

Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi
Erzincan University Journal of Social Sciences Institute

2022-15(2)- E-ISSN-2148-9289

**ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS) METODU İLE BEHZAT DERESİ
(TOKAT) HAVZASI TAŞKIN RİSK ANALİZİ**

Flood Risk Analysis of Behzat River (Tokat) Basin With Analytic Hierarchy Process
(AHP) Method

MEHMET AKİF TAŞ

Dr. Öğretim Üyesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Coğrafya Bölümü

Asst. Prof. Dr. Erzincan Binali Yıldırım University, Department of Geography,
akif.tas@erzincan.edu.tr

Orcid: 0000-0003-3543-037X.

MUHAMMET ENES YANIK

Arş.Gör., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Coğrafya Bölümü

Research Assistant, Erzincan Binali Yıldırım University, Department of Geography,
muhammet.yanik@erzincan.edu.tr

Orcid: 0000-0003-2926-5814.

Atf/©: Taş, Mehmet Akif (2022). Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahs) Metodu İle Behzat Deresi (Tokat) Havzası Taşkın Risk Analizi, *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl 15, Sayı 2, ss.185-199

Citation/©: Taş, Mehmet Akif (2022). Flood Risk Analysis of Behzat River (Tokat) Basin With Analytic Hierarchy Process (AHP) Method, *Erzincan University Journal of Social Sciences Institute*, Year 15, Issue 2, pp.185-199

Makale Bilgisi / Article Information:

Makale Türü-Article Types :	<i>Araştırma - Research</i>
Geliş Tarihi-Received Date :	<i>19.12.2022</i>
Kabul Tarihi-Accepted Date :	<i>22.12.2022</i>
Sayfa Numarası-Page Numbers:	<i>185-199</i>
Doi :	<i>10.46790/erzisosbil.1221464</i>

Yazar(lar), herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Turnitin/Ithenticate/İntihal ile İntihal Kontrolünden Geçmiştir

Screened for Plagiarism by Turnitin/Ithenticate/İntihal

Licensed by CC-BY-NC ile lisanslıdır

Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahs) Metodu İle Behzat Deresi (Tokat) Havzası Taşkın Risk Analizi

Flood Risk Analysis of Behzat River (Tokat) Basin With Analytic Hierarchy Process (AHP) Method

MEHMET AKİF TAŞ-MUHAMMET ENES YANIK

Öz:

Meteorolojik kökenli afetlerin en önemlilerinden biri olan taşkın (sel), aniden gerçekleşen ve etki derecesi oldukça yüksek olan bir afettir. Bu afete hazırlıksız yakalanmamak, mücadele etmek ve gerekli önlemleri almak için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak uluslararası akademik mecrada kabul görmüş yöntemlerin kullanılması oldukça önemlidir. Bu analiz yöntemlerinden biri de Analytical Hierarchy Process (AHP) olarak literatüre geçen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ya da Çok Kriterli Karar Verme Süreci (ÇKKVS)'dir. Bu çalışmada Tokat'ın Merkez ilçesi güneyinde bulunan, kayıtlarda 1839 yılından 1961 yılına kadar defalarca sel afetine maruz kalarak tarihi süreçte yüzlerce kişinin yaşamını yitirdiği Behzat Deresi Havzası incelenmiştir. SentinelHub, NASA, Corine, HGM, MTA gibi birçok ulusal ve uluslararası kuruluşta elde edilen veriler ışığında AHS oluşturulmuştur. Yaklaşık 25,041 ha yüzölçümüne sahip havzanın güneybatı ve kuzey kesimlerinin yüksek oranda sel afetine kırılgan alanlardan oluştuğu görülmüştür. Yapılan hesaplamalara göre havzanın yaklaşık 9747 ha (%38,9)'lık bölümünün orta derecede, 1372 ha (%5,4)'lık bölümünün ise yüksek derecede sel afetine maruz kalabilecek alanların bulunduğu ortaya konmuştur. Buradan elde edilen sonuçlar dikkate alınarak afet yönetim sürecinde ilgili paydaşların hazırlıklı olmaları amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tokat, AHP Metodu, Analiz, Taşkın, CBS

Abstract:

Flooding, one of the most important meteorological disasters, is a sudden and highly effective disaster. It is very important to use the methods accepted in the international academic community by using Geographic Information Systems (GIS) to avoid being unprepared for this disaster, to fight and to take necessary precautions. One of these analysis methods is Analytical Hierarchy Process (AHP), also known as Analytical Hierarchy Process (AHP) or Multi-Criteria Decision Making Process (ÇKKVS). In this study, the Behzat River Basin, located in the south of the Central District of Tokat, which has suffered from flood disasters many times from 1839 to 1961, and has lost hundreds of lives in the historical process, was examined. In the light of data obtained from many national and international institutions such as SentinelHub, NASA, Corine, HGM, MTA, AHP was created. It was observed that the southwestern and northern sections of the basin, which has an area of approximately 25,041 hectares, consist of areas highly vulnerable to flood disasters. According to the calculations, approximately 9747 ha (38.9%) of the basin is moderately and 1372 ha (5.4%) is highly vulnerable to flood disasters. Based on the results obtained, it is aimed to prepare the relevant stakeholders in the disaster management process.

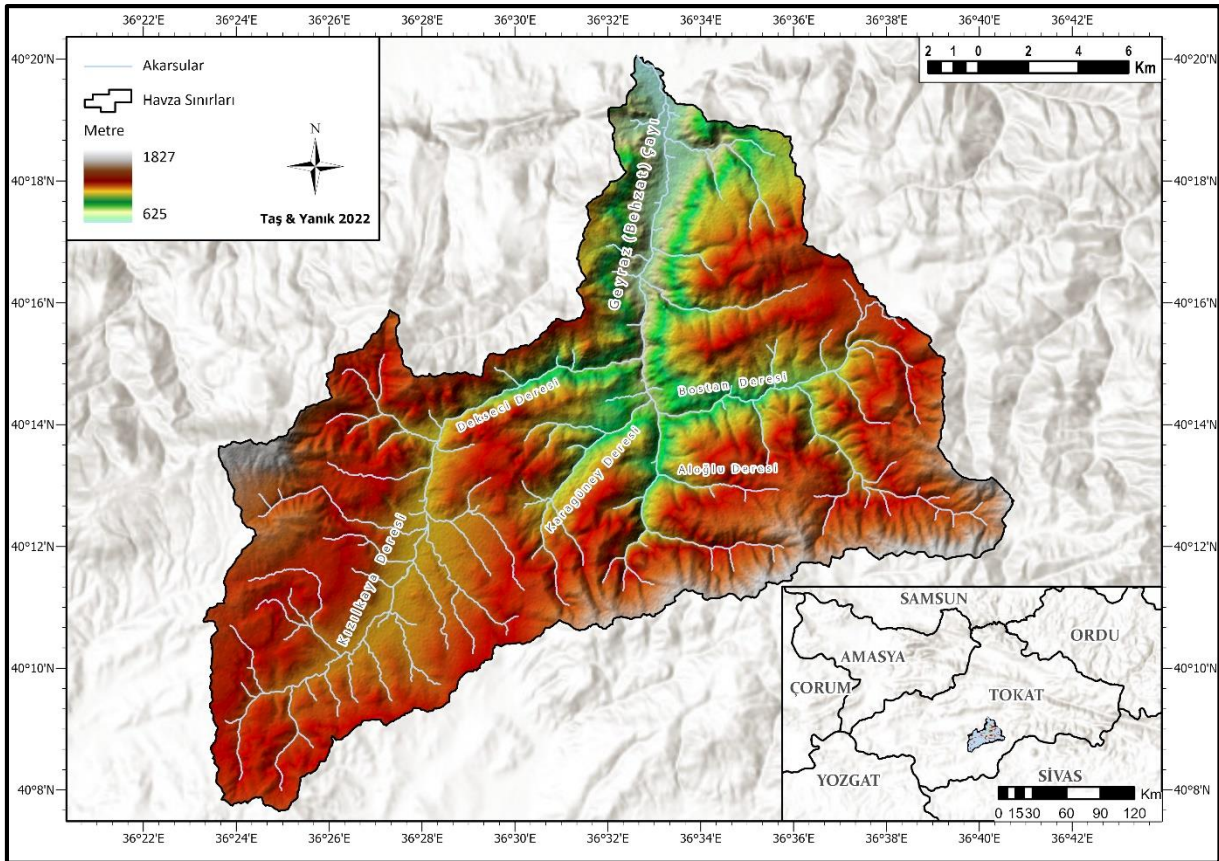
Keywords: Tokat, AHP Method, Analysis, Flood, GIS

1.GİRİŞ

Tokat İl merkezinin güneyinden kuzeyine doğru akış göstererek, şehir merkezinde Yeşilirmak'a katılan Behzat Deresi, kaynağını merkez ilçenin güneyindeki yüksek kesimlerden almaktadır. Havzanın güneybatısından Kızılkaya ve Dekseci Dereleri, güneydoğusundan Aloğlu ve Karagüney Dereleri, doğusundan Bostan Deresi Geyraz Mahallesi güneyinde birleşerek Geyraz Çayını oluşturmaktadır. Geyraz Çayı Tokat İl merkezine girmeden Behzat Deresi adını almaktadır (Şekil 1).

Havzanın yükseltisi genel itibari ile kuzeyden güneye doğru artmaktadır. Havzanın batısında yer alan İmamata T. (1762m) havzadaki en yüksek noktayı oluşturmaktadır. Güneyinde Göhennes T. (1604m), doğusunda Boztepe (1760 m) ve güneybatısında Sulakdağ T. (1390 m) ile çevrelenen Behzat Deresi havzası 25041 ha yüz ölçüme sahiptir.

Geniş bir drenaj ağına sahip Behzat Deresi'nde meydana gelen taşkınlar tarih boyunca Tokat il merkezinde çok sayıda mal ve can kaybına neden olmuştur. Behzat Deresinin Yeşilirmak ile bulunduğu Tokat il merkezinde akarsu ağının bir kol şeklinde toplandığı, menba kısmına göre taşınan su miktarının arttığı ve yerleşmelerin yoğunlaştığı yerlerde taşkınlar meydana gelmiştir ve yerleşim alanlarının yoğunlaşması sebebiyle büyük sel felaketlerine maruz kalmıştır (Aşk, 1955).



Şekil 1: Behzat Deresi Havzası lokasyon haritası.

Behzat Deresi Cumhuriyet dönemi ve öncesinde birçok sel felaketine sahne olmuştur. Çalışma alanında bilinen en eski taşkın olayı 1839 yılında meydana gelmiştir. Bu taşkın olayını takiben kayda geçen büyük taşkınlar sırasıyla; 1908, 1923, 1939, 1946, 1949, 1951, 1956,1957,1958,1959 ve 1961 yıllarında yaşanmıştır (Geyik, 1961). Yaşanan bu sel felaketleri neticesinde binlerce besi hayvanı telef olmuş ve yüzlerce can kaybı yaşanmıştır. Can kayıplarının yanında maddi olarak da çok fazla hasar veren sel felaketleri bölge ekonomisine tamiri zor yaralar açmış, bu yaraların sarılması amacıyla zamanın hükümetleri bölgeye gerekli yardımları yapmaya çalışmıştır (Üzen, 2010; Öztunç, 2012).

Taşkından kaynaklı zararları önlemek için ilk ıslah çalışmaları 1948 yılında başlatılmış ve günümüzde devam etmektedir. Bu ıslah çalışmalarına yardımcı olunması amacıyla yerel yönetim tarla açmalarının

durulması ve yamaç arazilerde hayvan otlatılmasını dahi yasaklamış, arazi sahiplerine tarla sürülürken eğime dik sürülmesi hakkında bilgiler verilmiştir (Tokat Valiliği, 1963). Yapılan ıslah çalışmaları ile 1966 yılında yapılan bir değerlendirmede beklenen sonuçlara yaklaşıldığını ortaya koymaktadır (Baykal, 1966).

Birçok sel afetine uğrayan Behzat Deresi ile alakalı ulusal akademik literatürdeki çalışmaların yanı sıra çeşitli kamu kurum ve kuruluşlarının bünyesinde hazırlanan raporlar mevcuttur. Bunlardan Tokat'ın Cumhuriyet döneminde maruz kaldığı selleri inceleyen makale (Üzen İ. , 2010), çorum ili taşkın tehlikesinin analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak inceleyen bildiri (Öztürk, Yılmaz, & Kırbaş, 2017), Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizini ortaya koyan makale (Özşahin, 2013), Havza morfometrisi ve taşkınların konu edildiği kitap bölümü (Özdemir, 2011), İluh Deresi Havzası'na (Batman) yönelik sel ve taşkın risk analizlerini ortaya koyan makale, (Sunkar & Tonbul, 2010), Bartın Nehri Havzası'nda sel ve taşkınların işlendiği makale (Turoğlu, 2007), Erzin Ilıcalarında (Hatay) meydana gelen sel ve taşkın oluşumunda coğrafi faktörlerin değerlendiren makale (Canpolat, Dinç, Usu, & Geçen, 2020), Melet Çayı Havzası'nın aşağı kesiminde yaşanan mekânsal değişimin potansiyel taşkınlardan etkilenme durumunu inceleyen makale (Şenol, 2019), Türkiye'de dere yataklarına müdahalelerin taşkınlar üzerindeki etkilerinin incelendiği uzmanlık tezi (Kirmencioğlu, 2015), Tokat sel havzasının ıslahı ve erozyonla mücadele hakkında hazırlanmış olan rapor (Aşk, 1955), Tokat toprak muhafaza grubu 1966 yılı bakım sahalarına ait rapor (Baykal, 1966), Tokat Behzat Deresi Su Havzası Islah Çalışmaları 1955-1960 Faaliyet Raporu (Geyik, 1961), Tokat Behzat Deresi havzası ıslahı esaslarına dair ön etüt raporu (Tokat Valiliği, 1963) başlıca ulusal kaynakları oluşturmaktadır.

Ayrıca bu çalışmada yapılan taşkın analizinin metodolojisini oluşturan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanarak taşkın analizi yapan birçok ulusal ve uluslararası çalışma mevcuttur. Bunlardan AHP yöntemini ilk olarak ortaya atan Saaty'nin 1980 yılında yayınladığı The Analytic Hierarchy Process isimli çalışma yöntemin temelini oluşturmaktadır (Saaty, 1980). Bunun dışında Oum Er Rbia (Fas) yüksek havzasında heyelan duyarlılık haritalaması için AHP kullanılan çalışma (El Jazouli, Barakat, & Khellouk, 2019), Batı Bengal'de (Hindistan) analitik hiyerarşi sürecinin uygulanmasında çalışılan makale (Ghosh & Kar, 2018), Himalaya-Shiv-khola havzasının heyelan duyarlılık haritalamasında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve frekans oranı (FR) modelinin entegre edilmesi konusunda yazılan makale (Mondal & Maiti , 2013), CBS kullanılarak yeraltı suyu potansiyelinin haritalanması için analitik hiyerarşi süreci, frekans oranı ve kesinlik faktörü modellerinin uygulanması makalesi (Razandi, Pourghasemi, Neisani, & Rahmati, 2015), Hindistan, Keleghai nehir havzasında su basması tehlikesi, kırılma ve risk değerlendirmesi için analitik hiyerarşi süreci (AHP) aracılığıyla entegre uzaktan algılama ve CBS tabanlı mekânsal modelleme makalesi (Sar, Chatterjee, & Adhikari, 2015) yararlanılan başlıca uluslararası çalışmalardır.

Bu çalışmada Behzat Deresi Havzası'nın analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemi kullanılarak taşkın risk analizi yapılmış, afet bakımından hassas olan alanlar 4 kategoride ortaya konularak bunların havzada kapladığı alanlar hesaplanmıştır. AHP yöntemi birçok çalışmada kullanılmış olsa da söz konusu havzada bu tarz bir çalışmanın daha önce yapılmamış olması önem arz etmektedir. Bu çalışma ile tarihi süreçte birçok kez afete maruz kalan Behzat Deresi Havzası'nda taşkına yönelik önlemlerin alınması, ıslah çalışmalarının doğru yönlendirilmesi ve farkındalık oluşturulması amaçlanmıştır.

2.MATERYAL METOT

Çalışmanın materyal kısmını oluşturan verilerden; çalışma alanının yağış haritasını oluşturmak için gerekli olan uzun yıllık ortalama yağış verileri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden, bakı ve eğim haritasını oluşturmak için kullanılan Sayısal Yükseklik Verisi (DEM) NASA Earth Data bünyesinde bulunan ASF Alaska modülünden temin edilmiştir, akarsu haritasını oluşturmak için ASF Alaska modülünden temin edilen DEM verisinin yanında Harita Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış 1/25.000 ölçekli H36b3,H36c2, H37a4, H37d1, H37a3 ve H37d2 topografya haritaları kullanılmıştır. Toprak haritası oluşturmak için Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından oluşturulmuş olan Toprak Kaynağı Envanter Etüt Raporu kullanılmıştır. Arazi kullanım durumu verileri Avrupa Birliği bünyesinde faaliyet gösteren Copernicus Land Monitoring Service (Copernicus Arazi İzleme Servisi) 'den temin edilmiştir. Jeoloji haritası oluşturmak içinse Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünden (MTA) 1/25.000 ölçekli H36b3, H36c2, H37a4, H37d1, H37a3 ve H37d2 isimli açıklamalı jeoloji

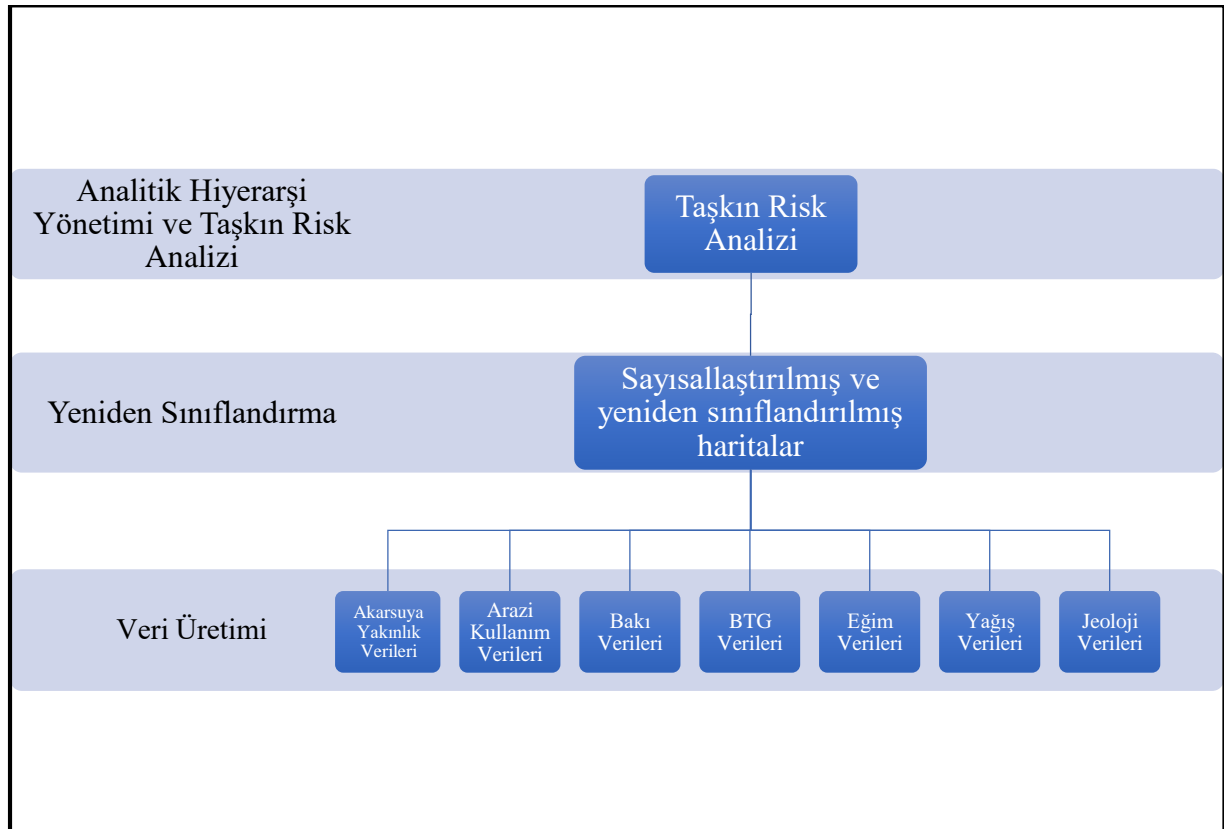
paftaları temin edilmiştir. Çalışma alanı taşkın risk analizinin yapılabilmesi için en çok kabul gören yöntem olan Analitik Hiyerarşi işlemi (Analytic Hierarchy Process - AHP) kullanılmıştır. AHP yöntemi kullanımı için gerekli olan yazılım SCB Associates'den temin edilmiştir (SCB Associates, 2022).

Elde edilen veriler düzenlendikten ve taşkın risk analizini oluşturmak için ağırlık değerleri belirlendikten sonra ESRI ArcGIS Pro v3.03 'de işlenmiştir. Yağış haritası oluşturmak için temin edilen yağış verileri ölçüm yapılan istasyonun yükseklik değerinde işlenilmiş, arazinin kalan kısmına uyarlamak için Schreiber (1904) yöntemi kullanılmıştır. Temin edilen DEM verileri kullanılarak bakı haritasını oluşturmak için Aspect aracı, eğim haritası oluşturmak içinse Slope aracı kullanılmıştır. Akarsu ağı ve havza sınırları oluşturulurken DEM verisi Spatial Analyst araçları kullanılmış ve koordinatlandırılmış 1/25.000'lik topografya haritaları altlık olarak kullanılarak akarsuların ve topografik birimlerin isimleri öğrenilmiştir. Toprak haritası oluşturulmasında temin edilen toprak kaynağı envanter etüt raporunda bulunan büyük toprak grupları haritası sayısallaştırılmıştır. Arazi kullanım durumu haritasını oluşturmak için temin edilen vektör veriler ESRI ArcGIS PRO'da işlenmiştir. MTA 'dan temin edilen jeoloji paftaları sayısallaştırılarak jeoloji haritası elde edilmiştir.

Hazırlanan yağış, bakı, eğim, akarsu ağı, akarsu havzası, toprak ve arazi kullanım haritaları ve AHP yazılımı ile hesaplanan ağırlık değerleri, ESRI ArcGIS PRO'da Weighted Overlay (ağırlıklı çakıştırma) aracını kullanarak çalışma alanı taşkın risk haritası elde edilmiştir.

3. AHP YÖNTEMİ KULLANILARAK BEHZAT ÇAYI HAVZANIN TAŞKIN RİSK ANALİZİ YAPILMASI

Taşkın afet risk analizi ve Analitik Hiyerarşi kapsamında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yönteminin en yaygın kullanılan metodu olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılmıştır (Şekil 1). Bu yöntemde taşkın afet risk gruplarının belirlenmesinde aralarında yağış, eğim, bakı, toprak, arazi kullanımı, jeoloji, akarsuya yakınlık bulunan yedi adet parametre belirlenmiştir (Saaty, 1980), (Tablo 1).



Şekil 1: Analitik Hiyerarşi Yönetimi ile Taşkın Risk Analizi iş akışı ve veri şeması.

Tablo 1: Behzat Deresi Havzası AHP risk analiz kriterleri, ikili karşılaştırma matrisi, AHP çarpanı oranları ve tutarlılık oranı tablosu.

İkili Karşılaştırma Matrisi								AHP Çarpanı	Tutarlılık
Akarsuya Uzaklık (m)	1	2	3	4	5				
(1) 50	1	3	5	7	9				0,503
(2) 100		1	3	5	7				0,26
(3) 200			1	3	5				0,134
(4) 500				1	3				0,068
(5) 500+					1				0,035
Yağış (mm)	1	2	3	4	5				
(1) 450-570	1	1/2	1/3	1/4	1/5				0,062
(2) 570-670		1	1/2	1/3	1/4				0,099
(3) 670-770			1	1/2	1/3				0,161
(4) 770-870				1	1/2				0,262
(5) 870-1070					1				0,416
Eğim (°)	1	2	3	4	5				
0-12	9	7	5	3	1				0,035
12-24		9	7	5	3				0,068
24-36			9	7	5				0,134
36-48				9	7				0,26
48-60					9				0,503
Bakı	1	2	3						
Kuzey Yönler	1	6	2						0,575
Doğu-Batı		1	1/5						0,082
Güney Yönler			1						0,343
Jeolojik Formasyonlar	1	2	3	4	5				
Alüvyon	1	5	7	2	4				0,451
Mermer		1	3	1/3	1/2				0,097
Bazik ve Ultrabazik Kayalar			1	1/5	1/3				0,48
Kırınıtlar ve Karbonatlar				1	3				0,237
Şist-Fillit-Mermer-Metabazit					1				0,131
Büyük Toprak Grupları	1	2	3	4	5	6			
Alüvyal Topraklar	1	5	3	6	4	1/2			0,296
Kahverengi Orman Toprakları		1	1/2	2	1/3	1/5			0,063
Kestane Rengi Topraklar			1	4	2	1/2			0,148
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları				1	1/2	1/7			0,042
Kırmızımsı Kestane Rengi Topraklar					1	1/4			0,098
Yerleşim Alanı						1			0,355
Arazi Kullanımı	1	2	3	4	5	6	7	8	
Yerleşme	1	3	2	5	8	2	6	3	0,284
Kuru Tarım		1	1/2	4	6	3	5	4	0,189
Sulu Tarım			1	3	7	2	6	3	0,205
Mera				1	2	1/3	2	1/2	0,052
Orman					1	1/5	1/2	1/4	0,025
Maden Ocağı						1	3	2	0,121
Çalılık							1	1/4	0,036
Seyrek Bitki Örtüsü								1	0,087

3.1 Yağış Faktörü

Yağış değerlerinin hesaplanması ve çalışma alanına uyarlanması işlemlerinde Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden temin edilen yağış verileri ortalaması hesaplanarak, çalışma alanı içerisinde kalan bir istasyon tespit edilmiştir. Tokat Meteoroloji İl Müdürlüğünde bulunan bu istasyonun uzun yıllık yağış verilerine bakıldığında yıllık ortalama yağış miktarının 439,5 mm olduğu görülmüştür (DMİGM, 2022). Schreiber'in ortaya koyduğu yağış formülüne göre yükselti değerinin arttığı her 100 metrede yağış değeri 54mm artmakta ve düşen her 100 metrede yağış değeri 54 mm azalmaktadır (Schreiber, 1904). Deniz seviyesinden 603 metre yüksekte bulunan ölçüm istasyonunun 439.5 mm lik yağış değeri çalışma alanında rastgele oluşturulmuş olan 500 noktaya Schreiber yöntemi ile uygulanmış ve yağış değerleri belirlenmiştir. ArcMap Pro yazılımında Attributes Table'da Field Calculator ile uygulanan formül;

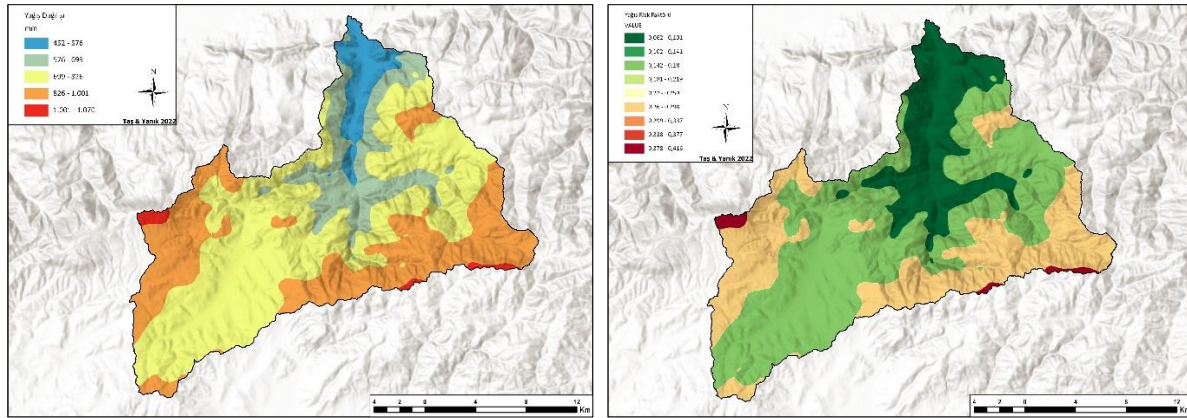
“439,5” + ((([yükselti]-603)*54)/100 şeklindedir.

Buna göre Behzat Deresi yağış dağılımına göre ayrılmış ve SCB Associates yazılımında belirlenen yağış kriterlerinin AHS çarpanları belirlenmiştir. Bu çarpanların AHS analizinde genel tutarlılık oranı oluşturulmuştur (Tablo 2).

Tablo 2: Çalışma alanı yağış değerlerinin dağılımı, AHS çarpanları ve tutarlılık oranları.

Yağış (mm)	AHS Çarpanı	Tutarlılık Oranı
450-570	0,062	%98
570-670	0,099	
670-770	0,161	
770-870	0,262	
870-1070	0,416	

Elde edilen veriler ESRI ArcGIS Pro ya sayısal veri olarak işlenmiş ve Behzat Deresi yağış dağılımı haritası elde edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: a) Çalışma alanı yağış dağılımı haritası. b) Çalışma alanı yağış risk faktörü haritası

3.2. Eğim Faktörü

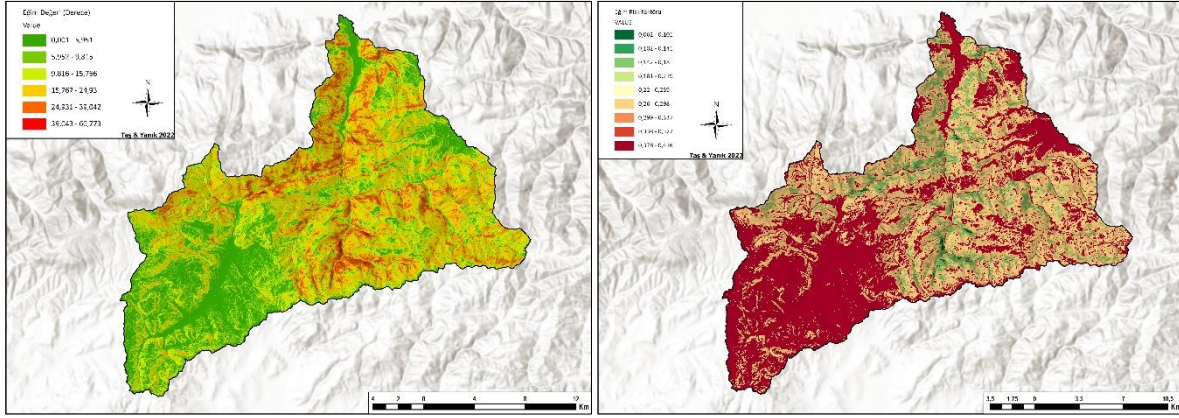
Eğim değerlerinin hesaplanması ve çalışma alanına uyarlanması için NASA Earth Data bünyesinde bulunan ASF Alaska modülünden Sayısal Yükseklik Verisi (DEM) temin edilmiştir (ASF Alaska, 2022). Bu veri ESRI ArcGIS Pro programında havza sınırlarına göre Clip aracına tabi tutulmuş ardından elde edilen DEM verisi 3D Analyst-Surface Raster-Slope aracında işlenerek çalışma alanının eğim verileri elde edilmiştir.

Behzat Deresi eğim derecesi dağılımına göre ayrılmış ve SCB Associates yazılımında belirlenen eğim kriterlerinin AHS çarpanları belirlenmiştir (SCB, Scbuk, 2022). Bu çarpanların AHS analizinde genel tutarlılık oranı oluşturulmuştur (Tablo 3).

Tablo 3: Çalışma alanı eğim oranı değerlerinin dağılımı, AHS çarpanları ve tutarlılık oranları.

Eğim Oranı (°)	AHS Çarpanı	Tutarlılık Oranı
0-12	0,035	%92
12-24	0,068	
24-36	0,134	
36-48	0,26	
48-60	0,503	

ESRI ArcGIS Pro kullanılarak elde edilen veriler sayısal veriler ile Behzat Deresi eğim dağılım haritası elde edilmiştir (Şekil 3).

**Şekil 3:** a) Çalışma alanı eğim haritası. b) Çalışma alanı eğim risk faktörü haritası.

3.3. Bakı Faktörü

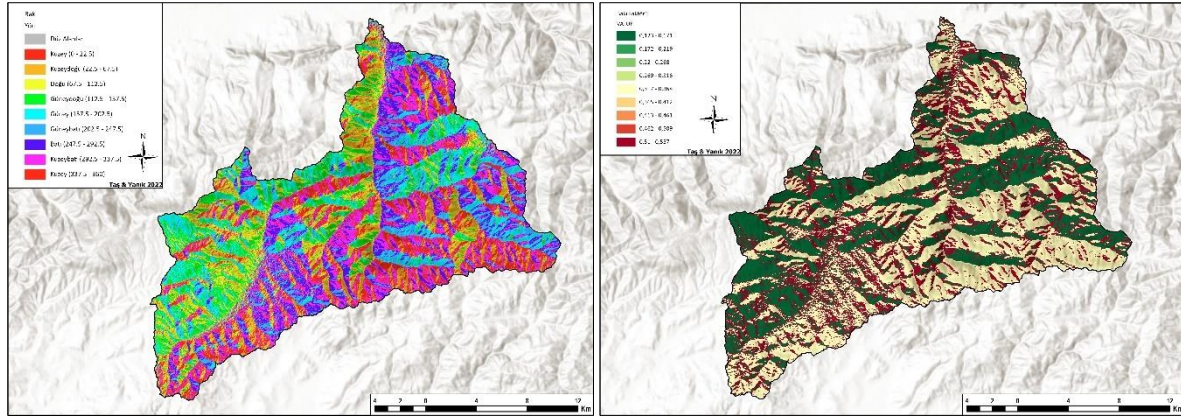
Bakı değerlerinin hesaplanması ve çalışma alanına uyarlanması için NASA Earth Data bünyesinde bulunan ASF Alaska modülünden temin edilen Sayısal Yükseklik Verisi (DEM) ESRI ArcGIS Pro programında havza sınırlarına göre Clip aracına tabi tutulmuş ardından elde edilen DEM verisi 3D Analyst-Surface Raster-Aspect aracında işlenerek çalışma alanının bakı verileri elde edilmiştir.

Behzat Deresi bakı dağılımına göre ayrılmış ve SCB Associates yazılımında belirlenen bakı kriterlerinin AHP çarpanları belirlenmiş (SCB, Scbuk, 2022). Bu çarpanların AHP analizinde genel tutarlılık oranı oluşturulmuştur (Tablo 4).

Tablo 4: Çalışma alanı bakı değerlerinin dağılımı, AHP çarpanları ve tutarlılık oranları.

Bakı yönü	AHS Çarpanı	Tutarlılık Oranı
Kuzey Yönler	0,575	%97
Doğu-Batı Yönleri	0,082	
Güney Yönler	0,343	

ESRI ArcGIS Pro kullanılarak elde edilen veriler sayısal veriler ile Behzat Deresi bakı haritası elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: a) Çalışma alanı bakı haritası. b) Çalışma alanı bakı risk faktörü haritası.

3.4. Toprak Faktörü

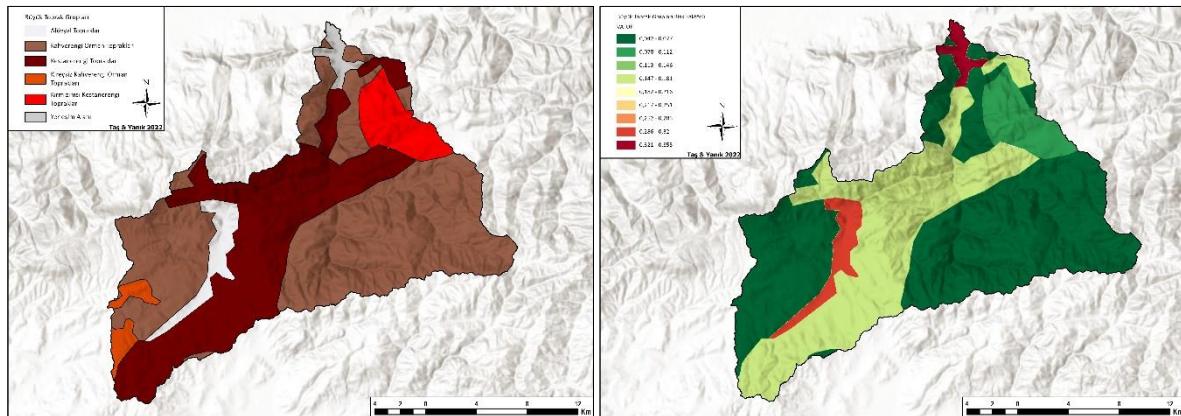
Toprak faktörü hesaplanması ve çalışma alanına uyarlanması için büyük toprak gruplarının çalışma alanında kapladıkları yerleri tespit etmek gerekmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından oluşturulmuş olan Toprak Kaynağı Envanter Etüt Raporu (TGM, 1971) incelendiğinde çalışma alanını içerisinde barındıran H 36 ve H 37 paftalarının büyük toprak grupları dağılım haritası taranmış ve ESRI ArcGIS Pro yazılımında sayısallaştırılmıştır.

Behzat Deresi büyük toprak grupları dağılımına göre ayrılmış ve SCB Associates yazılımında belirlenen toprak kriterlerinin AHS çarpanları belirlenmiş (SCB, Scbuk, 2022). Bu çarpanların AHS analizinde genel tutarlılık oranı oluşturulmuştur (Tablo 5).

Tablo 5: Çalışma alanı büyük toprak grupları dağılımı, AHS çarpanları ve tutarlılık oranları.

Büyük Toprak Grupları	AHS Çarpanı	Tutarlılık Oranı
Alüvyal Topraklar	0,296	%96
Kahverengi Orman Toprakları	0,063	
Kestane Rengi Topraklar	0,148	
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	0,042	
Kırmızimsı Kestane Rengi Topraklar	0,098	
Yerleşim Alanı	0,355	

ESRI ArcGIS Pro kullanılarak elde veriler sayısal veriler ile Behzat Deresi toprak haritası elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5: a) Çalışma alanı BTG dağılımı haritası. b) Çalışma alanı BTG risk faktörü haritası.

3.5. Arazi Kullanımı Faktörü

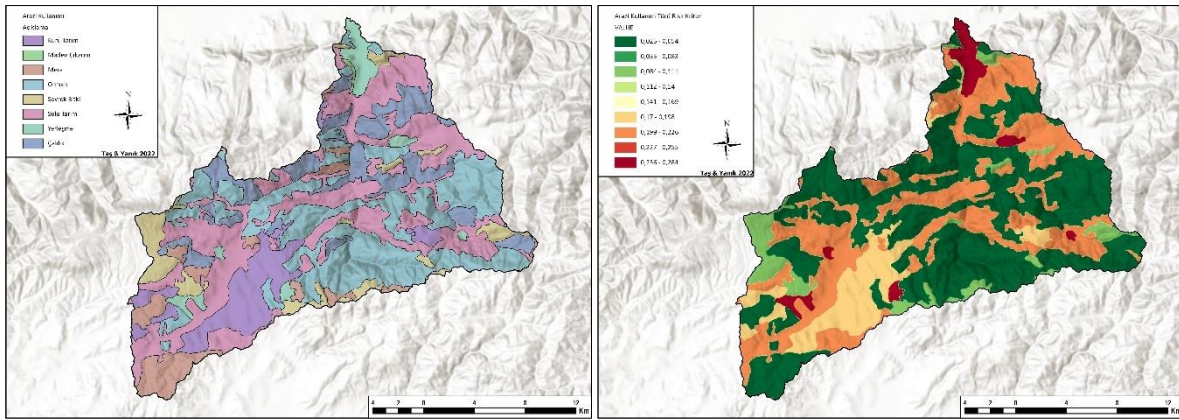
Arazi kullanımı değerlerinin hesaplanması ve çalışma alanına uyarlanması için lazım olan veriler Avrupa Birliği bünyesinde faaliyet gösteren Copernicus Land Monitoring Service (Copernicus Arazi İzleme Servisi) 'den temin edilmiştir (Corine, Copernicus Land Monitoring Service, 2022). Bu sayısal veriler ESRI ArcGIS Pro yazılımında havza sınırlarına göre Clip aracına tabi tutulmuş ardından elde edilen veriler uygun kategorilerde birleştirilerek çalışma alanının arazi kullanımı verileri elde edilmiştir.

Behzat Deresi arazi kullanımı dağılımına göre ayrılmış ve SCB Associates yazılımında belirlenen arazi kullanımı kriterlerinin AHS çarpanları belirlenmiş (SCB, Scbuk, 2022) bu çarpanların AHS analizinde genel tutarlılık oranı oluşturulmuştur (Tablo 6).

Tablo 6: Çalışma alanı arazi kullanımı türü (AKT) dağılımı, AHS çarpanları ve tutarlılık oranları.

Arazi Kullanımı Türü	AHS Çarpanı	Tutarlılık Oranı
Yerleşme	0,284	%95
Kuru Tarım	0,189	
Sulu Tarım	0,205	
Mera	0,052	
Orman	0,025	
Maden Ocağı	0,121	
Çalılık	0,036	
Seyrek Bitki Örtüsü	0,087	

ESRI ArcGIS Pro kullanılarak elde veriler sayısal veriler ile Behzat Deresi arazi kullanım durumu haritası elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: a) Çalışma alanı AKT haritası b) Çalışma alanı AKT risk faktörü haritası.

3.6. Jeoloji Faktörü

Jeoloji faktörü hesaplanması ve çalışma alanına uyarlanması için jeolojik formasyonları çalışma alanında kapladıkları yerleri tespit etmek gerekmektedir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünden (MTA) 1/25.000 ölçekli H36b3, H36c2, H37a4, H37d1, H37a3 ve H37d2 açıklanmalı jeoloji paftaları temin edilmiştir (MTA, 1/25000 Ölçekli H36 ve H37 Jeoloji Haritaları, 1964). Temin edilen jeoloji paftalarında bulunan jeoloji haritaları taranarak ESRI ArcGIS Pro yazılımında sayısallaştırılmıştır.

Behzat Deresi jeolojik formasyonları dağılımına göre ayrılmış ve SCB Associates yazılımında belirlenen jeoloji kriterlerinin AHS çarpanları belirlenmiş (SCB, Scbuk, 2022) ve bu çarpanların AHS analizinde genel tutarlılık oranı oluşturulmuştur (Tablo 7).

Tablo 7: Çalışma alanı jeolojik formasyon dağılımı, AHS çarpanları ve tutarlılık oranları.

Jeolojik Formasyonlar	AHS Çarpanı	Tutarlılık Oranı
Alüvyon	0,451	%96
Mermer	0,097	
Bazik ve Ultrabazik Kayalar	0,48	
Kırıntılar ve Karbonatlar	0,237	
Şist-Fillit-Mermer-Metabazit	0,131	

3.7. Akarsuya Yakınlık Faktörü

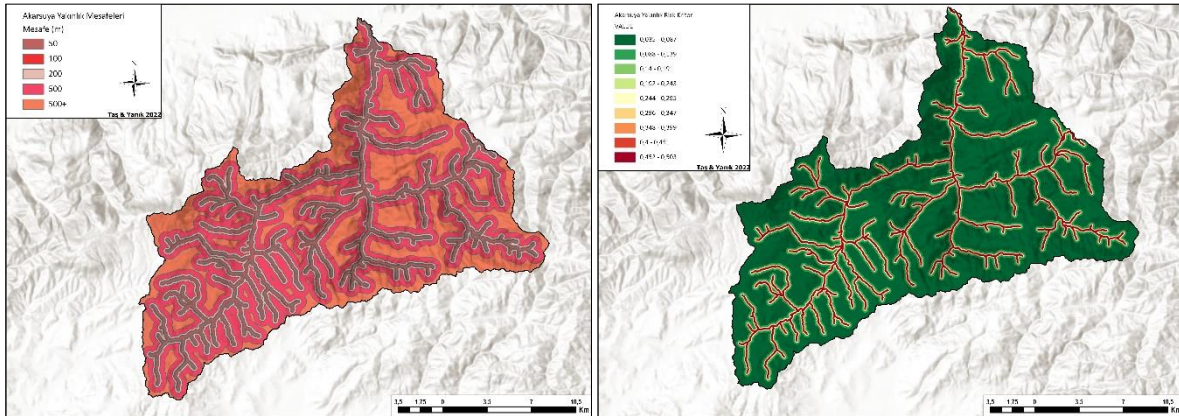
Akarsuya yakınlık değerlerinin hesaplanması ve çalışma alanına uyarlanması için veriler NASA Earth Data bünyesinde bulunan ASF Alaska modülünden temin edilmiştir (ASF Alaska, 2022). Sayısal Yükseklik Verisi (DEM) ESRI ArcGIS Pro yazılımında havza sınırlarına göre Clip aracına tabi tutulmuş ardından elde edilen DEM verisi Analyst Tools, Proximity, Multiple Ring Buffer aracında işlenerek çalışma alanının akarsuya uzaklık verileri elde edilmiştir.

Behzat Deresi akarsuya yakınlık derecelerine göre ayrılmış ve SCB Associates yazılımında belirlenen akarsuya yakınlık kriterlerinin AHS çarpanları belirlenmiş (SCB, Scbuk, 2022). Bu çarpanların AHS analizinde genel tutarlılık oranı oluşturulmuştur (Tablo 8).

Tablo 8: Çalışma alanı akarsuya yakınlık faktörü (AYF) dağılımı, AHS çarpanları ve tutarlılık oranları.

Akarsuya Uzaklık (m)	AHS Çarpanı	Tutarlılık Oranı
50	0,503	%92
100	0,26	
200	0,134	
500	0,068	
500+	0,035	

ESRI ArcGIS Pro kullanılarak elde veriler sayısal veriler ile Behzat Deresi akarsuya yakınlık haritası elde edilmiştir (Şekil 7).

**Şekil 8:** a) Çalışma alanı AYF dağılımı haritası b) Çalışma alanı AYF risk faktörü haritası.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çok Kriterli Karar Verme Süreçlerinden uluslararası mecrada en çok kabul gören yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılarak hazırlanan bu çalışmada ulaşılan bulgular şu şekildedir;

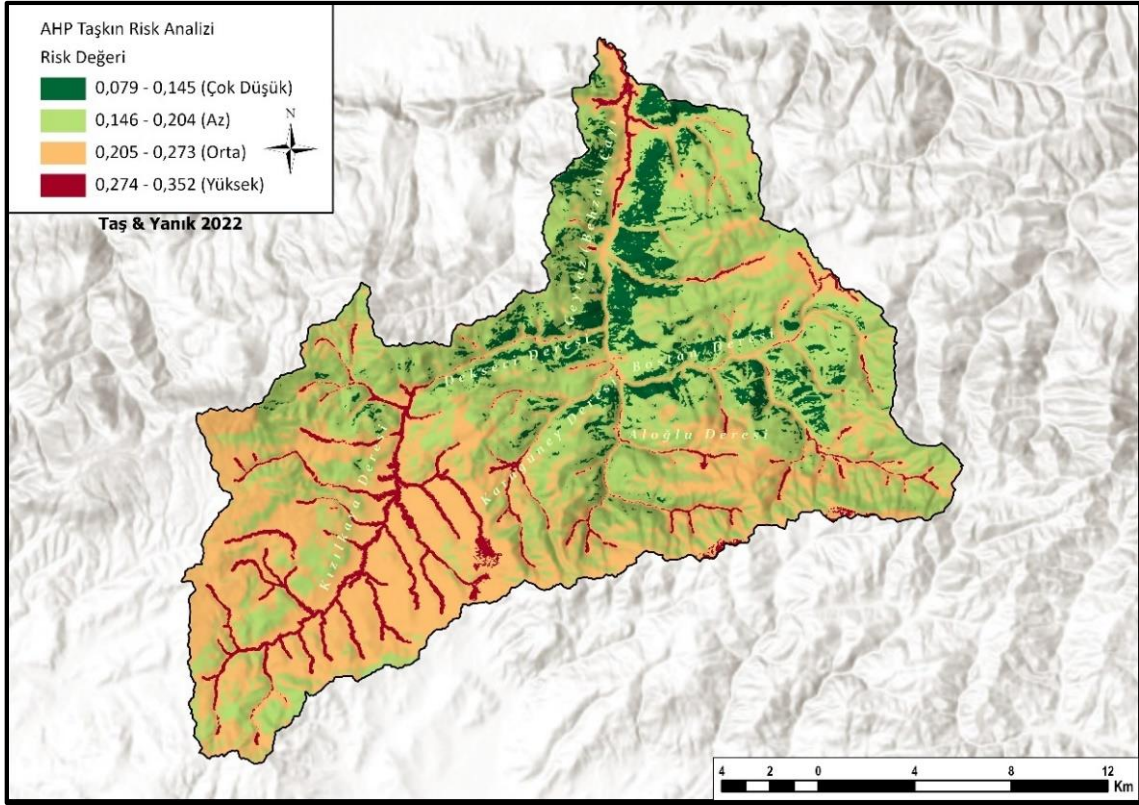
- Çalışma alanı risk faktörü açısından 4 farklı gruba ayrılmıştır (Şekil 9, Tablo9).

Bunlar;

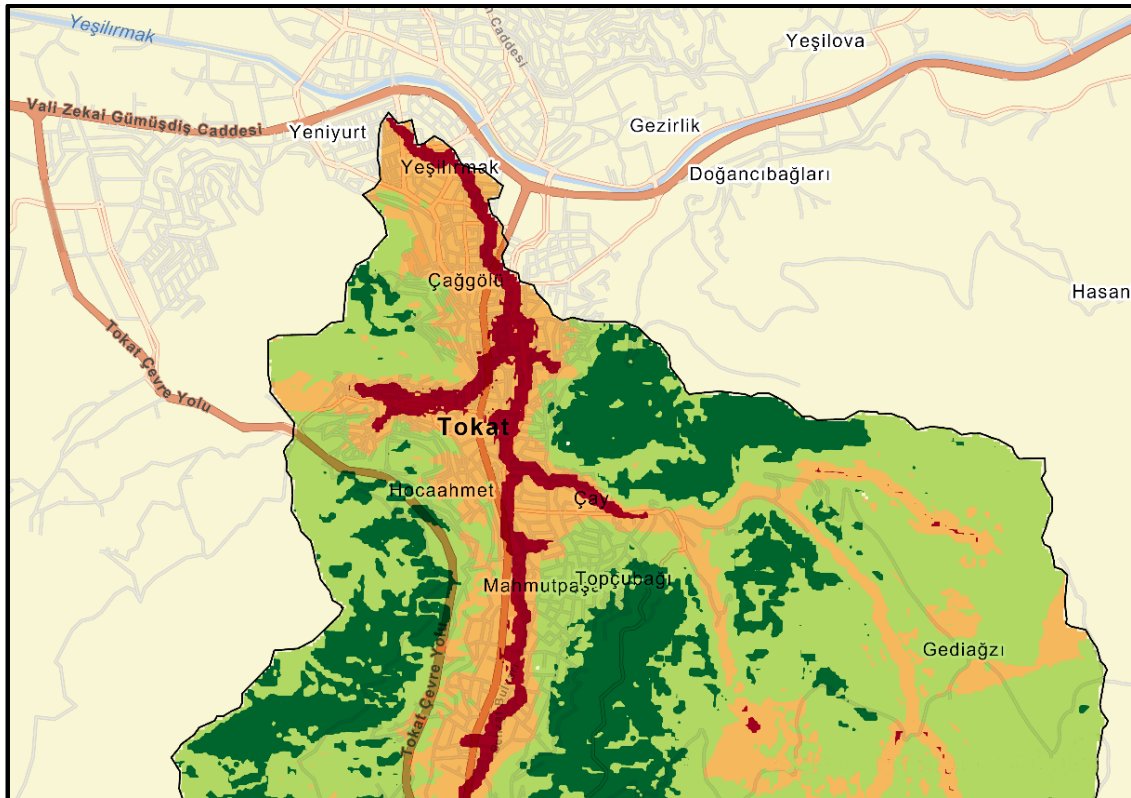
Tablo 9: Taşkın risk analizi sonucunda çalışma alanı risk altındaki bölümü.

Risk Faktörü	Alanı (ha)	Alan (%)
Çok Düşük	2208	8,9
Az	11581	46,4
Orta	9747	39,1
Yüksek	1372	5,6

- Çalışma alanında 0,079 – 0,145 risk değerine karşılık gelen alanlar taşkın açısından neredeyse hiç risk taşımamaktadır. Bu alanlar özellikle yıllık ortalama yağış miktarının nispeten az olduğu, eğim derecesinin düşük, yerleşmenin neredeyse hiç olmadığı ve akarsu drenaj ağının iyi gelişmediği yerlerdir. Behzat Deresi Havzasında risk taşımayan alanlar 2.208 ha alanı ile havzanın %8.9 unu oluşturmaktadır.
- Havzada 0,146 – 0,204 risk değerine karşılık gelen alanlar taşkın açısından az risk taşıyan alanlardır. Bu alanlar yıllık ortalama yağış miktarı açısından düşük değere sahip, eğim derecesinin ve akarsu drenaj ağlarına yakınlığın çok düşük risk taşıyan alanlara göre daha arttığı, yerleşim yerlerine yakınlık bakımından da yine çok düşük risk taşıyan alanlarla benzerlik gösteren yapıya sahiptir. Az risk taşıyan alanlar havzanın neredeyse yarısını oluşturmaktadır. Behzat Deresi Havzasında az risk taşıyan alanlar 11.581 ha arazi ile havzanın %46.4'ünü oluşturmaktadır.
- Çalışma sahasında 0,205 – 0,273 risk değerine karşılık gelen alanlar taşkın açısından orta risk taşıyan alanlardır. Bu alanlar eğim derecesinin yükselmeye başladığı, ortalama yıllık yağış miktarının arttığı, akarsu drenajının yoğunlaştığı alanlara denk gelmektedir. Çalışma alanında yüksek risk taşıyan alanların etrafında bulunan ama bu alanlar kadar tehlikeli olmayan buna rağmen çeşitli risk faktörleri barındıran yerlerdir. Bu alanlar yerleşime açılacaksa çeşitli önlemlerin ve ıslah çalışmalarının yapılmasını gerektirir. Tokat il merkezinde Yeniyurt, Çağgözü, Hocaahmet, Büyük Beybağı, Geyraz, Gökçe, Tahtoba, Madas, Boyunpınar, Daylahacı, Çördük, Kaleardı, Tahtacı ve Aksu gibi yerleşmelerin bazı bölümleri burada yer almaktadır. Nitekim daha önce yaşanan sel afetlerinde bu yerleşim yerlerinin belirli bölümleri hasar almıştır. Orta derecede risk oluşturan bu alanlar çalışma alanında 9.747 ha lık arazi ile çalışma alanının %39,1 ini oluşturmaktadır.
- Behzat Deresi Havzası'nda 0,274-0,352 risk değerine karşılık gelen alanlar taşkın açısından yüksek riskli alanlara tekabül etmektedir. Bu alanların özellikle yıllık ortalama yağış miktarının yüksek olması, yan kollardan gelen akışlarla ana akarsuların havzalarını besleyen su toplama bölgelerine denk gelmesi, eğim derecelerinin yüksek olması, AHS analizinde değerlendirilen risk faktörlerinin en yüksek çarpana sahip olduğu alanlar olması bu alanlarda risk faktörünü yükseltmiştir. Bu alanların yerleşime açılması durumunda sel afetini önleme ile alakalı tüm önlemlerin alınması, altyapı çalışmalarının ve dere ıslahlarının tamamlanması, akarsuyun akışını engelleyecek herhangi bir engelin olmaması için düzenli kontrol edilmesi gerekmektedir. Son yıllarda yapılan ıslah çalışmaları ile Tokat Merkez'de kalan kısımda bu sorunun önüne kısmen geçilmiştir (Foto 1). Havzada Yeşilirmak, Gülbaharhatun, Camiikebir, Soğukpınar, Uğrak, Altundaş, Tekneli, Kızılöz, Sevindik, Beşören ve Çördük gibi yerleşim yerlerinin önemli bir bölümü bu alanda kalmaktadır. Özellikle Behzat Deresinin Yeşilirmak ile birleştiği alan ve yakın çevresinde büyük can ve mal kaybına yol açan taşkınların yaşandığı bilinmektedir (Şekil 10).



Şekil 9: Çalışma alanının AHP taşkın risk analizi



Şekil 10: Behzat Deresinin Yeşilirmak'a kavuştuğu alanın risk analizi.



Foto 1: Havza ıslah çalışması tamamlanan Behzat Deresi'nden bir görünüm.

Kaynak: Google Earth.

5. SONUÇ

Bu çalışmada Tokat İl merkezinde bulunan Behzat Deresi Havzası'nın, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılarak taşkın risk analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda Behzat Deresi Havzası taşkın risk haritası ve muhtemel taşkın risk alanları ortaya konulmuştur. Analiz sonucunda havzanın yaklaşık %45'inin orta ve yüksek derecede taşkın riskine maruz kalabileceği tespit edilmiştir (%39,1 orta, %5,6 yüksek). Taşkın risk haritası tarihi sel afetleriyle karşılaştırıldığında tutarlı sonuçlar vermiş ve gelecekte yaşanması muhtemel sel afetlerinin etki alanını gerçekçi boyutta yansıttığına kanaat getirilmiştir. Ayrıca Tokat Merkez ilçede özellikle Behzat Deresi'nin aşağı çığırında, son yıllarda taşkın afetine karşı alınan tedbirlerin yoğunlaştığı sahaların selden en çok etkilenme potansiyeli bulunan yüksek riskli alanlara denk geldiği tespit edilmiştir. Ancak derenin daha güneyinde yani kaynağa yakın kesimlerinde bu önlemler yeterli değildir. Burada küçük de olsa birçok köy yerleşmesi bulunmaktadır ve bu yerleşmeler risk altındadır.

AHS modeli ile yapılan bu çalışma sahanın taşkın risk alanlarının tespit edilmesini sağlamakla birlikte sonuçlar oldukça genel ve küçük ölçeklidir. Sahada özellikle fiziki coğrafya faktörlerinin etkisinin incelendiği ve bir tespit çalışması niteliğindeki bu çalışmanın daha büyük ölçekte ve ayrıntılı analizinin yapılması gerekmektedir. Bu sebeple beşeri faktörleri de içeren ayrıntılı hidrolik-hidrolojik modellemelerin (Hec-Ras gibi) sahada alt havzalar ve hatta büyük risk içeren tüm akarsular üzerinde uygulanması gerekmektedir. Böylelikle havzadaki taşkın riskinin uzun süreçte ve sürdürülebilir bir biçimde yapılması sağlanabilir.

REFERENCES/KAYNAKÇA

- ASF Alaska. (2022, 12 04). ASF Alaska: <https://asf.alaska.edu/> adresinden alındı
- Associates, S. (2022, 12 04). *Scb Associates*. 12 15, 2022 tarihinde Scb Associates: www.scbuk.com adresinden alındı
- Aşk, K. (1955). *Tokat sel havzasının ıslahı ve erozyonla mücadele*. ankara: Orman Umum Müdürlüğü.
- Baykal, O. (1966). *Tokat toprak muhafaza grubu 1966 yılı bakım sahalarına ait rapor*. Tokat: OGM Tokat Toprak Muhafaza ve Mer'a Islahı Grup Müdürlüğü,.
- Canpolat, E., Dinç, Y., Usu, Ç., & Geçen, R. (2020). 25.09.2014 Tarihinde Erzin İlıcalarda (Hatay) Meydana Gelen Sel ve Taşkın Oluşumunda Coğrafi Faktörlerin Değerlendirilmesi. *Coğrafya Dergisi*(41), s. 129-146. doi:10.26650/JGEOG2020-0048
- Copernicus, C. (2022, 12 15). *Corine Copernicus*. 12 12, 2022 tarihinde Corine Copernicus: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> adresinden alındı
- Corine. (2022, 12 04). *Copernicus Land Monitoring Service*. 12 14, 2022 tarihinde Copernicus Land Monitoring Service: <https://land.copernicus.eu/> adresinden alındı
- DMİGM. (2022). *Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji* . Ankara: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- El Jazouli, A., Barakat, A., & Khellouk, R. (2019). Gıs-Multicriteria Evaluation Using AHP For Landslide Susceptibility Mapping İn Oum Er Rbia High Basin (Morocco). *Geoenvıronmental Disasters*, 6(3), s. 1-12. doi: <https://doi.org/10.1186/s40677-019-0119-7>
- Geyik, M. (1961). *Tokat Behzat Deresi Sul Havzası Islah Çalışmaları 1955-1960 Faaliviet Raporu*. Tokat: OGM Tokat Toprak Muhafaza ve Mer'a Islah Grup Müdürlüğü.
- Ghosh, A., & Kar, S. (2018). Application Of Analytical Hierarchy Process (AHP) For Flood Risk Assessment: A Case Study İn Malda District Of West Bengal, India. *Natural Hazards*, 1(94), s. 349-368.
- HGM. (2022, 12 15). *Harita Genel Müdürlüğü*. 12 12, 2022 tarihinde Harita Genel Müdürlüğü: 2022 adresinden alındı
- Kirmencioğlu, B. (2015). *Türkiye'de Dere Yataklarına Müdahalelerin Taşkınlar Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi*. Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Mondal, S., & Maiti , R. (2013). Integrating The Analytical Hierarchy Process (Ahp) And The Frequency Ratio (FR) Model İn Landslide Susceptibility Mapping Of Shiv-Khola Watershed, Darjeeling Himalaya. *International Journal of Disaster Risk Science*, 4(4), s. 200-212.
- MTA. (1964). *1/25000 Ölçekli H36 ve H37 Jeoloji Haritaları*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü .
- MTA. (2022, 12 15). *Maaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*. 12 12, 2022 tarihinde Maaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü: <https://www.mta.gov.tr/> adresinden alındı
- NASA. (2022, 12 15). *NASA Earth Data*. 12 11, 2022 tarihinde NASA Earth Data: <https://www.earthdata.nasa.gov/> adresinden alındı
- Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar. D. İkinci (Dü.) içinde, *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel* (s. 507-526). Türk Coğrafya Kurumu Yayınları.

- Özşahin, E. (2013). Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi. *Uluslararası Arasya Sosyal Bilimler Dergisi*(12), s. 91-109.
- Öztunç, H. B. (2012, 7 4). Tokat'ta Büyük Sel (1908). *Trakya Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 2(4), s. 179-203.
- Öztürk, D., Yılmaz, İ., & Kırbaş, U. (2017). Çorum İli Taşkın Tehlikesinin Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, (s. 1-5). Ankara.
- Razandi, Y., Pourghasemi, H., Neisani, N., & Rahmati, O. (2015). Application Of Analytical Hierarchy Process, Frequency Ratio, And Certainty Factor Models For Groundwater Potential Mapping Using GIS. *Earth Science Informatics*, 4(8), s. 867-883.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic hierarchy process*. New york: McGraw-Hill.
- Sar, N., Chatterjee, S., & Adhikari, M. D. (2015). Integrated Remote Sensing And GIS Based Spatial Modelling Through Analytical Hierarchy Process (Ahp) For Water Logging Hazard, Vulnerability And Risk Assessment İn Keleghai River Basin, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 1(4), s. 1-21.
- SCB. (2022, 12 04). *Scbuk*. 12 04, 2022 tarihinde Scbuk: <https://www.scbuk.com/> adresinden alındı
- Schreiber, P. (1904). Ueber die Beziehungen zwischen dem Niederschlag und der Wasserührung der Wasserührung der Fluse in Mitteleuropa. *Meterol Z.*, 441-452.
- Sentinelhub Playground*. (2022, 12 15). 12 15, 2022 tarihinde Sentinelhub Playground: <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/> adresinden alındı
- Sunkar, M., & Tonbul, S. (2010). İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5(4), s. 255-273.
- Şenol, C. (2019). Melet Çayı Havzası'nın Aşağı Kesiminde Yaşanan Mekânsal Değişimin Potansiyel Taşkınlardan Etkilenme Durumu. *International Journal of Geography and Geography Education*, s. 439-453.
- TGM. (1971). *Tokat İli Toprak Envanter Raporu*. Ankara: Köy İşleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak Etütleri ve Haritalama Dairesi Arazi Tasnif Şubesi.
- Tokat Valiliği. (1963). *Tokat behzat deresi havzası ıslahı esaslarına dair ön etüd raporu*. tokat: tokat valiliği.
- Turoğlu, H. (2007). Flood And Flash Flood Analysis For Bartın River Basin. *International Congress on River Basin Management*,(196), s. 505-513.
- Üzen, İ. (2010). Cumhuriyet Döneminde Tokat'In Maruz Kaldığı Seller. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), s. 299-318.

EXTENDED SUMMARY

Behzat Stream, which flows from the south to the north of Tokat city center and joins Yesilirmak in the city center, takes its source from the high areas in the south of the central district. Kizilkaya and Dekseci streams from the southwest of the basin, Aloğlu and Karaguney streams from the southeast, Bostan stream from the east merge in the south of Geyraz and form Geyraz Stream. Geyraz Stream is named Behzat Stream before entering Tokat city center.

Flood events occurring in Behzat River, which contains many streams, have caused many losses of property and lives in Tokat city center throughout history. In Tokat city center where Behzat stream meets Yeşilirmak, it has been exposed to major flood disasters due to the narrowing of the basin area and the concentration of residential areas.

Behzat River has been the scene of many flood disasters in the Republican period and before. The oldest known flood event in the study area occurred in 1839. Following this flood event, major floods were recorded in 1908, 1923, 1939, 1946, 1949, 1951, 1956, 1957, 1958, 1959 and 1961 (Geyik, 1961). As a result of these flood disasters, thousands of livestock perished and hundreds of lives were lost. In addition to the loss of life, the flood disasters, which caused a lot of material damage, caused irreparable wounds to the regional economy, and the governments of the time tried to provide the necessary aid to the region in order to heal these wounds. In order to prevent damages caused by flooding, the first reclamation works were initiated in 1948 and continue today. In order to help these reclamation works, the local administration banned even the stopping of trenches and grazing of animals on slope lands, and landowners were informed about plowing the fields perpendicular to the slope (Tokat Governorship, 1963). An evaluation made in 1966 reveals that the expected results were approached.

In this study, a flood risk analysis of Behzat Creek Basin was made by using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, the areas that are vulnerable to disasters were identified in 4 categories and the areas covered by them in the basin were calculated. With this study, it is aimed to take precautions for flooding in Behzat Creek Basin, which has been exposed to disasters many times in the historical process, to direct the reclamation works correctly and to raise awareness.