



Araştırma Makalesi / Research Article

HEC-RAS 2B Modeli Kullanılarak Yazılıkaya Deresi (Nallıhan Ankara) Sel Tehlike Haritalarının Hazırlanması ve Sel Kontrol Yapısının Etkinliği

The Preparation of Yazılıkaya Stream (Nallıhan Ankara) Flood Hazard Maps Using the HEC-RAS 2D Model and The Efficiency of Flood Control Structure

Hüseyin AKKUŞ , Engin YILDIZ , İsmail BULUT 

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Etüt ve Proje Daire Başkanlığı, Ankara

Geliş (Received): 21 Mart (March) 2023 / Düzeltme (Revised): 11 Mayıs (May) 2023 / Kabul (Accepted): 15 Mayıs (May) 2023

ÖZ

Sel, aşırı yağışlar ve karların hızla erimesi gibi meteorolojik koşulların değişim göstermesi sonucu oluşan doğa kaynaklı afetlerden birisidir. Bölgenin topoğrafyası, jeolojik yapısı, iklim koşulları, akarsu veya derelerin doğal yapılarında meydana gelen bozulmalar ve kontrolsüz kentleşme gibi faktörler sellerin oluşumunda büyük rol oynamaktadır. Bu çalışma kapsamında, Ankara İli Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde bulunan ve Yazılıkaya deresinin su toplama havzası sınırları içerisinde sel tehlikesine karşı dere içi ıslah çalışmaları yapılmış, 78.8 hektar (Ha) alan içerisinde bir adet harçlı ıslah sekisi projelendirilmesi ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ankara İli Nallıhan İlçesi Yazılıkaya deresi dere içi ıslah çalışmasında elde edilen veriler (dere haritaları, debileri ve sanat yapısı en kesitleri) ve DSİ Sentetik Yöntemi ile Q_{10} ve Q_{100} debi değerleri kullanılarak HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) programı yardımıyla Yazılıkaya deresinde iki boyutlu sel modellenmesi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Yazılıkaya deresi üzerinde yapılan harçlı ıslah sekisinin, olası şiddetli ve anlık yağışlarda Q_{10} ve Q_{100} debi değerlerinin kullanıldığı analizlerde suyun hızı sırası ile yapısız durumda sırası ile 2 m/s – 3.2 m/s iken yapı yapıldıktan sonra 0.5 m/s – 0.75 m/s değerlerine düştüğü gözlemlenmiştir. Sırasıyla Q_{10} ve Q_{100} debi değerlerine göre yapılan yerleşim yerlerindeki su derinliği analizlerinde, harçlı ıslah sekisi yapımı tamamlandıktan sonra 2 cm (Q_{10}) ve 8 cm (Q_{100}) kadar su azalmalarının olduğu hesaplanmıştır. Genel olarak bu çalışmada, yukarı havza sel kontrol yapılarının (harçlı ıslah sekisi) yağış sularının akış rejimlerinin düzenlenmesinde (su enerjisi, hızı, derinliği, vb.), nüfusun yoğunlaştığı yerleşim yerlerinde ve karayolunda sel tehlikesine karşı etkileri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sel Tehlikesi, HEC-RAS Modellemesi, Sel Kontrol Yapısı, 2-Boyutlu Analiz

ABSTRACT

Flooding is one of the natural disasters that occur with changes in meteorological conditions such as excessive precipitation and the rapid melting of snow. The major flooding formation factors are a region's topography, geological structure, climatic conditions, any deterioration in the natural structures of rivers, and uncontrolled urbanization. To reduce the risk of flooding, this study conducted river rehabilitation work within the water collection basin of the Yazılıkaya River, located within the borders of the Nallıhan District of Ankara Province. Furthermore, a mortared check dam was designed and implemented in an area of 78.8 hectares (Ha). The study of the Yazılıkaya River in-stream rehabilitation project included a two-dimensional flood model, which was carried out with the help

of HEC-RAS software (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) using obtained data (stream maps, flow rates and art structure cross-sections) and the DSI Synthetic method with Q_{10} and Q_{100} flow rates. To analyze the effects of a mortared check dam on the Yazılıkaya River, the flow rate values of Q_{10} and Q_{100} in both heavy and sudden rains were used; it was observed that while the speed of the water was 2-3.2 m/sec before the construction of the dam, it decreased to 0.5 – 0.75 m/sec after construction. After the completion of the mortared check dam, it was calculated that there were water reductions of 2 and 8 cm respectively in the water depth analysis in the settlements made according to the Q_{10} and Q_{100} flow rates. Generally, this study investigated the effect of upper basin flood control structures (mortared check dam) and the regulation of precipitation water flow regimes (water energy, speed, depth, etc.), on flood hazard in populated settlements and on the highway.

Keywords: Flood Hazard, HEC-RAS Modelling, Flood-Control Structure, 2-Dimensional Analysis

GİRİŞ

Sellerin etki alanlarının, derinlik, hız ve zaman açısından etkilerini anlamak, etkili sel riski yönetimi için kilit bir unsurdur. Sel, çeşitli nedenler sonucunda bir akarsuyun herhangi bir noktasından doğal veya yapay dere yataklarını aşan nispeten yüksek su akışına ulaşması olarak tanımlanmaktadır (Şahin ve Sipahioğlu, 2003). Akarsuyun boyutu ve doğal yapısı, bölgenin iklim ve bitki örtüsü, jeolojik-jeomorfolojik, arazi kullanım durumu ve mevsimsel olarak değişen akarsu su debisindeki farklılıklar belirli bir bölgede sel felaketinin olup olmayacağını gösteren faktörlerdir (Nigusse ve Adhanom, 2019). Dano vd. (2020) ve Dereli vd. (2021)'de yapmış olduğu çalışmalara göre, sel tehlikesi doğa kaynaklı afetlerin en fazla can ve mal kayıplarına sebebiyet verenlerden birisi olmakla birlikte, son 30 yılda dünyada yılda ortalama yaklaşık 80 milyon insanın yaşamını etkilediğini söylemektedir.

Küresel iklim değişikliği sebebiyle son yıllarda tropik bölgeler dışında Türkiye gibi tropik kuşak dışında yer alan ülkelerde de şiddetli fırtına veya ani yağışlar sonucunda sel sayılarında ve şiddetinde artışlar meydana gelmektedir. Günümüzde kontrolsüz bir şekilde artan çarpık yapılaşma doğa kaynaklı afetlerden (sel, taşkın, heyelan, vb.) daha fazla etkilenmekte

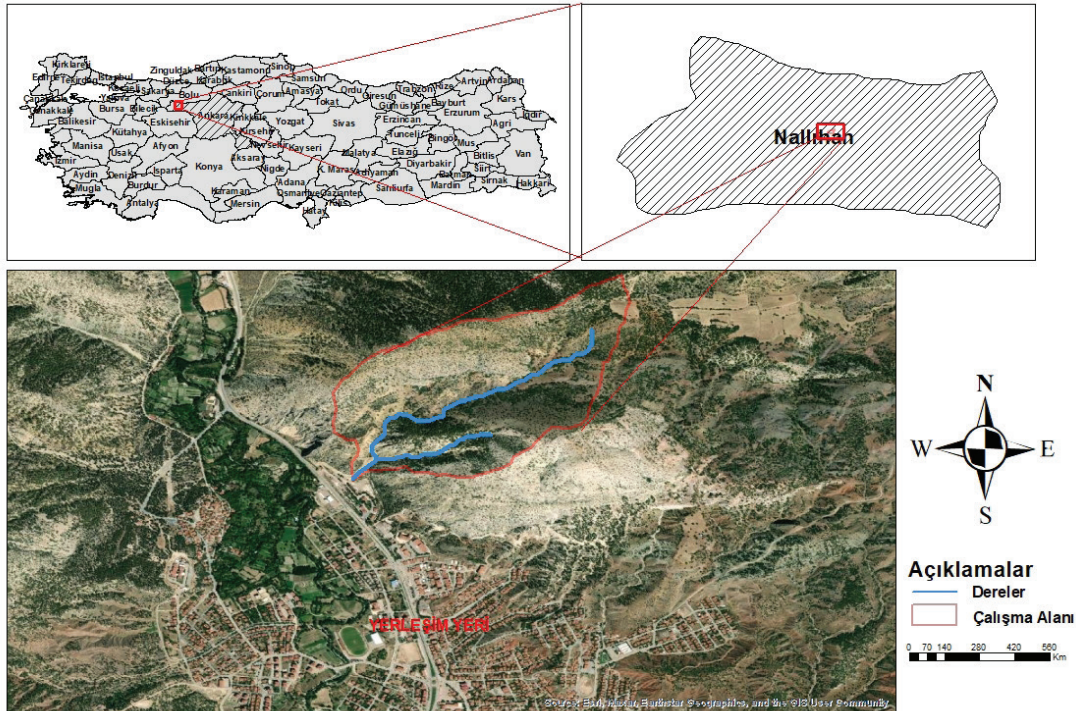
ve buna bağlı olarak can ve mal kayıplarında artışlar yaşanmaktadır (Kadioğlu, 2008). Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalarına göre, 2000'li yıllardan itibaren sel olaylarında artışlar meydana gelmiş ve son 10 yıl dikkate alındığında her yıl yaklaşık olarak 100 ve daha fazla sel olaylarında artışların olduğu belirtilmiştir (Erkan vd., 2021). Türkiye'de 2020 yılı içerisinde 297 adet doğa kaynaklı afetlerden olan sel olayı meydana gelmiştir (Erkan vd., 2021).

Horritt ve Bates (2002), İngiltere Severn Nehrinin 60 km'lik bir bölümünde 1-Boyutlu ve 2-Boyutlu hidrolik modelleri için 1998 ve 2000 yıllarındaki sel olaylarının özet görüntülerini uzaktan algılama uyduları ile elde etmiş ve 3 farklı sel modelinin performanslarını farklı yazılımlarla analiz ettiklerinde, en iyi sonucu veren yazılımın HEC-RAS olduğunu ifade etmiş. Desalegn ve Mulu (2020), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve HEC-RAS kullanarak Fetam Nehri (Abbay Yukarı Havzası, Ethiopia) boyunca sel alanlarının haritalarını çıkarmışlardır. Bu çalışmada 100, 50, 25, 10 ve 5 yıllık debiler kullanılarak oluşturulan HEC-RAS modeline göre Fetam Nehri kenarı yerleşim ve tarım alanlarının sel baskısına karşı oldukça hassas olduğunu tanımlamışlardır (Desalegn ve Mulu, 2020). Bharath vd. (2021), HEC-RAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarını kullanarak Hindistan'ının

Karnataka eyaletinde bulunan Hidkal Barajının tek boyutlu bir hidrolik model kullanarak baraj yıkılma analizlerini gerçekleştirmiş ve taşkın varış ile su baskını haritalarının yer aldığı analiz sonuçlarında baraj yeri mansabında yer alan yerleşim yerlerinin sel nedeniyle çok fazla etkilendiği sonucuna varmışlardır.

HEC-RAS akarsu ve kanal su akış hidroligini bir boyutlu ve iki boyutlu modelleyen ve 1995 yılında ABD Savunma Bakanlığı Mühendisler Kolordusu tarafından geliştirilmiş bir bilgisayar programıdır (US Army Corps of Engineers, 2023). Bu çalışmada, inceleme alanı Ankara İli Nallıhan Belediyesi sınırları içerisinde 78.8 Hektar ve Ankara İl merkezine yaklaşık 135 km uzaklıkta yer alan Nallıhan İlçesi Hacıbey Mahallesi 701 ada 1 parselinde yer almaktadır

(Şekil 1). 2019 yılında meydana gelen aşırı yağışlar sel veya su baskınlarına sebebiyet vermiş ve beraberinde inceleme alanı içerisinde bulunan yerleşim yerlerine rusubat taşınımı olmuştur. Bu kapsamda, sel tehlikesi ile oluşabilecek zararları en aza indirmek, sel sonucunda oluşabilecek kıyı oyulmaları, kıyı göçmeleri, kıyı kaymaları ve oyuntu erozyonunu en aza indirmek için, temel ve savak yükseklikleri ile birlikte 6.5 metre yüksekliğe sahip bir adet harçlı ıslah seki projelendirmesi ve uygulaması yapılmıştır. Ayrıca, çalışma alanı sınırları içerisinde kalan derelere ilişkin jeolojik-jeomorfolojik, hidrolojik ve sel kontrol için yapılan yapı verileri kullanılarak olası bir sel anında selden etkilenecek alanların tehlike haritaları HEC-RAS yazılımı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. The study area location map.

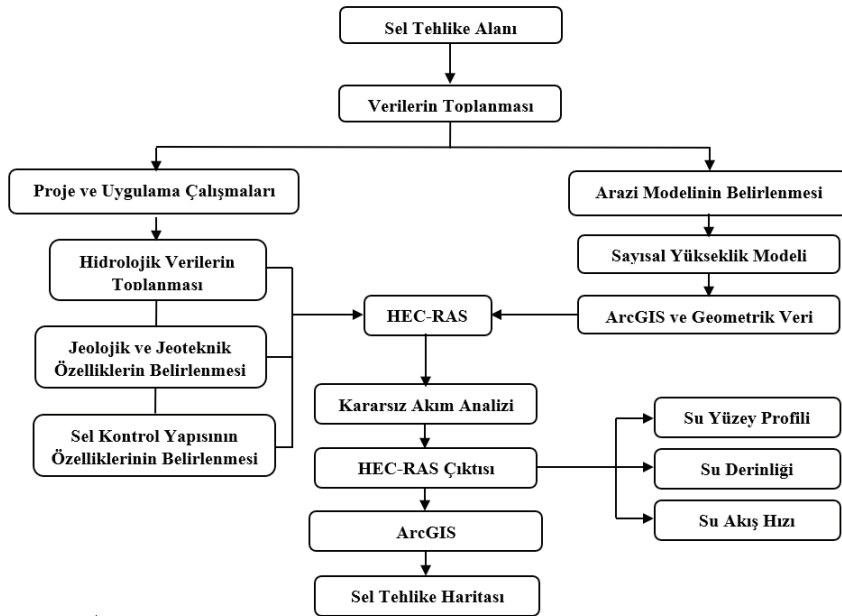
MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, projelendirme, uygulama ve sel riski modelleme çalışmaları olmak üzere üç aşamada tamamlanmıştır. İlk aşama olan projelendirme aşamasında, yapılacak olan yapının yapı yeri arazi etütleri (harita, jeoteknik ve jeofizik etütleri), laboratuvar deneyleri ve büro çalışmaları yapılmıştır. Büro çalışmaları kapsamında, ikinci aşamada uygulaması yapılacak olan dere ıslahı sanat yapısının yüksekliği, genişliği, savak boyutları ve stabilite hesaplamaları yapılmıştır. Son aşama olan üçüncü aşamada, çalışma alanı sınırları içerisinde yer alan derelerin hidrolojik özellikleri (dere uzunluğu, genişliği, debisi, vb.) dikkate alınarak meydana gelen sel felaketinin yapı uygulanmadan önceki ve sonraki sel tehlikesinin değerlendirmeleri

ArcGIS ve HEC-RAS programı yardımı ile yapılmıştır (Şekil 2). Elde edilen sel tehlike haritalarından, mevcut durum ve dere ıslahına yönelik iyileştirme arasındaki farklı koşullar altındaki durumlar değerlendirilmiştir.

Çalışma Alanı ve Çevresi Özellikleri

Çalışma alanı Ankara İli Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde yer almakta ve şiddetli yağışlar neticesinde zaman zaman sel/su baskını doğa kaynaklı afetine maruz kalmaktadır. 2019 yılı yaz aylarında meydana gelen ani ve şiddetli yağış sonucu meydana gelen sel felaketi kamu binası, yerleşim yerleri ve karayolunda can kaybına neden olmamış fakat önemli ölçüde ekonomik kayıpların oluşmasına sebebiyet vermiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Sel tehlikesi değerlendirilme aşamaları.

Figure 2. Flood hazard assessment stages.

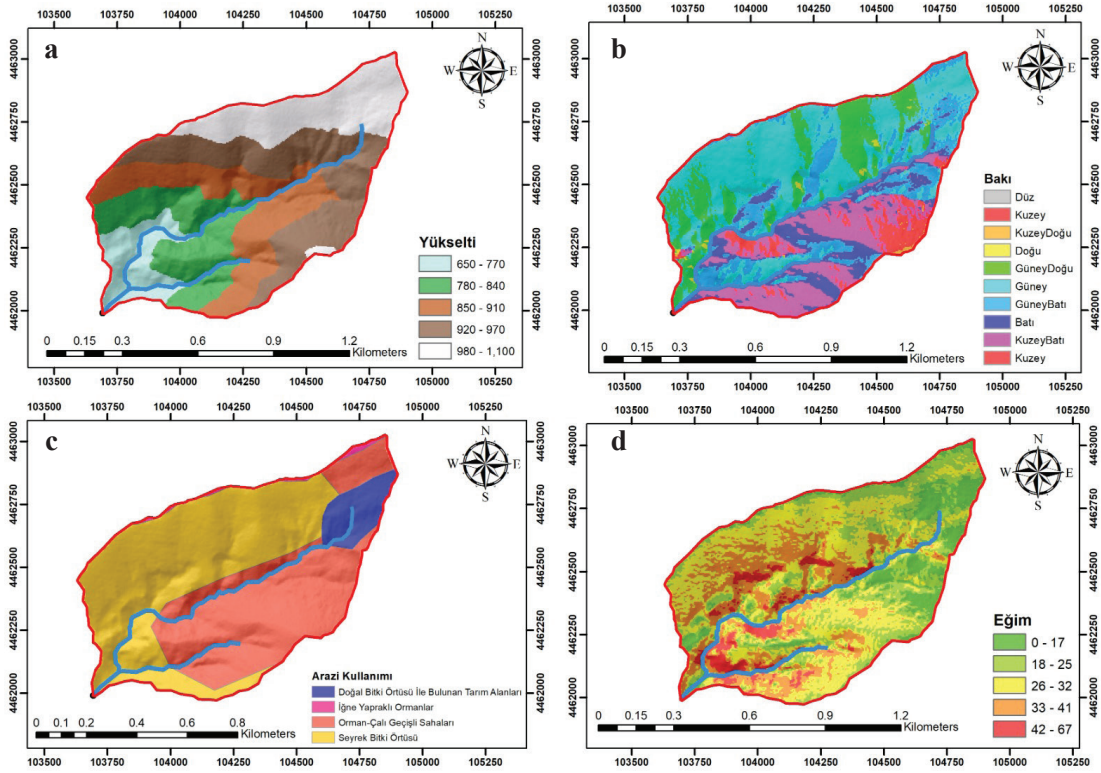


Şekil 3. Temmuz ve Ağustos 2019 yılında Nallıhan’da meydana gelen sel felaketinden görüntüler.

Figure 3. Images from the flood disaster that occurred in Nallıhan in July and August 2019.

Çalışma alanı içerisinde yer alan derelerin su toplama alanları son derece engebeli, orman-çalılık bitki örtüsü hakim ve İç Anadolu iklimi özelliklerine sahiptir. Yapılacak sel kontrolü yapısal önlemlerinin projelendirilmesi aşamasında iklim elemanları, ortalama sıcaklık, ortalama yüksek sıcaklık, ortalama yağış, ortalama nisbi nem, yağışın 10 mm’ye denk ve çok olduğu günler sayısı, günlük maksimum yağış, saatlik maksimum yağış, vejetasyon gün sayısı, donlu günler sayısı, en erken ve en geç don tarihleri dikkate alınmıştır. Ankara İli Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde yer alan çalışma alanına ait sayısal yükseklik, eğim, arazi kullanımı ve bakı haritaları Şekil 4’te gösterilmektedir. Buna göre, inceleme alanı ağırlıklı olarak yüksek eğimli ve eğim değeri ağırlıklı olarak %20-45

aralığındadır (Şekil 4a). Alanın eğim değerlerinin yüksek olması ve bakı durumu sellerin meydana gelmesindeki en önemli etkenlerden biri olarak öngörülebilir. Güney, güneydoğu ve kuzey yönelim yoğunluklu olmak üzere inceleme alanında hemen hemen her bakıda yönelim bulunmaktadır (Şekil 4b). Çalışma alanı arazi kullanım durumu (Şekil 4c) Yazılıkaya deresi su toplama havzası dikkate alındığında, doğal bitki örtüsü ile bulunan tarım arazisi, iğne yapraklı ormanlar, orman-çalı geçişli alanlar ve seyrek bitki örtüsü alanlarının olduğu anlaşılmaktadır (European Environment Agency, 2018). İnceleme alanı yükseklik sınıfları bakımından değerlendirildiğinde alanın minimum 650 m ve maksimum 1100 m yükseklikler arasında kalmaktadır (Şekil 4d).



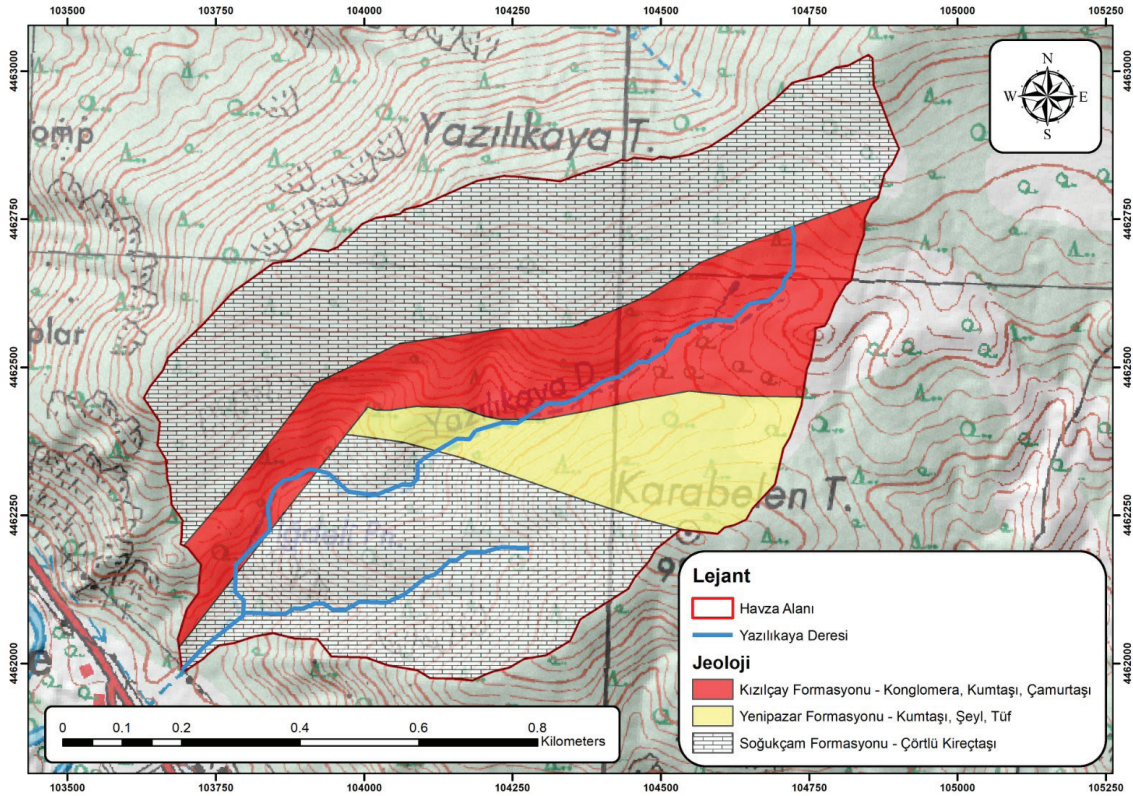
Şekil 4. Çalışma alanı yükselti (a), bakı haritaları (b), arazi kullanımı (c) ve eğim (d) haritaları.

Figure 4. Elevation (a), aspect (b), land use (c), and slope (d) maps for the study area.

İnceleme Alanı Jeolojik – Jeoteknik Özellikleri

İnceleme alanı ve çevresinin genel jeolojik özellikleri, Miyosen ve daha yaşlı kayalardan oluşan bir temel üzerine yerleşen Pliyosen karasal çökelleri ile tanımlanmaktadır (Timur ve Aksay, 2002). Çakıllı, kumlu, fakat daha çok siltli ve killi katmanlardan oluşan Pliyosen çökelleri, çevredeki kayaların özellikle andezitik volkanitlerin bozulma ürünlerinin, çukur alanları dolduran sığ göllerde ve yayvan akarsu vadilerinde çökmesi sonucunda oluşmuştur (Şekil 5). Genellikle kahverengi ve kırmızı renkli karasal çökellerin hakim olduğu konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı birimler

Kızılçay Formasyonu, kumtaşı, şeyl ve kireçtaşı birimlerinin hakim olduğu Yenipazar Formasyonu ve çörtlü kireçtaşlarının bulunduğu Soğukçam Formasyonları ile tanımlanmaktadır (Eroskay, 1965). Karaağaç (2019) yılda yapmış olduğu çalışmalara göre, Kızılçay Formasyonu genel olarak alüvyal- akarsu çökellerinden konglomera, kumtaşı ve çamur taşı ile tanımlanırken göl ortamı çörtlü kireçtaşı, bitümlü kireçtaşı ve killi kireçtaşlarının olduğu alanlar Soğukçam Formasyonu olarak tanımlanmaktadır. Holosen alüvyonları ise düzlük alanlarda veya akarsu yataklarında biriken yüzeysel bir örtü halinde izlenmektedir.



Şekil 5. İnceleme alanı jeoloji haritası.

Figure 5. Geological map of the study area.

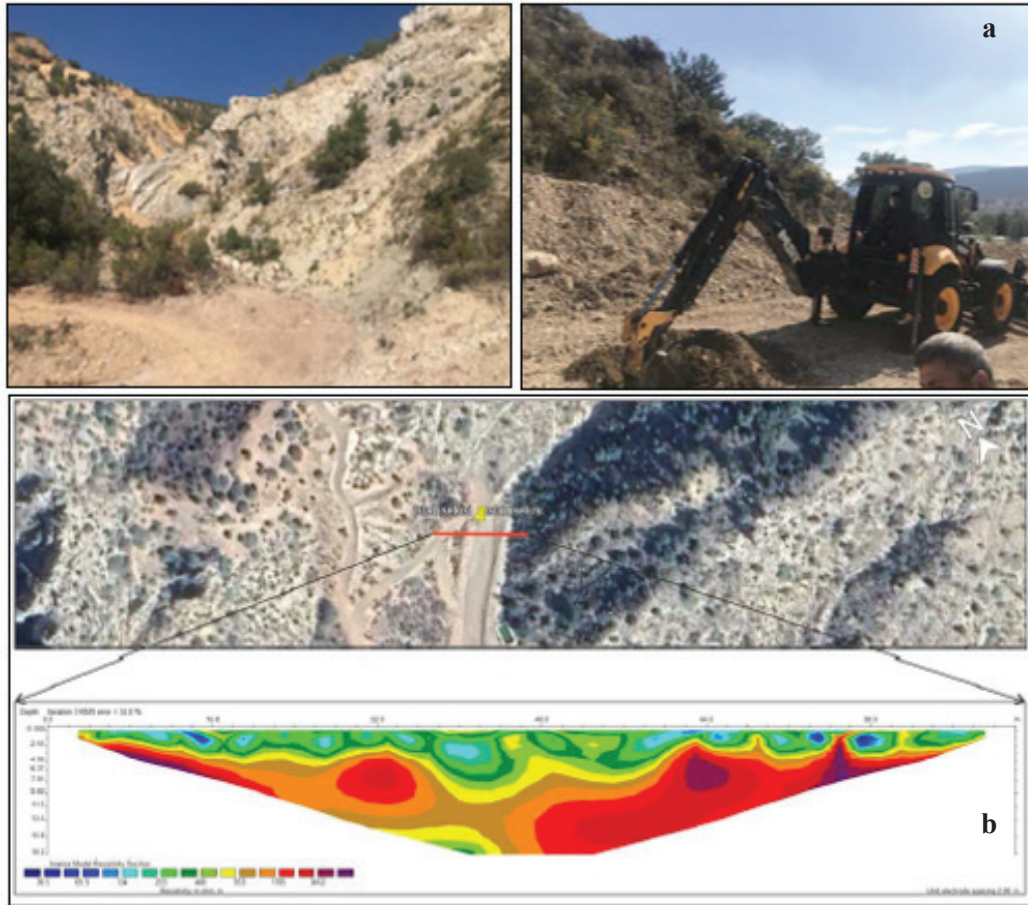
Bu çalışma kapsamında sel kontrolüne yönelik yapılması planlan harçlı ıslah sekisi için jeoteknik etüt yapılmış ve derinliği 1.00 metre olan 1 adet araştırma çukuru açılmıştır. Araştırma çukurunda yüzeyden 1.00 metre derinliğe kadar olan kesimde alüvyon (killi, kumlu iri çakıl) birimler gözlemlenirken, 1.00 metre sonrasında kireçtaşları gözlemlenmiştir (Şekil 6a). Alınan örselenmiş zemin örnekleri üzerinde yapılan elek analizi sonucu araştırma çukurunda 0 – 1 m arasında zemin siltli, iyi derecelenmiş çakıl (GW-GM) olarak tanımlanmıştır. Araştırma çukurunda 1 m derinlikten alınan kaya örneğindeki nokta yük deneyi sonucu ise 30.54 – 31.04 kg/cm² olarak hesaplanmıştır. Elde edilen zemin ve

kaya parametreleri kullanılarak sel kontrol yapısı stabilite koşulları, temel derinliği, taşıma kapasitesi ve yapı yüksekliği hesaplanmıştır.

İnceleme alanında farklı özellikli zeminlerin tabaka kalınlıklarını ve dere yamaç şevlerinin durumları hakkında tam bilgi elde etmek için 1 profilde çok elektrotlu rezistivite (ERT) ölçümü yapılmıştır. ERT'den elde edilen görüntü (görünür öz direnç yapma kesiti) bir ters çözüm algoritması ile işlenerek, profil boyunca belirtilerin öz direnç-derinlik değerleri hesaplanmaktadır (Bernard vd., 2004). Çok Elektrotlu Rezistivite çalışmasından elde edilen kesit (Şekil 6b) incelendiğinde, öz direnç

değerlerinin yanal ve düşey olarak değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu değişkenlik özellikle ayrışma zonu olarak nitelendirilen ve mavi-yeşil renklerle gösterilen alanlardır. Bu alanlarda, yüksek eğimli bölgelerden düşme-dökülme yoluyla gelen kaya parçaları ve bunların arasında biriken çakıl-kil birimi nedeniyle, özdirenç değerleri bazı noktalarda yüksek, bazı noktalarda ise düşük değerlerdedir. Bu üstteki ayrışma zonunun özdirenç değerleri 50-500

ohm.m arasındadır. Kesitlerde sarı-kırmızı renklerle gösterilen alanların özdirenç değerleri daha yüksek olup nispeten daha sıkı yapıdaki kaya birimleri temsil ettiği düşünülmektedir. Bu tabakanın özdirenç değerleri ise yaklaşık 900-3400 ohm.m arasındadır. Yapılan jeoteknik, jeofizik ve laboratuvar deneyleri birlikte değerlendirilerek sel kontrol yapı yerinin kaya ve zemin birimlerin mühendislik davranışı ortaya koyulmaya çalışılmıştır.



Şekil 6. Araştırma çukuru açma çalışmalarında görüntü (a) ve Çok Elektrotlu Rezistivite (ERT) yöntemi ile elde edilen yer altı kesiti (b) (Koordinat X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Koordinat Sisteminde).

Figure 6. Image of the research pit excavations (a), and underground section obtained with the Multi-electrode Resistivity (ERT) method (b) (Coordinate X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Coordinate System).

İnceleme Alanı Hidrolojik Özellikleri

Herhangi bir hidrolojik modellemede için temel parametrelerden bir tanesi akarsu yatağı geometrisidir. Akarsu yatağı geometrisi saha araştırmaları veya uzaktan algılama verileri ile çıkarılabilir (Bharath vd., 2021). Uzaktan algılama verilerinin kullanılması zaman ve maliyet tasarrufu sağlarken hidrolik modellemelerde kullanım kolaylığı sağlamaktadır (Bharath vd., 2021b). İnceleme alanında Yazılıkaya deresi bulunmaktadır ve bu derenin geometrik özellikleri Harita Genel Komutanlığının (HGM) 5 metre çözünürlüklü Sayısal Yüksekli Modeli (SYM) kullanılmıştır. Olası sel tehlikesinde karşı, arazideki oyuntu ıslahı çalışmalarında Yazılıkaya deresi üzerinde yoğunlaşmıştır. Arazi çalışmaları sırasında derede mevsimlik olarak akışın olduğu, uygulanması planlan harçlı ıslah sekisinin mansap kısmında kalan oyuntuların derinliği yarım metreye kadar ulaşmakta ve membaya doğru ilerledikçe derinlik artmakta ve üç metreye kadar ulaşmaktadır (Şekil 7a). Derede yer yer vejetasyonun bulunduğu ve bunun da deredeki suyun akış hızına etken bir parametre olduğu arazi çalışmaları sırasında gözlemlenmiştir.

Hidrolojik Veriler: Şekil 7b'de gösterilen Yazılıkaya deresi, Sakarya havzası içerisinde yer almakta ve drenaj alanı yaklaşık 78.8 hektardır (0.78 km²). Yazılıkaya deresi havzası debi hesaplamaları (Çizelge 1) için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan yağış verileri ile DSİ – Sentetik (SCS) Yöntem kullanılmıştır. DSİ – Sentetik (SCS) Yöntem, drenaj alanı 1000 km²'den küçük olan bölgelerde birim akış

yüksekliğini veren 2 saat süreli bir yağışın birim alandan getireceği akış verimini hesaplamaktadır (Aslan, 1997).

HEC-RAS programında su yüzeyi profili modellemesi yapılırken Manning katsayısı ve dere yatağı kesitleri tanımlanmıştır. 1956 yılında Cowan tarafından tanımlanan ve 1989 yılında U.S. Geological Survey tarafından geliştirilen (Arcement ve Schneider, 1989) Manning katsayısına, kanalın zemin özellikleri, akım şartları ve bitki örtüsü, yüzey düzensizliklerinin etkisi, kanal düzensizliği derecesi, kanal enkesiti şekli ve büyüklüğü, kanaldaki engellerin etkisi ve kanal kıvrım derecesi parametreleri etki etmektedir. Bu çalışmada, Yazılıkaya Deresi sel analizinde kullanılan Manning katsayısı için güzergâh boyunca gözlem ve incelemeler yapılmış ve HEC-RAS hidrolojik modellemesi için kullanılan Manning katsayısı CORINE arazi örtüsü kategorisinden alınmıştır (Papaioannou vd., 2018). Ayrıca, sel tehlike haritalarının üretilmesinde Van Alphen ve Passchier (2007) formülü kullanılmıştır. Buna göre sel tehlike faktörü;

Sel Tehlikesi = (Derinlik x (Hız + 0.5)) + Süprüntü Faktörü olarak tanımlanmaktadır.

Derinlik: 2-boyutlu hidrolojik modelleme sonucunda yer alan her bir grid için su derinliği

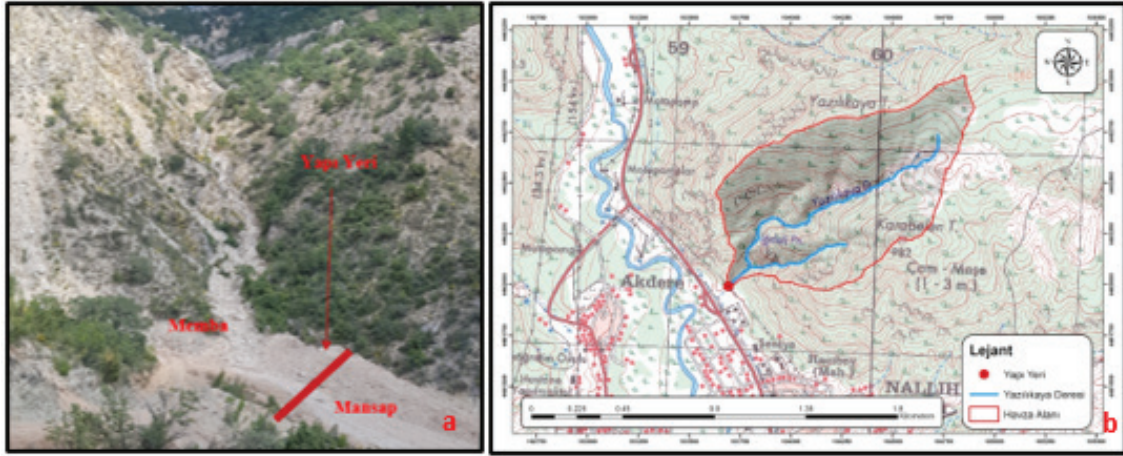
Hız: 2-boyutlu hidrolojik modelleme sonucunda yer alan her bir grid için su hızı

Süprüntü Faktörü: Süprüntü miktarının (mucur, moloz, taşınım, vs.) sel tehlikesine katkısının etkisi.

Çizelge 1. İnceleme alanı su toplama havzası içerisinde yer alan derelerin uzunlukları, debileri, Manning katsayısı ve eğim.

Table 1. The lengths, flow rates, Manning coefficient, and slope of the river in the water catchment basin of the study area.

Dere İsimleri	Uzunluk (km)	Debi		Manning Katsayısı	Ort. Eğim (Derece)
		Q_{100} (m ³ /s)	Q_{10} (m ³ /s)		
Yazılıkaya Deresi	1.53	3.66	1.12	Değişken	22.37
Yan Dere	0.52	1.51	0.27	Değişken	35.97



Şekil 7. Ankara İli Nallıhan İlçesi Hacibey Mahallesi 701 ada 1 parseli yapı yeri genel görüntüsü (Koordinat X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Koordinat Sisteminde) (a) ve Yazılıkaya deresi, yapı yeri ve çalışma alanı paftası (b).

Figure 7. Ankara Province Nallıhan District Hacibey Mahallesi 701 block 1 parcel building location general view (Coordinate X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Coordinate System) (a), and Yazılıkaya river, structure location and study area map (b).

Sel Kontrol Yapısı (Harçlı İslah Seki) Özellikleri

Sel kontrolü için ana dere ve yan derelerdeki oyulmalar, heyelanlar, yamaç göçmeleri, erozyon, rusubat, suyun akış hızını düzenlemek ve kontrol etmek amacıyla yapısal önlemler almak yerleşimin yoğun olduğu yerlerde olası sel tehlikesine karşı zarar azaltmada önemli rol oynamaktadır (Dinçsoy, 2013). Sel tehlikesine karşı zarar azaltmada kullanılan bu yapılar, dere eksenine dik ve sıralı olarak inşa edilir ve derelerdeki taban eğiminin düşürülmesi ile hem suyun hızında azalışı ve geçici depolanmasını hem

de rusubat taşınımının azalmasını sağlamaktadır. Görçelioğlu'nun (2005) yılında yapmış olduğu çalışmaya göre, sel tehlikesinin olduğu derelerde tabanın korunması, heyelanlı dere kıyılarının ve yamaçların desteklenmesi, taşınan rusubat ve suyun depolanması amacıyla dere yataklarına tek veya sıralı olarak yapılan savaklı beton ve harçlı yapılar olarak ıslah sekilerini tanımlamıştır.

İnceleme alanında uygulaması yapılmış olan harçlı ıslak sekisi (kargir yapı) gövde ve düşey havuzu olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım olan gövde kısmı dere yüzeyinden 1.5

metre temel derinliği, 1.5 metre savak yüksekliği ve 3.5 metrede gövde yüksekliği ile birlikte toplamda 6.5 metre yapı yüksekliğine sahiptir. Genişliği temelden yukarı (savak yüzeyine) doğru kademeli şekilde 6 metreden 1.25 metre arasında azalmaktadır (Şekil 8). İkinci kısım

olan ve düşey havuzu ise 12 metre uzunluğa ve 2.23 metre derinliğe sahiptir (Şekil 8). Yapılan sel kontrol yapısı HEC-RAS programında aynı şekilde tasarlanarak dere yatağında yapı ve yapısız duruma göre analizler yapılarak sel riski ortaya konmaya çalışılmıştır.



Şekil 8. Uygulanması yapılan sel kontrol yapısı Harçlı Islah Sekisinin görüntüsü (Koordinat X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Koordinat Sisteminde) ve harçlı ıslah sekisi en kesiti (AutoCAD – tüm çizimler metre olarak verilmiştir).

Figure 8. The view of the applied flood control structure, which is a mortared check dam (Coordinate X:359343.09, Y:4451224.70- WGS1984 UTM ZONE 36N Coordinate System) and the drawing of the mortared check dam cross section (AutoCAD – all drawings are given in meters).

HEC-RAS 2B Sel Tehlike Haritaları

Hidrolik modelleme için USACE (US Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilen Nehir Analiz Sistemi (HEC-RAS) kullanılmıştır. 1-Boyutlu ve 2-Boyutlu kararlı ve kararsız akış, enerjinin korunumu ilkesiyle çalışan nehir hidroliği hesaplamaları, tortu taşınması, hareketli yatak modellemesi ve su sıcaklığı analizi yapmaya olanak sağlayan bir bilgisayar yazılımıdır (US Army Corps of Engineers, 2023). HEC-RAS programında geometrik modellemeler olarak, köprüler, menfezler, barajlar, pompa istasyonları, bentler, kapalı kapılar, dip yüzey pürüzlülüğü, taşıma eğimi gibi hidrolik yapı ve durumları tanımlamak mümkündür. Birçok değişkenin bu şekilde tanımlanabildiği HEC-RAS yazılımına akış verileri girilerek, su yüzeyi profilleri ve taşkın alanları, akış derinlikleri, akış hızları, taşma hacmi ve kararlı veya kararsız akış durumları gibi sel/taşkın karakteristiklerinin elde edilebilmektedir.

Hidrolik model için sayısal yükseklik modeli kullanılarak ArcGIS'ten nehir kesitleri alınmış, kesit değerleri hidrolik model yazılımına manuel olarak girilmiş ve uydu görüntüsünden nehir kıyı çizgileri gibi geometrik veriler elde edilmiştir. Bu sayede model hazırlama aşamasında çalışma alanının coğrafi özellikleri ve gerekli geometrik veriler tanımlanmıştır. Hidrolik sistemin çalışması için gerekli topoğrafik ve talveg hatları, kıyı hatları (sağ-sol kıyıları), akış yolları, akarsu kesitleri, akarsu kolları ve kıyıların birleşim-açı ve yükseklik bilgileri gibi geometrik veriler CBS ortamında elde edildikten sonra model için HEC-RAS yazılımında gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Mevcut verileri girerek, model kararlı durum için çalışmaya hazır hale getirilmiş ve uygulaması sel kontrol yapısının ani bir sel durumunda yerleşim yerlerine olan etkisi için hidrolojik model hesaplanmıştır.

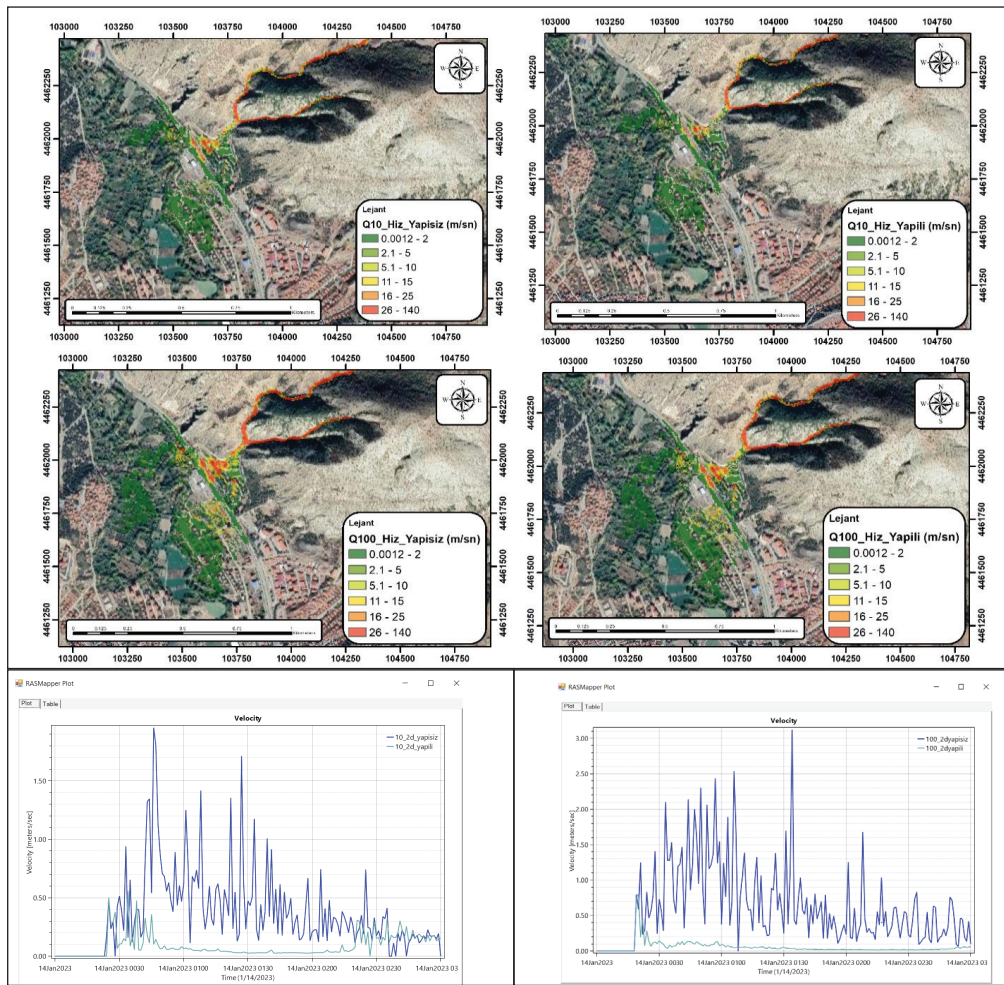
BULGULAR VE TARTIŞMA

Su kaynaklarının yönetiminde yukarı havza sel kontrol projeleri oldukça önemlidir. Ani ve şiddetli yağışlar sonucunda dere yatağı su kapasitelerinde artışı sonucunda sel felaketleri meydana gelmekte ve doğa kaynaklı afetlerden birisi olan sel, kontrol altına alınmaması durumunda ciddi ölçüde can ve mal kayıplarına sebebiyet vermektedir. Bu çalışmada, DSİ Sentetik yöntemi ile Q_{100} ve Q_{10} debi değerleri kullanılarak HEC-RAS programıyla 2-boyutlu sel modellemesi yapılmıştır. Öncelikle analiz yapılacak derenin sınır koşulları, geometrisi, hidrolojik özellikleri, jeolojik – jeomorfolojik özellikleri, çalışma alanı arazi kullanım durumu ve sel kontrol sanat yapısının özelliklerinin belirlenmesi için veri toplanmıştır. Daha sonra elde edilen verilerle arazide projelendirilen yapının uygulanması gerçekleştirilmiştir. Tüm verilerin elde edilmesinden sonra HEC-RAS programı ile gerçekleştirilen 2-boyutlu kararsız akım analizi sonucunda olası bir sel felaketi sırasında su yüzey profili, su derinliği (sanat yapısının olduğu yer ve yerleşim yerinin olduğu yer) ve su hızı sonuçlarını gösteren haritalar ve grafikleri elde edilmiştir. Ankara ili Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde bulunan Yazılıkaya deresi üzerinde sel kontrol sanat yapısı (harçlı ıslah sekisi) yapılmadan önce ve yapı yapıldıktan sonraki değişimin karşılaştırılması yapılmıştır.

Olası anlık ve şiddetli yağışlar sonucunda meydana gelecek sel felaketinden korunmanın ilk kurallarından ilki suyun akış rejimindeki düzenlemeleri sağlamaktadır. Çalışma alanında yapılan sel kontrol yapısından önce ve sonra olmak üzere Q_{10} (10 yıllık debi değeri) ve Q_{100} (100 yıllık debi değeri) değerleri kullanılarak yapılan 2-Boyutlu HEC-RAS analizinde suyun hızındaki değişimler Şekil 9'da gösterilmektedir. Şekil 9'da haritada selden etkilenen alanlarda kırmızı renk ile ifade edilen yerlerde suyun

hızının maksimum değerlere ulaştığı ve bu değer 0.0012 m/s ile 140 m/s aralığında değiştiği görülmektedir. Bu kapsamda, Q_{10} yapısız durumda suyun maksimum hızı 2 m/s iken sel kontrol yapısı uygulandıktan sonra maksimum 0.5 m/s ye düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 9). Q_{100} 'ün dikkate alındığı 2-boyutlu sel modellemesinde yapısız durumda maksimum su hız değeri 3.2 m/s iken yapı yapıldıktan sonraki maksimum su hız değeri 0.75 m/s olduğu

gözlemlenmektedir (Şekil 9). 2-Boyutlu HEC-RAS analizlerinde olası bir sel anında suyun hasar verici etkisinden olan hızında kontrol yapısı yapılmadan önce 4 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sel ile mücadelede sel kontrol yapılarının suyun enerjisini kırdığını ve suyun yıkıcı etkisi olan hızının düşürülmesinde önem teşkil edecek bir zarar azaltma unsuru olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 9. 10 yıllık debi (Q_{10}) ve 100 yıllık debi (Q_{100}) değerlerine göre kontrol yapısı yapılmadan ve yapıldıktan sonra olası sel anındaki suyun yıkıcı etkisi olan hızdaki (m/s) değişim.

Figure 9. The change in velocity (m/s), which is the destructive effect of water at the time of possible flood, before and after the control structure according to the 10-year flow (Q_{10}) and 100-year flow (Q_{100}) values.

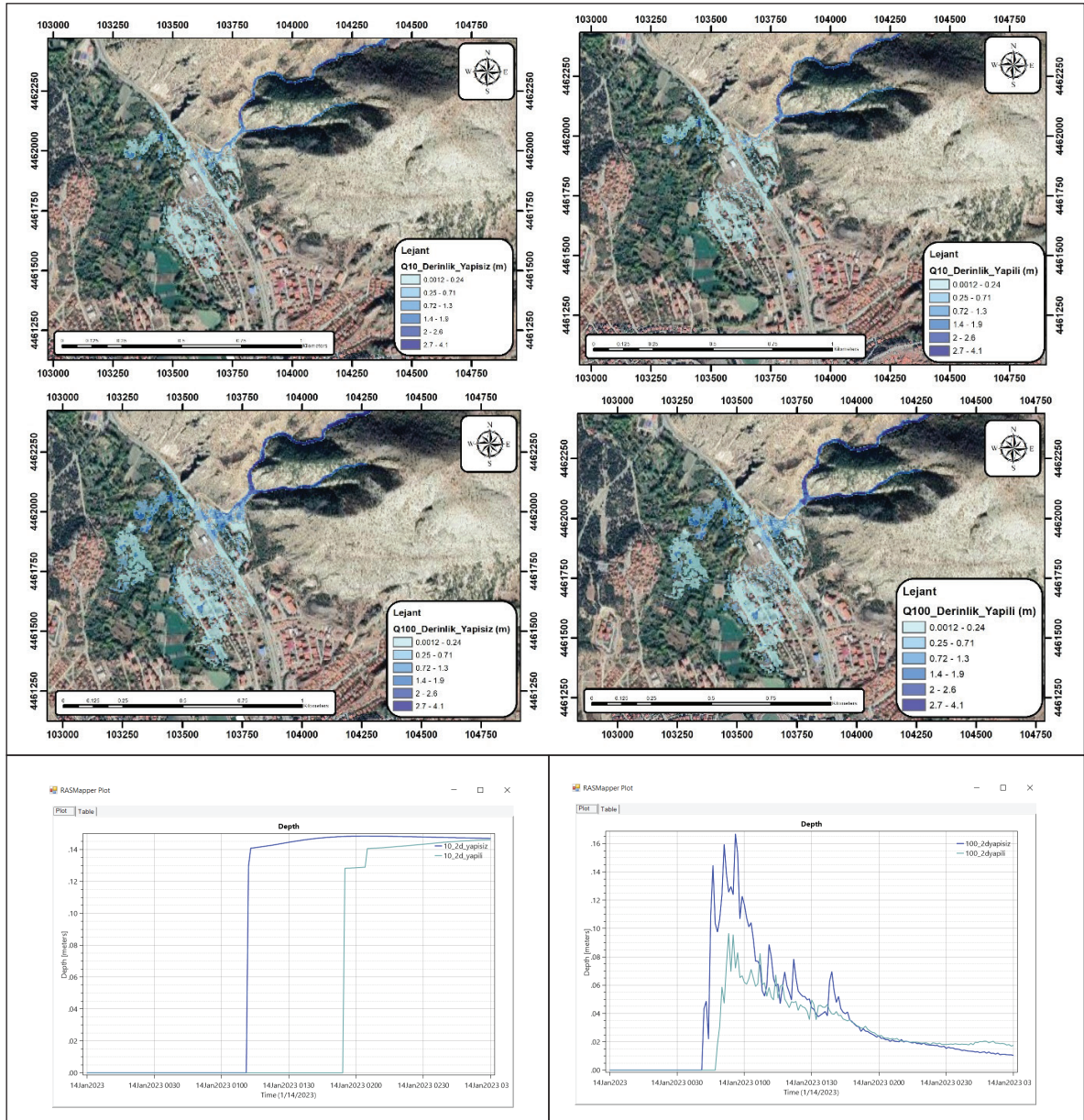
Sel kontrolünde dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli durum ise yerleşim yerlerindeki su derinliklerinin kontrolünü sağlamaktır. Şekil 10'daki haritalarda su derinliği açık maviden koyu maviye doğru değişimle ifade edilmekte olup, çalışma alanı ve çevresindeki su derinliği 0.0012 m ile 4.1 m aralığında değişmektedir. Q10 değerleri kullanılarak yapılan 2-Boyutlu HEC-RAS analizinde yerleşim yerindeki su derinliği harçlı ıslah sekisi yapılmadan önce sel anında 2. dakikada maksimum değeri olan 0.15 m'ye ulaşırken, harçlı ıslah sekisi yapıldıktan sonra aynı dakikada 0.13 m ulaşmaktadır. Q100 değerleri kullanılarak yapılan 2-Boyutlu HEC-RAS analizinde yerleşim yerindeki su derinliği harçlı ıslah sekisi yapılmadan önce sel anında 1. dakikada maksimum değeri olan 0.17 m'ye ulaşırken, harçlı ıslah sekisi yapıldıktan sonra aynı dakikada 0.09 m'ye ulaşmaktadır. Bu analizler göstermektedir ki, sel kontrol yapıları yerleşim yerlerini ve karayolu gibi ulaşım ağlarını tehdit eden su derinliğini azaltmada önemli bir rolü bulunmaktadır.

HEC-RAS 2B modeli kullanılarak çalışma alanı ve çevresinin güncel durumunu kapsayacak şekilde 2-boyutlu hidrolik modelleme ile sel tehlike haritası yapılmıştır. Bu kapsamda HEC-RAS modeli sonucunda belirlenen hız ve derinlikle birlikte arazi kullanım durumundan sel tehlike haritası ve tehlike dereceleri Şekil 11'de gösterilmiştir. 10 yıllık debi değerlerinin kullanılması sonucunda Yazılıkaya deresi, dereye yakın yerleşim yapıları ve dere ile karayolunun birleştiği bölgelerin çok yüksek sel tehlikesine sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 11). Debi değerini artırıp 100 yıllık debi değerlerinin kullanılması sonucunda ise, Yazılıkaya deresi, yerleşim yerlerinin büyük kısmı ve karayolunun büyük bir kısmı çok yüksek sel tehlikesine

sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, yine yerleşimin yoğunlaştığı (nüfusun arttığı) yerlerde yüksek ve orta seviyede sel tehlikesinin olduğu gözlemlenmektedir. Sel tehlike analiz sonuçlarından elde edilen bulgular kapsamında, sel tehlikesine karşı yukarı havzada uygulanan sel kontrol yapılarının (harçlı ıslah sekisi, vb.) artan debi koşullarına karşı etkisinin azaldığı söylenebilir. Fakat daha fazla dere ıslah çalışmalarının yapılması (birden fazla sanat yapısının projelendirilmesi ve yapılması) ile nüfusun ve karayolu gibi ulaşım ağlarının sel tehlike derecesinin düşürülebileceği öngörülmektedir.

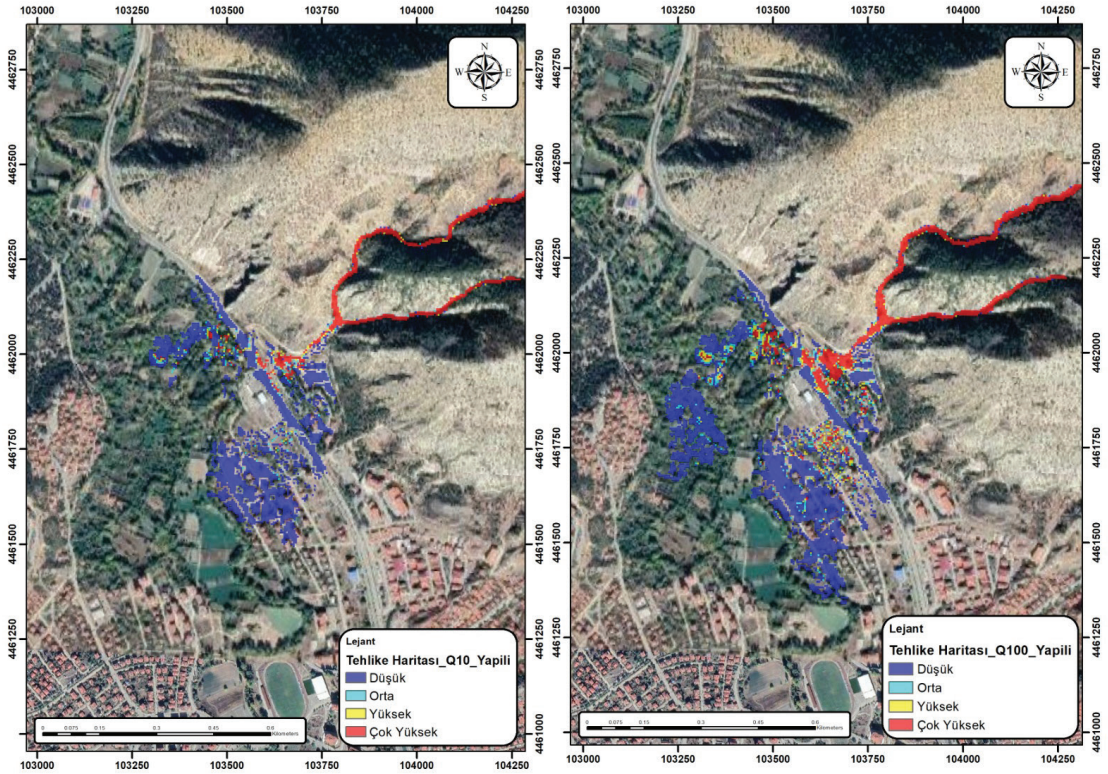
SONUÇLAR

Yapılan analizlerden elde edilen bulgular göstermektedir ki, su yönetiminde uygulanan yapılar olsun ya da olmasın, akarsular ve nehirler boyunca anlık ve şiddetli yağmurların bir sonucu olarak meydana gelen seller çok büyük hasarlara yol açabilir. Çalışmada, Ankara İli Nallıhan İlçesi sınırları içerisinde bulunan Yazılıkaya deresinde meydana gelebilecek bir sel felaketi tehlikesine karşın DSİ Sentetik Yöntemi ile Q_{10} ve Q_{100} debi değerleri kullanılarak HEC-RAS programı yardımıyla iki boyutlu sel modellemesi yapılmıştır. Sel modellemesi ile oluşturulacak sel tehlike haritaları için, Yazılıkaya deresinin topoğrafyası, kıyı hatları, akarsu kesiti, akarsu kolları gibi geometrik veriler CBS ortamında elde edilmiş ve HEC-RAS yazılımında kullanıma hazır hale getirilmiştir. Oluşturulan sel modeli kararlı akış durumu için analizleri yapılmış ve arazide uygulaması yapılan sel kontrol yapısının (harçlı ıslah sekisinin) ani bir sel durumunda yerleşim yerlerine olan etkisi sel tehlike haritaları ile gösterilmiştir.



Şekil 10. 10 yıllık debi (Q_{10}) ve 100 yıllık debi (Q_{100}) değerlerine göre kontrol yapısı yapılmadan ve yapıldıktan sonra olası sel durumunda suyun yerleşim yerlerindeki derinliğindeki (m) değişim.

Figure 10. The change in depth (m) of the water in the settlements in case of possible flooding, before and after the control structure according to the 10-year flow (Q_{10}) and 100-year flow (Q_{100}) values.



Şekil 11. 10 yıllık debi (Q_{10}) ve 100 yıllık debi (Q_{100}) değerlerine göre çalışma alanı ve çevresinin sel tehlike haritası.
Figure 11. Flood hazard map of the study area and its surroundings according to 10-year flow (Q_{10}) and 100-year flow (Q_{100}) values.

Oluşturulan sel tehlike haritalarında, Yazılıkaya deresi üzerinde yapılan harçlı ıslah sekisinin olası şiddetli ve anlık yağışlarda Q_{10} ve Q_{100} debi değerlerine göre suyun hızı sırası ile yapısız durumda 2 m/s – 3.2 m/s iken yapı yapıldıktan sonra suyun hızında meydana gelen değişimin 0.5 m/s – 0.75 m/s değerlerine düştüğü gözlemlenmiştir. Yerleşim yerlerindeki su derinliğinde meydana gelen değişimler ise harçlı ıslah sekisi yapımı tamamlandıktan sonra 2 cm (Q_{10}) ve 8 cm (Q_{100}) kadar su seviyesinde azalmalarının olduğu hesaplanmıştır.

Bu çalışma, yukarı havzadaki sel derelerinde yapılacak mühendislik yapılarından bir tanesi olan harçlı ıslah sekisinin sel tehlikesi ile

mücadeledeki önemini ortaya koymuştur. Yukarı havza sel derelerinde uygulanacak olan harçlı ıslah sekilerinin yanı sıra, betonarme ıslah sekileri, çelik moloz bariyerleri, gabion eşikler, çevirme hendeği (drenaj yapısı), kuru duvar eşikler, miks eşikler, taş dolgulu ahşap eşikler, geonet eşikler, çalı demetli canlı eşikler ve kafes tel eşikler gibi yapıların rusubat taşınımının azaltılmasında, akarsu akış rejiminin düzenlenmesinde, menfez tıkanmalarının engellenmesinde ve sel ile mücadele kapsamında oldukça önem teşkil etmektedir. Sel tehlikesinden kaynaklanacak zararların azaltılmasında, 100 yıllık akarsu debi değerlerinin kullanılması ile yapılacak olan 2-Boyutlu HEC-RAS analizlerinin sel tehlikesi

altında kalacak olan yerleşim yerleri, karayolları, tarım alanları ve diğer yatırım projeleri için dikkate alınması gerekmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu projenin hazırlanması aşamasında ve Türkiye'deki yukarı havza sel kontrol proje çalışmalarında öncü kurum olan Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğüne, projenin uygulanmasını başarılı olarak gerçekleştiren Nallıhan Orman İşletme Müdürlüğüne, Nallıhan Orman İşletme Şefi Orman Mühendisi Zülkarneyn Yanar'a ve proje arazi çalışmaları sırasında verdiği desteklerden dolayı İnşaat Mühendisi Yusuf Kantarkaya'ya teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Arcement, V.R., & Schneider, G. J., (1989). Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2339.
- Aslan, B., (1997). "S.C.S. Sentetik Birim Hidrograf Yönteminin Türkiye Şartlarında Uygulanabilirliğinin Araştırılması", İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bharath, A., Shivapur, A.V., Hiremath, C.G., & Maddamsetty, R., (2021). Dam Break Analysis Using HEC-RAS And HEC-Georas: A Case Study of Hidkal Dam, Karnataka State, India.
- Bharath, A., Kumar, K.K., Maddamsetty, R., Manjunatha, M., Tangadagi, R.B., & Preethi, S., (2021b). Drainage morphometry based sub-watershed prioritization of Kalinadi Basin using geospatial technology. *Environ. Chall.* 5, 100277. doi: 10.1016/j.envc.2021.100277.
- Cowan, W. L., (1956). Estimating hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering*, 37(7), 473-475.

- Dano, U.L., Alhefnawi, M.A., Al-Shihri, F., Said M.A., Mohamed, E.E., Hashem, A., Alsayed, A., & Arif, S., (2020). Assessing the Accuracy of Image Classification Algorithms Using DURING-Flood TerraSAR-X Imagery, *Disaster Advances*, Vol. 13 (8) 1–11.
- Dereli, T., Eligüzel, N., & Çetinkaya, C., (2021). Content analyses of the international federation of red cross and red crescent societies (ifrc) based on machine learning techniques through Twitter, *Natural Hazards*, <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04527-w>.
- Desalegn, H., & Mulu, A., (2021). Mapping Flood Inundation Areas Using GIS and HEC-RAS Model at Fetam River, Upper Abbay Basin, Ethiopia, Department of Hydraulic and water resources Engineering, Technology Institute, Debre Markos University, Ethiopia, <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00834>.
- Dinçsoy Y., (2013). Yan Derelerde Erozyon ve Rusubat Kontrolü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Ankara.
- Erkan, M.A., Güser, Y., Odabaşı, E., Çamalan, G., Kılıç, G., Soydam, M., & Çetin, S., (2021). 2020 Yılı Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Eroskay, S.O., (1965). Paşalar Boğazı-Gölpazarı sahasının jeolojisi, İ.Ü.F.F. Mecm. Ser. B, 3-4,135-159.
- European Environment Agency (EEA), 2018. Corine Land Cover 2018 (CLC 2018), Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>. Erişim tarihi 1 Şubat 2023.
- Görcelioğlu, E., (2005). Sel ve Çığ Kontrolü Yapıları, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 4555, O.F. Yayın No. 487, İstanbul.
- Horritt M.S., & Bates P.D., (2002). Evaluation Of 1D And 2D Numerical Models for Predicting River Flood Inundation, *Journal of Hydrology*, 268, 87-99.

Akkuş, Yıldız, Bulut

- Kadioğlu, M., (2008). Sel ve Heyelan Yönetimi, 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Hazırlık Toplantıları, Taşkın Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiri Kitabı, 101-130, Trabzon.
- Karaağaç. S. (2019). Nallıhan (Ankara) Dolayının Sedimenter İstifi ve Tektonik Özellikleri, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Nigusse, A.G., & Adhanom, O.G., (2019). Flood hazard and flood risk vulnerability mapping using geo-spatial and MCDA around Adigrat, Tigray region, Northern Ethiopia, *Momona Ethiop, J. Sci.* 11 (2019) 90–107.
- Papaoannou, G., Efstratiadis, A., Vasiliades, L., Loukas, A., Papalexioiu, S., Koukouvinos, A., Tsoukalas, I., & Kossieris, P., (2018). An Operational Method for Flood Directive Implementation in Ungauged Urban Areas, *Hydrology*, 5, 24, <https://doi.org/10.3390/hydrology5020024>.
- Şahin, C., & Sipahioğlu, Ş., (2003). Doğal Afetler ve Türkiye, Gündüz Eğitim ve yayıncılık, Ankara.
- Timur, E., ve Aksay, A., 2002. 1:100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 39 Adapazarı – H26 Paftası, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- US Army Corps of Engineers, (2023). HEC-RAS User's Manuel, Version 6.3.
- Van Alphen, J., & Passchier, R., (2007). Atlas of Flood Maps – Examples from 19 European Countries, USA, and Japan. The Hague, Netherlands: Ministry of Transport, Public Works, and Water Management.