

TAŞKIN RİSK YÖNETİMİ İÇİN TEK BOYUTLU HİDROLİK MODELLEME YAKLAŞIMI: BURSA NARLIDERE DERESİ ÖRNEK ÇALIŞMASI

Halid JAFALI * 

Ahmet İyad CEYHUNLU ** 

Gökmen ÇERİBAŞI ** 

Tahir AKGÜL ** 

Alınma: 24.06.2025; düzeltme: 13.10.2025; kabul: 15.10.2025

Öz: Bu çalışma, Türkiye'nin Bursa ilinde yer alan Narlıdere Deresi'nde meydana gelebilecek taşkın olaylarının HEC-RAS yazılımı aracılığıyla modellenmesini amaçlamaktadır. Araştırmada, hidrolojik ve hidrolik analizlere dayalı nicel bir yöntem benimsenmiştir. Hidrolojik analiz kapsamında taşkın frekans analizleri gerçekleştirilmiş ve çeşitli tekerrür sürelerine ait taşkın debileri hesaplanmıştır. Hidrolik analiz ise Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli HEC-RAS yazılımı kullanılarak yapılmış, bir boyutlu (1D) taşkın yayılım senaryoları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar, düşük debilerde yaklaşık 1 metre, yüksek debilerde ise 5 metreyi aşan su seviyeleri ile yerleşim alanlarının önemli bir kısmının taşkın riski altında olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma bulguları, Narlıdere ve çevresindeki alanlarda taşkın riskini azaltmaya yönelik bütüncül bir taşkın yönetim planına duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Nehir yatağı kapasitesinin artırılması, erken uyarı sistemlerinin kurulması ve yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin entegre edilmesi önerilmektedir. Bu bağlamda, çalışma hem yerel afet riskinin azaltılmasına hem de benzer hidroklimatik özellikler taşıyan alanlar için örnek teşkil edecek bilimsel bir çerçeveye sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: HEC-RAS, CBS, Susurluk Havzası, Narlıdere, Taşkın Modellemesi, Bursa.

A One-Dimensional Hydraulic Modeling Approach for Flood Risk Management: Bursa Narlıdere Stream Case Study

Abstract: This study aims to model the flood events that may occur in Narlıdere Stream in Bursa, Turkey through HEC-RAS software. In the research, a quantitative method based on hydrological and hydraulic analysis is adopted. Within the scope of hydrological analysis, flood frequency analysis was performed and flood flows for various recurrence times were calculated. Hydraulic analysis was performed using Digital Elevation Model (DEM) and Geographic Information Systems (GIS) supported HEC-RAS software and one-dimensional (1D) flood propagation scenarios were created. The obtained results reveal that a significant portion of the settlements are under flood risk with water levels exceeding approximately 1 meter at low flows and 5 meters at high flows. The study findings emphasize the need for a holistic flood management plan to reduce flood risk in Narlıdere and surrounding areas. Increasing riverbed capacity, installing early warning systems and integrating structural and non-structural measures are recommended. In this context, the study provides a scientific framework for both local disaster risk reduction and a model for areas with similar hydroclimatic characteristics.

Keywords: HEC-RAS, GIS, Susurluk Basin, Narlıdere, Flood Modeling, Bursa.

* Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, Sakarya, Türkiye.

** Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye
İletişim Yazarı: Ahmet İyad CEYHUNLU (ahmetceyhunlu@subu.edu.tr)

1. GİRİŞ

Taşkın olayları, insan ve hayvan yaşamlarını, sosyal ve ekonomik yapıları ve çevresel kaynakları tehdit eden en karmaşık doğal tehlikelerdir. Bu olaylar, nehir yatağının taşıma kapasitesini aşan su akışları sonucunda meydana gelir. Günümüzde iklim değişikliği nedeniyle çok kısa sürede gerçekleşen aşırı yağışlar, taşkın riskini daha da artırmaktadır. Son yıllarda ise iklim değişikliği ve doğal kaynakların yanlış kullanımı, nehir kenarlarında taşkın alanlarının genişlemesine yol açmıştır. Bu durum, ciddi sosyoekonomik ve çevresel zararlar doğurmaktadır. Muhtemel taşkın alanlarının simülasyonu, riskli bölgelerin yönetimi açısından büyük önem taşır. Hidrolik modeller, taşkın alanlarını simüle etmede, riskli bölgeleri belirlemede ve olası zararları tahmin etmede etkin bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır (Mirzaei ve diğ., 2025).

Bursa il merkezinde, Susurluk Havzası içinde yer alan Narlıdere Nehri, yağışlı mevsimlerde sık sık taşmakta ve bu nedenle taşkınlara karşı hassas bir konumdadır. Susurluk Havzası yaklaşık 24.319 km²'lik bir alan kaplamakta ve Türkiye yüzey alanının %3.1'ini oluşturmaktadır (Ucar ve diğ., 2023). Havzanın hidrolojik ve iklimsel özellikleri, taşkın riskini artırmaktadır.

Bölgede yapılan bir çalışmada, arazi kullanımı, yağış miktarı, yükselti, drenaj yoğunluğu, eğim, toprak yapısı ve topografik nemlilik indeksi gibi faktörler dikkate alınarak Çok Kriterli Değerlendirme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) uygulanmıştır. Sonuçlara göre, havzanın %88.31'i taşkına karşı hassas bulunmuş, yalnızca %0.83'ü dirençli olarak belirlenmiştir (Aytekin ve diğ., 2025). Meydana gelen taşkınlar ise çevredeki yerleşimlerin günlük yaşamını aksatmakta, altyapıya ve mal varlığına zarar vermektedir.

Nehir yatağının taşıma kapasitesi, büyük su akışlarını kontrol edememesi nedeniyle taşkınların oluşumunu etkileyebilir. Nehir yatağının gelen su akışını yeterince taşıyamaması, çevresindeki alanlarda taşkınlara yol açabilir (Fajar ve diğ., 2024). Son zamanlarda yapılan çalışmalar, iklim değişikliği başta olmak üzere çeşitli nedenlerle nehir havzalarında artan taşkın riskiyle ilgili endişelere dikkat çekmekte ve bölgeye özgü araştırmaların gerekliliğini vurgulamaktadır.

Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda taşkın analizi için çoğunlukla ABD Ordusu Mühendisler Birliği (USACE) tarafından geliştirilen HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) kullanılmış ve farklı olasılıklarla (örneğin, 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500) deşarjlar hesaplandıktan sonra taşkın haritaları üretilmiştir. HEC-RAS tarafından üretilen haritalar daha sonra taşkın riski değerlendirmesi için Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) kullanılabilir. CBS, HEC-RAS yazılımından oluşturulan taşkın haritaları da dahil olmak üzere mekansal verilerin entegrasyonuna, analizine ve görselleştirilmesine fırsat tanır. Bu haritalar, taşkın risklerini daha etkili bir şekilde değerlendirmek için; arazi kullanımı, altyapı, nüfus yoğunluğu veya geçmiş taşkın olayları gibi diğer ilgili veri katmanlarıyla üst üste bindirilebilir. Karar alıcılar, HEC-RAS tarafından üretilen taşkın haritalarını CBS ile birleştirerek potansiyel taşkın etkilerini daha iyi anlayabilir ve risk azaltma için planlama yapabilir (Chakraborty ve diğ., 2025; Khosravi ve diğ., 2023). Dünyada taşkın modellemesi üzerine çok sayıda çalışma yapılmış olup, bu çalışmalar taşkın risklerini anlamak ve azaltmak açısından bu konunun ne kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Taşkın potansiyelinin belirlenmesi için Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) ve yağış verileri kullanılarak HEC-RAS modeli ile hidrolik analizler yapılmıştır. Bu çalışmalar, zirve debi tahmini için hidrolojik yöntemler ile taşkın riski altındaki alanların haritalanmasını içermektedir (Ridwan ve diğ., 2025). Literatürde, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve çok kriterli değerlendirme yöntemlerinin entegre edilmesiyle taşkın tehlike indeksi (FHI) oluşturulmuş ve bu indeks CBS ortamında haritalandırılmıştır. Elde edilen taşkın tehlike haritaları, uydu verileri ile doğrulanarak modelin geçerliliği desteklenmiştir (Bapalu ve Sinha, 2005). Bazı çalışmalar, taşkınların tekrarlayıcı etkilerini ve mevcut taşkın kontrol önlemlerinin hidrolik yapıları nasıl etkilediğini incelemiştir. Bu analizler, taşkınların arazi kullanımına ve tarımsal üretime olan etkilerini ortaya koymakta ve yönetim stratejileri için öneriler sunmaktadır (Mukhopadhyay, 2010). Uzaktan

algılama verileri ile HEC-RAS modelinin entegrasyonu, taşkın derinliği ve su baskını alanlarının mekânsal olarak belirlenmesini sağlamaktadır. Bu yaklaşım, afet yönetimi ve planlama süreçlerinde karar destek için önemli bilgiler sunmaktadır (Duan ve diğ., 2009). HEC-HMS ve HEC-RAS modelleri kullanılarak taşkın yayılımı simülasyonu yapılmış ve model çıktıları geçmiş taşkın olayları ile doğrulanmıştır. Farklı tekrar periyotları için hazırlanan taşkın haritaları, nüfus ve fiziksel hassasiyet analizleri ile birleştirilerek risk değerlendirmesi sağlanmıştır (Samarasinghe ve diğ., 2010). HEC-GeoRAS/HEC-RAS arayüzleri, taşkın tehlike bölgelerinin belirlenmesi ve farklı tekrar periyotlarına göre taşkın yayılım alanlarının haritalandırılmasında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntem, taşkın yönetimi ve arazi kullanım planlaması için uygulanabilir stratejiler sunmaktadır (Getahun ve Gebre, 2015). Farklı taşkın senaryoları HEC-RAS ile simüle edilerek taşkın alanlarının değerlendirilmesi, taşkın yönetimi ve kontrol önlemleri için değerli bilgiler sağlamaktadır (Ogras ve Onen, 2020). Ayrıca, CBS ile entegre edilen HEC-RAS çalışmaları, taşkın alanlarının mekânsal olarak modellenmesini ve risklerin tahmin edilmesini mümkün kılmaktadır (Oghly ve Güngör, 2025). Taşkınların kapsamının ve su altında kalan alanların anlaşılması, karar vericilerin acil durumlara hazırlık ve genel yaşam kalitesini artırmak amacıyla kaynakları en iyi şekilde nasıl tahsis edeceklerine karar vermelerini sağlar. Bu çalışma kapsamında, taşkın yayılım haritalarının oluşturulması için HEC-RAS yazılımı kullanılmıştır (England ve diğ., 2019). Bu yazılım, bir boyutlu (1D) sürekli ve düzensiz akış modellemelerini gerçekleştirebilmekte; grafiksel kullanıcı arayüzü (GUI), ayrı hidrolik analiz bileşenleri, veri depolama ve yönetim yeteneklerinin yanı sıra grafik ve raporlama olanaklarını da içermektedir (HEC, 2017). Bu çalışmada, benzer şekilde Narlıdere Deresi için bu yaklaşımı benimsemiştir.

Mevcut literatürde taşkın risk haritalaması ve HEC-RAS uygulamalarına dair birçok çalışma bulunmasına rağmen, Bursa Narlıdere Deresi özelinde kapsamlı bir hidrolik modelleme ve taşkın senaryosu analizi daha önce yapılmamıştır. Bu çalışma, literatüre üç temel katkı sağlamaktadır: (i) 2020 yılında bölgede meydana gelen taşkın felaketini dikkate alarak Narlıdere için güncel ve yerel verilerle bir boyutlu HEC-RAS modellemesi gerçekleştirilmiştir; (ii) elde edilen taşkın yayılım senaryoları, yerleşim ve tarımsal alanlar üzerindeki potansiyel etkileri ile birlikte değerlendirilerek bölgeye özgü risk boyutu ortaya konmuştur; (iii) bulgular, sadece akademik bilgi üretmekle kalmayıp aynı zamanda yerel yönetimler için uygulanabilir taşkın yönetim stratejileri geliştirilmesine katkı sunmaktadır. Dolayısıyla bu araştırma, hem metodolojik açıdan literatüre yeni bir örnek oluşturmakta hem de yerel taşkın yönetim politikalarına doğrudan girdi sağlayabilecek pratik çıktılar üretmektedir.

Narlıdere Deresi, Kestel ilçesinde yerleşim yerlerine yakın konumda bulunması nedeniyle taşkın riski yüksek olan bir akarsudur. 21 Haziran 2020’de meydana gelen taşkın felaketi, can kayıplarına ve ciddi maddi hasarlara yol açmıştır. Bu olay, bölgedeki taşkın tehlikesinin ciddiyetini ortaya koymuş ve benzer afetlerin tekrar yaşanmaması için bilimsel temelli analizlerin yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle Narlıdere’de taşkın analizi yapmak, can ve mal kaybını önlemeye yönelik önemli bir adımdır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kullanılan Veriler

Bu çalışmada kullanılan veriler dört ana grupta toplanabilir:

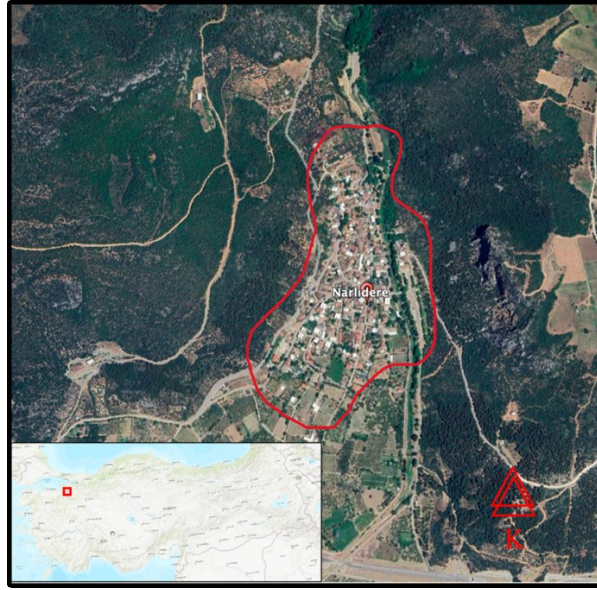
- Hidrolojik Veriler: Çalışmada 2010–2015 yıllarına ait akım verileri, Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir. Her yılın en yüksek akış değerleri seçilerek yıllık maksimum akım serisi oluşturulmuş, bu seri taşkın frekans analizlerinde kullanılmıştır.
- Topoğrafik Veriler: Çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli (DEM), NASA Earthdata Search platformundan indirilmiş ve CBS ortamında düzeltilmiştir. Modelleme

sürecinde kullanılan enkesitler, bu SYM verisi üzerinden HEC-GeoRAS aracı ile çıkarılmıştır.

- Meteorolojik Veriler: Taşkın olayının tetikleyicisi olan yağışlar için Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri kullanılmış, ayrıca bölgedeki yoğun yağış olayları dikkate alınmıştır.
- Sosyoekonomik Veriler: Narlıdere Mahallesi'nin 2023 yılı itibarıyla nüfusu (yaklaşık 511 kişi) ve yapı sayısı (yaklaşık 150 bina) dikkate alınmıştır. Bu veriler, taşkın senaryolarının olası etkilerini değerlendirmek için kullanılmıştır.

2.2. Çalışma Alanı

Narlıdere Deresi, Bursa'nın Kestel ilçesine bağlı Narlıdere Mahallesi sınırları içerisinde geçmektedir. Susurluk Nehir Havzası'na bağlıdır (Şekil 1). Narlıdere, Bursa il merkezine 22 km, Kestel ilçesine 10 km uzaklıktadır. Dere, Katırlı Dağları'ndan doğarak Narlıdere Mahallesi'nden geçer ve bölgedeki tarım arazilerini sulayarak Gölbaşı Gölü'ne ulaşır. Bu doğal yapı, mahallenin hem ekolojik hem de tarımsal açıdan önemli bir özelliğidir (www.narlıderekoyu.com.tr). Narlıdere Mahallesi'nde 21 Haziran 2020 tarihinde ciddi bir sel felaketi yaşanmıştır. Yoğun sağanak yağışlar sonucu oluşan sel, Narlıdere'nin yanı sıra Dudaklı, Kayacık, Gölcük, Sarıkaya ve Aksu mahallelerini de etkilemiştir. Bu afet sonucunda 5 kişi hayatını kaybetmiş, 1 kişi ise kaybolmuştur (www.umke.org). Sel, bölgede ciddi maddi hasara yol açmıştır (Şekil 2). Bu olay, Narlıdere'nin sel riski taşıyan bir bölge olduğunu göstermektedir. Bölgede yaşayanların ve yetkililerin bu tür afetlere karşı önlem almaları büyük önem taşımaktadır.



Şekil 1:
Çalışma Alanı (Google Earth).

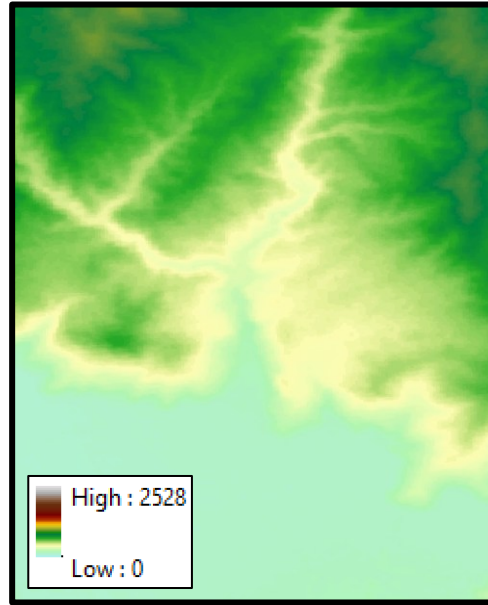


Şekil 2:

21 Haziran 2020 tarihinde Kestel'de meydana gelen sel felaketinin ardından çekilen görüntüler; Narlıdere Deresi de bu ilçede yer almaktadır. (www.dha.com.tr).

2.3. Topoğrafya

Çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli verileri NASA Earthdata'dan elde edilmiştir (Bkz. Bölüm 2.1) (search.earthdata.nasa.gov). DEM, doğrudan oluşturulmamış; Narlıdere Nehri ve çevresine ilişkin gerekli analizler için CBS yazılımında kesilmiş ve projeksiyonu kontrol edilmiştir. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli Şekil 3'te sunulmuş olup, projeksiyon doğruluğu harita üzerinde doğrulanmıştır.



Şekil 3:

Çalışma Alanının Sayısal Yükseklik Modeli.

2.4. Hidrolojik Modelleme

Çalışmada kullanılan akım verileri DSI'den alınmış olup, detayları Bölüm 2.1'de verilmiştir. Her yılın en yüksek akış değerleri seçilerek yıllık maksimum akım serisi oluşturulmuştur. Bu seriler üzerinde taşkın frekans analizleri yapılmış ve farklı tekerrür sürelerine karşılık gelen debilerin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Analizlerde, aşırı değerleri temsil etmede güvenilir sonuçlar sağlaması nedeniyle Log-Pearson Tip-III dağılımı kullanılmıştır. Bu yöntemde, akım değerlerinin logaritması alınarak veri seti normalize edilir ve ardından üç parametrelili Pearson Tip-III dağılımı uygulanır. Dağılım, ortalama (μ), standart sapma (σ) ve çarpıklık katsayısı (C_s) ile tanımlanır; bu sayede özellikle uç değerlerin istatistiksel olarak doğru bir şekilde temsil edilmesi sağlanır. Tekerrür debileri (Eşitlik 1) gösterildiği gibi hesaplanır:

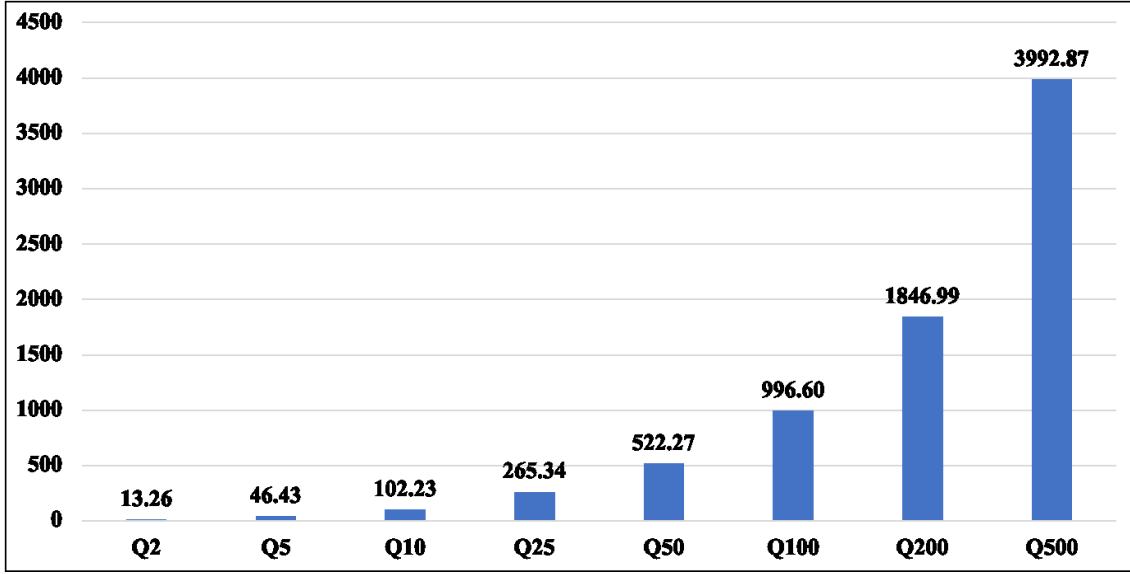
$$\log Q_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (1)$$

Burada $\bar{X}$, logaritmik verilerin ortalaması; S , logaritmik standart sapma; K_T ise çarpıklık katsayısına bağlı frekans katsayısıdır. Hesaplanan logaritmik değerler antilogaritması alınarak gerçek debi (Q_T) değerine dönüştürülür. ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) tarafından da önerilen bu yöntem, hidrolojik taşkın analizlerinde uluslararası geçerliliğe sahiptir ve bu çalışmada Narlıdere Deresi için güvenilir tekerrür debilerinin elde edilmesine olanak sağlamıştır (Namara ve diğ., 2022).

2010–2015 yıllarına ait akım kayıtlarının görece kısa bir gözlem dönemini temsil ettiği belirtilmelidir. Bu durum belirsizlikleri artırsa da, küçük veri setleri için yaygın olarak kabul edilen ve USGS Bulletin 17C'de önerilen Log-Pearson Tip III dağılımı uygulanmıştır. Tablo 1'de aylara göre debi değerleri verilmiştir. Ayrıca Şekil 4'te tekerrür taşkın debileri yer almaktadır.

Tablo 1. 2010–2015 Yıllarına Ait Akış Verileri.

Yıllar	Aylara göre maksimum debi değerleri (m ³ /s)												Yıllara Göre maksimum debi değerleri (m ³ /s)
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	
2010	0.24	0.54	13.00	23.20	25.70	29.20	15.00	0.54	16.50	0.06	0.05	0.03	29.20
2011	134.00	0.77	6.40	4.60	0.83	3.72	8.32	0.52	0.71	0.71	0.17	0.20	134.00
2012	0.52	0.43	3.54	1.53	3.90	19.10	4.80	1.07	0.52	0.00	0.00	0.00	19.10
2013	0.34	0.34	4.44	19.50	0.95	3.54	1.13	0.65	0.65	0.17	0.14	0.07	19.50
2014	3.72	0.43	1.25	1.53	0.00	0.00	0.43	2.55	4.26	0.29	2.78	3.90	4.26
2015	0.17	0.52	0.43	1.01	5.28	2.35	0.00	0.00	0.00	0.10	0.07	0.07	5.28



Şekil 4:
Taşkın Tekerrür Debileri (m³/s)

2.5. Hidrolojik Analiz

Bu çalışmanın hidrolojik bir boyutlu (1D) taşkın modellemesinde HEC-RAS yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu model için girdi arazi verilerini oluşturmak için bir sayısal yükseklik modeli (DEM) haritası kullanıldı. Enerji ve momentum denklemi (Eşitlik 2 ve 3), örtük sonlu farklı yöntem kullanılarak HEC-RAS içinde kararlı ve kararsız durum akışlı su yüzey profili simülasyonunun çözümünde 1D Saint Venant denklemini türetmek için kullanılır (Chow, 1959).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (2)$$

$$I_E = I_0 - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} \quad (3)$$

Bu eşitliklerde:

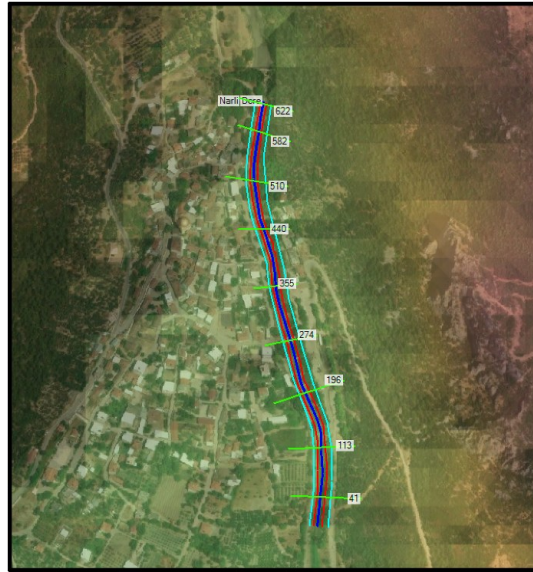
- A: Akımın kesit alanı (m²)
- Q: Kanal boyunca toplam akım debisi (m³/s)
- q: Birim genişlikten geçen akım debisi (m²/s)
- v: Ortalama akım hızı (m/s)
- x: Uzunluk (m)
- y: Su derinliği (m)
- t: Zaman (s)
- I_E: Enerji çizgisi eğimi
- I₀: Taban eğimi
- g: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)

Taşkın analizi için gerekli olan Sayısal Yükseklik Modeli (DEM), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında düzeltilerek hazırlanmıştır. Bu model, HEC-RAS yazılımına aktarılmış ve bir boyutlu (1D) hidrolik taşkın analizi amacıyla kullanılmıştır. HEC-RAS ortamında öncelikle dere yatağı belirlenmiş, ardından dere sınırlarını tanımlayan kıyı çizgileri (*bank lines*), akış yönünü ve kanal boyunca suyun hareketini gösteren akış yolları (*flow paths*) ile hidrolik hesaplamaların yapılabilmesi için gerekli olan enkesitler oluşturulmuştur.

Bu çalışmada hidrolik modellemede kullanılan enkesitler, DEM verisinden HEC-GeoRAS aracılığıyla CBS ortamında elde edilmiştir. Enkesit aralıkları kanal geometrisine bağlı olarak yaklaşık 50-100 m arasında değişmektedir. Herhangi bir arazi ölçümü bulunmadığından, elde edilen enkesitler Google Earth görüntüleri ve bölgesel eğim/topoğrafya haritaları ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Ayrıca, enkesit yoğunluğunun ve konumlarının model duyarlılığı üzerindeki olası etkileri tartışma bölümünde ele alınmıştır. Enkesitlerin konumları ile birlikte akış yönü, Şekil 5'te görsel olarak sunulmuştur. Dere yatağının eğimli ve kıvrımlı yapısı ile yer yer bitki örtüsü içermesi nedeniyle hidrolik hesaplamalarda Manning pürüzlülük katsayısı (n) 0.035 olarak belirlenmiştir. Bu değer, doğal akarsu koşullarını temsil eden tipik bir katsayı olup, akımın kanal içinde yavaşlamasına neden olabilecek yüzey koşullarını (örneğin otlar, hafif taşlık alanlar) dikkate almaktadır. Ayrıntılı arazi ölçümleri bulunmadığından n değeri sabit kabul edilmiştir. Seçilen katsayı, hafif bitki örtüsü ve düzensizliğe sahip akarsular için literatürde önerilen değerlerle uyumludur (Zellou ve Rahali, 2017). Ancak bu yaklaşım bir basitleştirme olup, farklı kesitlerde değişebilecek pürüzlülük koşullarının model hassasiyeti üzerindeki etkileri tartışma bölümünde ayrıca ele alınmıştır.

Modelleme sürecinde farklı tekerrür süresine sahip taşkın debileri (örneğin: 2 yıllık taşkın debisi (Q_2) = 13.26 m³/s) sistemin giriş verisi olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, akımın başlangıç ve bitiş noktalarındaki eğimler üst ve alt sınır koşulları olarak sırasıyla 0.001 ve 0.0025 değerleriyle modele girilmiştir. Bu sınır koşulları, ilgili eğim değerlerine dayalı normal derinlik varsayımları kullanılarak tanımlanmıştır. Gözlenmiş taşkın hidrograflarının bulunmaması nedeniyle, modelin kalibrasyonu ve doğrulaması yapılamamıştır; bu durum çalışmanın sınırlılıklarından biri olarak kabul edilmiştir.

Bu veriler doğrultusunda, HEC-RAS modeli sürekli akım (steady flow) koşulları altında çalıştırılmış ve her bir tekerrür debisine karşılık gelen su yüzeyi profilleri elde edilmiştir.



Şekil 5:

Çalışma Alanına Ait Sayısal Yükseklik Modeli Üzerinde Dere Yatağı ve Enkesitlerin Gösterimi

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Narlıdere Deresi için geliştirilen bir boyutlu (1D) taşkın modeli kapsamında, farklı tekerrür sürelerine karşılık gelen taşkın debileri (Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} , Q_{100} , Q_{200} ve Q_{500}) kullanılarak taşkın yayılım senaryoları oluşturulmuştur. HEC-RAS yazılımı aracılığıyla yürütülen hidrolik modelleme sonucunda, her bir taşkın senaryosuna ait su yüzeyi profilleri ve taşkın yayılım alanları elde edilmiştir. Bu analizler sayesinde, suyun dere yatağını aşarak çevresel alanlara nasıl yayıldığı ve farklı büyüklükteki taşkınların potansiyel etkileri detaylı biçimde ortaya konmuştur. Model sonuçlarının değerlendirilmesinde, enkesit yoğunluğu ve konumlarının taşkın yayılımı üzerinde belirleyici bir rol oynayabileceği görülmüştür. Bu nedenle, daha sık ve arazi ölçümlerine dayalı enkesit kullanımı, gelecekteki çalışmalar için model hassasiyetini artıracak önemli bir unsurdur.

Taşkın debilerine göre yapılan akım analizlerinin sonuçları Şekil 6a ve 6b’de ayrıntılı olarak sunulmaktadır.



Şekil 6a:

Taşkın debilerine (Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{25}) göre yapılan akım analizlerinin sonuçları



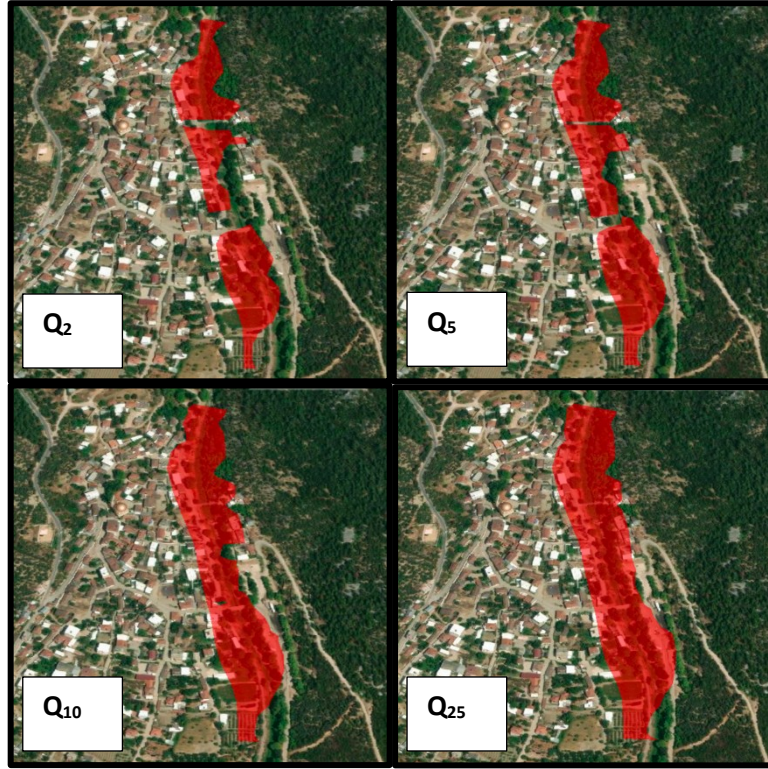
Şekil 6b:

Taşkın debilerine ($Q_{50}, Q_{100}, Q_{200}, Q_{500}$) göre yapılan akım analizlerinin sonuçları

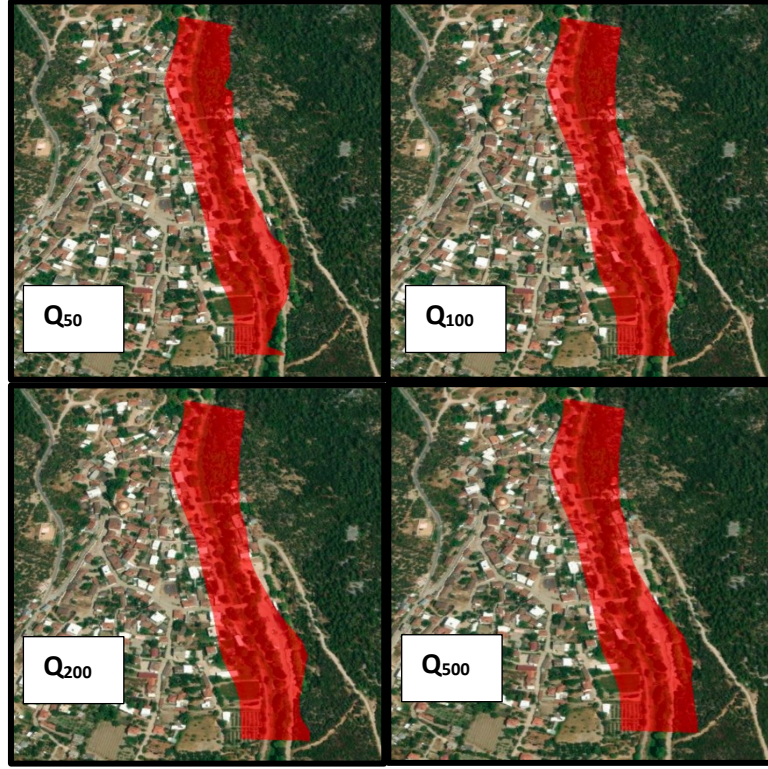
Şekil 6a ve 6b’de yer alan model sonuçları incelendiğinde, özellikle 50 yıl ve üzeri tekerrür sürelerine sahip taşkınlarda, dere yatağı çevresindeki yerleşim alanlarının ciddi şekilde risk altında olduğunu göstermektedir. Özellikle Narlıdere’nin sağ kıyısında yer alan yerleşim birimlerinin büyük kısmının taşkın debilerinin artmasıyla birlikte doğrudan etkilendiği görülmüştür. Bu bölgede yapılaşma yoğunluğunun fazla olması, potansiyel can ve mal kaybı riskini artırmaktadır. Sol yakada ise yapılaşma daha seyrek olmakla birlikte, tarımsal alanların taşkından önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir. Bu durum, taşkınların sadece kentsel altyapı üzerinde değil, aynı zamanda tarımsal üretim üzerinde de ekonomik sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir.

Sonuçlar incelendiğinde, yalnızca 50 ve 500 yıllık tekrar periyotları değil, ara periyotların da (100 ve 200 yıl) taşkın yayılımı açısından önemli bulgular sunduğu görülmektedir. 100 yıllık taşkın senaryosunda, 50 yıllık taşkına kıyasla taşkın alanının ve su derinliğinin belirgin şekilde arttığı, özellikle dereye yakın konutların daha yüksek risk altında olduğu gözlemlenmiştir. 200 yıllık taşkında ise, 500 yıllık taşkına yakın bir yayılım eğilimi ortaya çıkmakta, ancak etkilenen alanın ve yapı sayısının görece daha sınırlı kaldığı anlaşılmaktadır. Bu durum, ara periyotların da dikkate alınmasının risk değerlendirmesini daha gerçekçi kıldığı ve karar vericilere farklı büyüklükte taşkın senaryoları arasında karşılaştırmalı bir bakış açısı sunduğunu göstermektedir. Özellikle nadiren meydana gelen ancak yüksek şiddetli taşkın olaylarını temsil eden 500 yıllık taşkın senaryosunda, taşkın yayılımının hem yerleşim hem de tarım arazileri açısından ciddi boyutlara ulaştığı gözlemlenmiştir. Literatürde benzer çalışmalarda da ifade edildiği üzere, 500 yıllık taşkınlar, düşük olasılıklı fakat yüksek etkili olaylar sınıfında değerlendirilmekte ve bu tür taşkınların modelleme sürecine dahil edilmesi, taşkın yönetim planları açısından kritik öneme sahiptir (Canpolat ve Bozdoğan, 2024).

Şekil 7a ve 7b’de farklı tekerrür sürelerine göre (Q_2 – Q_{500}) taşkın yayılım alanları sunulmaktadır. Şekil 7a, düşük tekerrür sürelerine (Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25}) ait yayılım alanlarını; Şekil 7b ise yüksek tekerrür sürelerine (Q_{50} , Q_{100} , Q_{200} , Q_{500}) ait yayılım alanlarını göstermektedir. Haritalarda tek renk ile gösterilen bölgeler, ilgili senaryoya karşılık gelen taşkından etkilenecek alanları ifade etmektedir. Bu görselleştirme, taşkının yerleşim ve tarımsal alanlar üzerindeki mekânsal etkilerini ortaya koyarak, metinsel bulguların desteklenmesini sağlamaktadır.



Şekil 7a:
 Q_2 , Q_5 , Q_{10} ve Q_{25} senaryolarına ait taşkın yayılım alanları.



Şekil 7b:
Q50, Q100, Q200 ve Q500 senaryolarına ait taşkın yayılım alanları.

HEC-RAS modellemesi ile elde edilen su yüzeyi profilleri, taşkın alanlarının mekânsal dağılımını da açıkça ortaya koymuştur. Bu bağlamda, dere boyunca topografik özelliklerin, eğimin ve bitki örtüsünün taşkın yayılımını doğrudan etkilediği gözlemlenmiştir. Akarsu yatağının daraldığı veya eğimin azaldığı bölgelerde su derinliklerinin arttığı; genişleyen kesitlerde ise yayılımın arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, modelde kullanılan Manning pürüzlülük katsayısı ($n = 0.035$) ile doğaya yakın koşullar simüle edilerek gerçek duruma yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada n değeri sabit alınmış olsa da, farklı kesitlerde değişen bitki örtüsü, taban malzemesi ve kanal geometrisi pürüzlülük katsayısında farklılıklara yol açabilmektedir. Dolayısıyla, değişken n değerlerinin modele dâhil edilmesi, gelecekte yapılacak çalışmalarda model sonuçlarının hassasiyetini artıracak önemli bir unsur olarak görülmektedir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgularla, Narlıdere'nin sağ kıyısında yer alan yerleşim alanlarının büyük bir kısmının taşkınla maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu bölgede konut yoğunluğu fazla olup, suyun taşkın anında bu yapıları doğrudan etkilediği anlaşılmaktadır. Akarsuyun sol yakasında ise yerleşim alanı nispeten azdır; ancak burada bulunan tarım arazileri taşkından ciddi şekilde etkilenmektedir. Bu sonuçlar farklı taşkın senaryolarının Narlıdere üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirme imkânı sunmakta ve bölgeye özgü taşkın riskinin boyutlarını bilimsel temellere dayalı olarak ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, sadece mevcut risklerin değerlendirilmesi açısından değil, aynı zamanda gelecekte uygulanacak yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin belirlenmesi açısından da yol gösterici niteliktedir. Bu bağlamda çalışma, benzer hidrolojik koşullara sahip alanlar için de taşkın yönetimi planlamasında örnek teşkil edebilecek nitelikte bütüncül bir analiz sunmaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Delibekirli Deresi için 500 yıllık taşkın debisinin hesaplandığı ve HEC-RAS ile modelleme yapılarak bu taşkın debisinin dikkate alınması

gerektiği vurgulanmıştır (Canpolat ve Bozdoğan, 2024). Bu tür bir taşkın gerçekleştiğinde hem yerleşim alanları hem de tarımsal üretim üzerinde büyük çaplı fiziksel ve ekonomik zararlar oluşabileceği değerlendirilmektedir (Demir ve Keskin, 2022). Bir boyutlu taşkın analizinin sonuçları, taşkın olaylarının modellenmesinde temel bir rehber niteliği taşımakta olup, elde edilen veriler farklı taşkın senaryolarına uyarlanabilir niteliktedir ve hem risk yönetimi hem de kentsel ve kırsal planlama süreçlerinde önemli bir kaynak sunmaktadır (Basnet ve diğ., 2024; Popa ve Popa, 2020). Bu bağlamda, 1D modelleme yaklaşımının benzer coğrafi ve hidrolojik koşullara sahip alanlarda yaygın olarak uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır (Peng ve Liu, 2019). Ayrıca, Haziran 2020’de Kestel/Narlidere’de meydana gelen taşkın ile nitel bir karşılaştırma yapılmış ve modelde öngörülen taşkın yayılım alanlarının raporlanan hasar bölgeleri ile uyumlu olduğu görülmüştür, bu da modelin güvenilirliğini desteklemektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen hidrolik modelleme sonuçları, Narlıdere Mahallesi’nin önemli ölçüde taşkın riski altında bulunduğunu ortaya koymuştur. 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 511 nüfusa ve 150 civarında binaya sahip olan yerleşim alanında (detaylı bilgi için bkz. Bölüm 2.1), 500 yıllık taşkın senaryosuna göre yaklaşık 550.000 m²’lik bir alanın su altında kalacağı öngörülmektedir. Bu yayılım, köydeki yapıların yaklaşık yarısının (yaklaşık 75 bina) doğrudan etkileneceğini göstermektedir. Narlıdere’nin iki tepe arasında yer alması ve dere yatağının yerleşim birimlerine yakın konumlanması, taşkın riskini artıran önemli morfolojik etmenler arasında yer almaktadır. Ayrıca, tarım alanlarının da taşkınlardan zarar görebilecek bölgelerde konumlanması, ekonomik kayıpların sadece yapısal değil aynı zamanda üretim odaklı olabileceğine işaret etmektedir.

Bu verilere dayanarak yapılan kaba tahminlere göre, etkilenecek yapıların ortalama yeniden inşa ve onarım maliyetleri dikkate alındığında doğrudan 10-15 milyon TL arasında bir maddi hasarın oluşabileceği öngörülmektedir. Buna ek olarak, tarımsal üretim kayıpları, altyapı hasarları ve geçici yaşam maliyetleri de hesaba katıldığında, toplam ekonomik zararın 20 milyon TL’yi aşabileceği değerlendirilmektedir. Bu tür tahminler, taşkınların yalnızca fiziki çevre üzerinde değil, aynı zamanda bölge ekonomisi üzerinde de yüksek maliyetli etkiler yaratabileceğini göstermektedir.

Bu bulgular doğrultusunda, Narlıdere ve benzeri risk taşıyan yerleşim alanlarında taşkın yönetiminin çok boyutlu stratejilerle ele alınması gerekmektedir. Bu kapsamda aşağıdaki yapısal ve yapısal olmayan önlemler önerilmektedir:

- Taşkın Tahliye Altyapısı: Yerleşim alanlarını çevreleyen yamaçlarda yüzey akışını güvenli şekilde yönlendirecek tahliye kanallarının yapılması.
- Erken Uyarı ve İzleme Sistemleri: Yukarı havzada otomatik yağış ve akım istasyonları ile desteklenen sistemlerin kurulması.
- Yerleşim Planlaması: Taşkın riski yüksek bölgelerde yapılaşmanın sınırlandırılması, bu alanların tarım/yeşil alan olarak kullanılması.
- Arazi Koruma Önlemleri: Erozyon kontrolü, teraslama, ağaçlandırma ve doğa temelli çözümlerin (NbS) uygulanması.
- Hidrolik Yapıların İyileştirilmesi: Menfez, köprü ve geçiş yapılarının kapasitesinin artırılması veya güçlendirilmesi.
- Toplum Temelli Afet Bilinci: Halkın eğitilmesi, tatbikatların yapılması ve bilinçlendirme toplantılarının düzenlenmesi.

Önerilen önlemler yalnızca teknik açıdan değil, aynı zamanda uygulanabilirlik, maliyet ve öncelik bakımından da değerlendirilmiştir. Buna göre, düşük maliyetli ve kısa vadede

uygulanabilecek erken uyarı sistemleri öncelikli görülürken, yüksek maliyetli altyapı yatırımlarının orta–uzun vadede planlanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmanın önemli bir sınırlılığı, taşkın frekans analizinde kullanılan akım veri setinin kısa süreli (2010–2015) olmasıdır. Bu durum, özellikle uç değer tahminlerinde geniş güven aralıklarına ve belirsizliklere yol açmaktadır. Her ne kadar Log-Pearson Tip III dağılımı küçük veri setleri için istatistiksel olarak kabul görmüş bir yöntem olsa da, elde edilen tekerrür debileri temkinli şekilde değerlendirilmelidir. Gelecek çalışmalarda daha uzun gözlem serilerinin kullanılması, güven aralıklarının hesaplanması, meteorolojik verilerin ve havza özelliklerinin entegrasyonu ile bölgesel taşkın frekans yöntemlerinin uygulanması, tahminlerin güvenilirliğini artıracak ve belirsizliği azaltacaktır. Modelde sürekli akım (steady flow) koşulları tercih edilmiştir. Bu yaklaşım, metodolojik sadelik sağlamakla birlikte, kısa süreli ve yüksek şiddetli taşkınları tam olarak temsil etmemektedir. Gelecek çalışmalarda kararsız akım (unsteady flow) simülasyonlarının yanı sıra, yerel taşkın kayıtları veya taşkın sonrası saha gözlemlerinin model doğrulaması için kullanılması önerilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile elde edilen bulgular, Narlıdere özelinde taşkın riskinin hem mekânsal hem de yapısal dinamiklerine ışık tutmakta ve sürdürülebilir taşkın yönetimi için uygulanabilir öneriler sunmaktadır. Bu modelin, benzer topoğrafik ve iklimsel özelliklere sahip diğer kırsal yerleşimler için de örnek teşkil edebileceği değerlendirilmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİKLERİ BEYANI

Yazarlar, çalışmanın tüm süreçlerinin araştırma ve yayın etiğine, etik kurallara ve bilimsel atıf ilkelerine uygun olduğunu beyan ederler.

YAZAR KATKISI

Halid JAFALI: Araştırma, Kaynaklar, Yazım - Orijinal Taslak, Yazım - İnceleme ve Düzenleme. Ahmet İyad CEYHUNLU: Biçimsel Analiz, Araştırma, Metodoloji, Kaynaklar, Yazılım, Yazma - Orijinal Taslak, Yazma - İnceleme ve Düzenleme. Gökmen ÇERİBAŞI: Metodoloji, Yazılım, Yazım - Özgün Taslak, Yazım - İnceleme & Düzenleme. Tahir AKGÜL: Metodoloji, Yazım - Özgün Taslak, Yazım - İnceleme & Düzenleme.

KAYNAKLAR

1. Aytekin, M., Serengil, Y., & İnan, M. (2025). A GIS based quick assessment method of flood vulnerability: Susurluk Basin case. *European Journal of Forest Engineering*, 11(1), 1–14. Doi:10.33904/ejfe.1417141
2. Bapalu, G. V., & Sinha, R. (2005). GIS in flood hazard mapping: A case study of Kosi River Basin, India. *GIS@Development Weekly*, 1, 1–3.
3. Basnet, K., Acharya, D., Bhandari, K. P., Lamichhane, S., & Sadadev, B. B. (2024). Floodplain mapping of an ungauged river: A case study on Seti River in Pokhara, Nepal. *Himalayan Journal of Applied Science and Engineering*, 4(2), 23–39. doi:10.3126/hijase.v4i2.62185

4. Canpolat, E., & Bozdoğan, M. (2024). Delibekirli Havzası'nın taşkın tekerrürünün hesaplanması ve HEC-RAS ile modellenmesi (Kırıkhan-Hatay). *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1), 1–15. doi:10.21324/dacd.1387971
5. Chakraborty Shoumik, S., Ridoy, A. S., Kawsaruzzaman, ve Jany, M. R. (2025). The use of HEC-RAS in mapping the flood inundation area: A study on Surma River Basin, Bangladesh. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 14(1), 78–88. doi:10.55938/wjaets.v14i1.2404
6. Chow, V. T. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, New York.
7. Demir, V., & Keskin, A. Ü. (2022). Taşkınların ekonomik zararlarının değerlendirilmesi (Samsun-Mert Irmağı örneği). *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi (UMAGD)*, 14(2), 663–678. doi:10.29137/umagd.1090447
8. Duan, M., Zhang, J., Liu, Z., ve Aekakkararungroj, A. (2009). Use of remote sensing and GIS for flood hazard mapping in Chiang Mai Province, northern Thailand. In *Proceedings of the International Conference on Geospatial Solutions for Emergency Management and the 50th Anniversary of the Chinese Academy of Surveying and Mapping* (pp. 14–16). Beijing, China.
9. England, J. F. Jr., Cohn, T. A., Faber, B. A., Stedinger, J. R., Thomas, W. O. Jr., Veilleux, A. G., Kiang, J. E., ve Mason, R. R. Jr. (2019). *Guidelines for determining flood flow frequency — Bulletin 17C (USGS Techniques & Methods, Book 4, Chap. B5)*. Reston, VA: U.S. Geological Survey.
10. Fajar, M. Q., Rehananda, A., & Purnomo, S. E. (2024). Flood modeling for the Cisanggarung River in the Cilengkrang Village using the HEC-RAS software. *Journal of World Science*, 3(12), 1648–1662. doi:10.56782/jws.v3i12.544
11. Getahun, Y. S., ve Gebre, S. L. (2015). Flood hazard assessment and mapping of flood inundation area of the Awash River basin in Ethiopia using GIS and HEC-GeoRAS/HEC-RAS model. *Journal of Civil & Environmental Engineering*, 5. doi:10.4172/2165-784X.1000179
12. HEC. (2017). *HEC-RAS River Analysis System: User's Manual, Version 5.0*. Davis, CA: U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
13. <https://search.earthdata.nasa.gov>, Erişim Tarihi: 24.06.2025, Konu: *Uydu verilerinin aranması ve indirilmesi*.
14. <https://www.narlidere koyu.com.tr>, Erişim Tarihi: 24.06.2025, Konu: *Narlidere Köyü Hakkında Genel Bilgiler*.
15. Khosravi, K., Kazemzadeh-Zow, A., Kourgli, A. A., & Abolmaali, S. M. (2023). Simulation of floods under the influence of effective factors in hydraulic and hydrological models using HEC-RAS and MIKE 21. *Natural Hazards*, 117(1), 605–632. doi:10.1007/s11069-023-07041-7
16. Mirzaei, S., Sadoddin, A., Bahremand, A., Ownegh, M., ve Mostafazadeh, R. (2025) Direct-tangible costs in flood zones simulated using the HEC-RAS 2-D hydraulic model – the Arazkuseh River, *Golestan Province, MMWS*. doi:10.22098/mmws.2024.14501.1410
17. Mukhopadhyay, S. (2010). A geo-environmental assessment of flood dynamics in lower Ajoy River inducing sand splay problem in eastern India. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 3, 96–110. doi:10.4314/ejesm.v3i2.59841
18. Namara, W. G., Damisse, T. A., & Tufa, F. G. (2022). Application of HEC-RAS and HEC-GeoRAS model for flood inundation mapping: The case of Awash Bello Flood Plain, Upper

- Awash River Basin, Oromiya Regional State, Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(2), 1449–1460. doi:10.1007/s40808-022-01321-5
19. Oghly, A. L. R., ve Güngör, M. (2025). Denizli ili Serinhisar ilçe merkezi taşkın yayılım alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ve HEC RAS paket programı ile modellenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. doi:10.5505/pajes.2025.44914
 20. Ogras, S., & Onen, F. (2020). Flood analysis with HEC-RAS: A case study of Tigris River. *Advances in Civil Engineering*, 2020, Article ID 6131982. doi:10.1155/2020/6131982
 21. Peng, A., & Liu, F. (2019). Flooding simulation due to Hurricane Florence in North Carolina with HEC-RAS. *arXiv preprint arXiv:1911.09525*. doi:arXiv:1911.09525
 22. Popa, R., ve Popa, A. (2020). Using 1D HEC-RAS modeling and LiDAR data to improve flood hazard maps in the Jijia Floodplain. *Water*, 12(6), 1624. doi:10.3390/w12061624
 23. Ridwan, K. S., Sari, S. N., & Hermawan, A. (2025). Flood modeling of Telomoyo Watershed in Kebumen using HEC-RAS for mapping flood risk zones. *Jurnal Teknologi Terapan G-Tech*, 9(2), 978–990. doi:10.70609/gtech.v9i2.6801
 24. Samarasinghe, S. M. J. S., Nandalal, H. K., Weliwititi, D. P., Fowze, J. S. M., Hazarika, M. K., & Samarakoon, L. (2010). Application of remote sensing and GIS for flood risk analysis: A case study at Kalu-Ganga River, Sri Lanka. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII(8), 110–115.
 25. Ucar, I., Kapcak, M., Sonmez, O., Dogan, E., Turan, B., Dal, M., Findik, S. B., Yilmaz, M., ve Sever, A. (2023). From hazard maps to action plans: Comprehensive flood risk mitigation in the Susurluk Basin. *Water*, 15(6), 860. <https://doi.org/10.3390/w17060860>
 26. Zellou, B., & Rahali, H. (2017). Assessment of reduced-complexity landscape evolution model suitability to adequately simulate flood events in complex flow conditions. *Natural Hazards*, 86(1), 1–29. doi:10.1007/s11069-016-2667-9