed, S. (2005). Yapısal olarak kontrol edilen bir arazide yeraltı suyu potansiyel bölgelerini elde etmek için morfometrik analizin önemi. *Çevre Jeolojisi*, *47*, 412-420.

Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological society of America bulletin, 63*(11), 1117- 1142.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, *38*(6), 913–920.

Strahler, A. (1964) Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. In: Chow, V., Ed., Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill, New York, 439-476.

Sunkar, M., & Tonbul, S. (2010). İluh Deresi Havzası'na (Batman) yönelik sel ve taşkın riski analizleri. *Nature Sciences*, *5*(4), 255–273. https://izlik.org/JA65UL74SP

Tanış, E., & Çelik, R. (2024). CBS tabanlı AHP çok kriterli karar verme yöntemi (ÇKKY) kullanılarak Van Gölü Güzelsu Alt Havzası taşkın risk haritalarının çıkarılması ve değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, *15*(4), 941–950.

Turoğlu, H. (1997). İyidere havzasının hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, (32), 355-364.

Turoğlu, H., & Aykut, T. (2019). Ergene Nehri Havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, *2,* 1–15. https://izlik.org/JA56DU46DJ

Turoğlu, H., & Özdemir, H. (2005). *Bartın'da sel ve taşkınlar: Sebepler, etkiler, önleme ve zarar azaltma önerileri*. Çantay Kitabevi.

URL 1. Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Yönetmeliği (*Resmî Gazete Tarihi: 03.05.2019 Resmî Gazete Sayısı: 30763),*

Usta, G. (2023). Dünya'da meydana gelen afetlerin istatistiksel olarak analizi (1900-2022). *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *14*(1), 172-186.

Utlu, M., & Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü: Biga Çayı havzası örneği. *Coğrafya Dergisi*, *36,* 49–62.

Verstappen, H. T. (1983). *Applied geomorphology*. Elsevier. (ISBN 0-444-42181-5)

Yapa Abeywardhana, D. M. (2020). Environmental sociology of floods in the Colombo District of Sri Lanka. In A. L. Sandika (Ed.), *Development in coastal zones and disaster management* (pp. 271–280). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4294-7_18

Yaylak, M. M. (2016). *Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla Bitlis Deresi taşkın risk analizi* (Tez No. 432585) [Yüksek lisans tezi, Bitlis Eren Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Zeybek, H. İ. (1998). 22 Mayıs 1998 Havza sel-taşkın felaketi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 11*, 157-164.