

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CBS VE UZAKTAN ALGILAMA KULLANILARAK ACIÇAY HAVZASININ
TAŞKIN RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ.**

Siradj-adin Mohamed Abou-bari

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇANKIRI
2025**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Siradj-adin Mohamed Abdou-bari tarafından hazırlanan “**CBS ve Uzaktan Algılama Kullanılarak Acıçay Havzasının Taşkın Riski Değerlendirmesi**” adlı tez çalışması 14/04//2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ceyhun GÖL

Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. Ceyhun GÖL
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Semih EDİŞ
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Said ÖZÇELİK
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ersoy YILMAZ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “**CBS ve Uzaktan Algılama Kullanılarak Acıçay Havzasının Taşkın Riski Değerlendirmesi**” Bilimsel etik ilke ve kurallarına dikkat ederek, tezin tüm aşamalarında, yani hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu, tüm aşamalarında, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacı dışında, tezin usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı" aracılığıyla tarandığını ve "intihal içermediğini" iddia ederim. Çalışmamla ilgili olarak yaptığım bu açıklamaya aykırı bir durumun tespit edilmesi halinde doğabilecek her türlü manevi ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi beyan ederim. Çankırı Karatekin Üniversitesi lisansüstü eğitim ve sınavlara ilişkin yönetmeliğin ilgili maddeleri doğrultusunda gerekli düzenlemelerin yapılmasını arz ediyorum (14/04/2025).

Siradj-adin Mohamed Abdou-bari

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CBS VE UZAKTAN ALGILAMA KULLANILARAK ACIÇAY HAVZASININ TAŞKIN RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ.

Siradj-adin Mohamed Abdou-bari

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ceyhun GÖL

Bu çalışmanın amacı, Çankırı Acıçay havzasındaki taşkın riskini CBS ve uzaktan algılama teknikleri kullanarak değerlendirmektedir. Havza, 67 442 hektarlık bir alanı kaplamaktadır ve toplam uzunluğu 753760 metre olan 4452 adet akarsu içermektedir. Yükseklik 700 metreden en yüksek noktada 2000 metreye kadar değişmektedir. Tekrarlayan bir doğal afet olan taşkınlar hem insan yerleşimlerini hem de ekosistemleri tehdit ederek bölgede önemli zorluklara yol açıyor. Bu riskleri ele almak için mekânsal veriler ve hidrolojik modeller, yağış modellerini, arazi eğimlerini ve yükseklik değişimlerini, ayrıca arazi kullanım modellerini ve hidrolojik parametreleri analiz etmek için ArcGIS'e entegre edildi. Uzaktan algılama, özellikle bitki örtüsü sınıflandırması ve zamansal izleme için ek bilgiler sağlamıştır. Havzada kritik faktörlerin üst üste bindirilmesi yoluyla yüksek riskli alanları belirlenmiştir. Havza bazlı etkili taşkın yönetimi stratejilerine uygun tehlike alanları ve alınabilecek önlemler ortaya konmuştur. Bu araştırma, yerel ve havza bazında sel ve taşkın risk alanlarının belirlenmesi ile önlem alınması gerekli bölgeleri ortaya koymuştur. Planlamacıların havzada alacakları sel ve taşkın önlemlerine yol gösterici sonuçlar üretilmiştir.

2025, 67 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Acıçay, Sel, Taşkın, Afet, Coğrafi bilgi sistemleri

ABSTRACT

Master of Science Thesis

FLOOD RISK ASSESSMENT OF ACIÇAY BASIN USING GIS AND REMOTE SENSING.

Siradj-adin Mohamed Abdou-bari

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Advisor: Prof. Dr. Ceyhun GÖL

The aim of this study is to assess the flood risk in Çankırı Acıçay Watershed using GIS and remote sensing techniques. The watershed covers an area of 67,442 hectares and contains 4452 streams with a total length of 753,760 meters. The elevation varies from 700 meters to 2000 meters at the highest point. Floods, which are recurring natural disasters, pose significant challenges in the region by threatening both human settlements and ecosystems. To address these risks, spatial data and hydrological models were integrated into ArcGIS to analyze precipitation patterns, land slopes and elevation changes, as well as land use patterns and hydrological parameters. Remote sensing provided additional information, especially for vegetation classification and temporal monitoring. High-risk areas were determined by superimposing critical factors in the watershed. Hazard areas and possible precautions suitable for effective watershed-based flood management strategies were presented. This research has determined the flood and inundation risk areas on a local and watershed basis and revealed the areas where precautions need to be taken. Guiding results have been produced for planners in taking flood and inundation precautions in the watershed.

2025, 67pages

KEYWORDS: Acıçay, Flood, Hazard, Geographic information systems

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“CBS ve Uzaktan Algılama Kullanılarak Acıçay Havzasının Taşkın Riski Değerlendirmesi” adlı bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsüne “Yüksek Lisans Tezi” olarak sunulmuştur.

Tez, uzaktan algılama ve ArcGIS teknikleri kullanılarak Acıçay havzasındaki taşkın risklerinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bölgedeki taşkın risklerinin daha iyi yönetilmesine katkı sağlamayı amaçlayan bu çalışma, çeşitli kurumların sağladığı coğrafi ve yağış veriler ile tamamlanmıştır, kendilerine teşekkür ederiz.

Bu tezin tamamlanması süresince değerli rehberliği, uzmanlığı ve desteği için danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ceyhun Göl'e derin şükranlarımı sunarım. Onun bilgisi ve desteği, bu çalışmanın başarılı bir şekilde tamamlanmasını sağlamıştır.

Ayrıca bu projenin gerçekleşmesine katkıda bulunan meslektaşlarıma ve dostlarıma zenginleştirici fikirleri, destek ve teşvikleri için teşekkür ederim.

Siradj-adin Mohamed Abdou-bari
Çankırı, 2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2.1. Havzanın tanımı	3
2.2. Havzada süreçler	5
2.2.1 Su döngüsü	5
2.2.2 Havza.....	6
2.2.1.1 Havza oluşumu.....	6
2.2.2.2 Akarsu havzasının morfolojisi.....	7
2.2.3 Bir su toplama havzasının sınırlandırılması	9
2.2.3.1 Hidrolojik davranış.....	11
2.2.3.2 Konsantrasyon zamanı	12
2.2.3.3 Isochron eğrileri.....	13
2.2.4 Havza Morfolojisi ve Su Akışına Etkileri	14
2.3 Sel.....	16
2.3.1 Sel Tanımı.....	16
2.3.2 Sel Türleri: Değişkenlik ve Dinamikler	17
2.3.3 Sel oluşumunun nedenleri	18
2.3.4 Selin Etkileri.....	18
2.3.5 Sellerin önlenmesi ve yönetimi.....	19
2.4 Dünyada sel ve taşkınlar	20
2.5 Türkiye'de sel ve taşkınlar.....	21
2.6 CBS ile ilgili kavramlar	23
2.6.1 CBS ve bileşenlerinin tanımı.....	23
2.6.2 Sel/taşkın yönetiminde CBS uygulaması	24
3. MATERYAL ve METOD	27
3.1 Materyal	27
3.1.1 Araştırma alanının genel tanımı.....	28

3.1.1.1	Coğrafi konum	28
3.1.1.3	Arazi kullanımı ve bitki örtüsü	31
3.1.1.4	Jeolojik ve jeomorfolojik yapı	32
3.2	Yöntem	33
3.2.1	Taşan su yollarından kaynaklanan sel riski belirleme yöntemi	34
3.2.2	Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi	35
3.2.2.1	Kriterlerin karşılaştırma matrisi	35
3.2.2.2	Matrisin normalizasyonu	36
3.2.2.3	Kriter ağırlıklarının hesaplanması.....	36
3.2.2.4	Tutarlılığın kontrolü.....	37
4.	BULGULAR.....	38
4.1	Acıçay havzası CBS haritaları.....	38
5.	TARTIŞMA ve SONUÇ	49
	KAYNAKLAR	52

SİMGELER DİZİNİ

km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
m	Metre
°	Derece
°C	Santigrat derece
H	Hektar
%	Yüzde
mm	Milimetre
Q	debi (m ³ /s)
t	Zaman (saniye)
Q _{max}	Zirve debisi
V _{max}	Maksimum hacim
t _m	Yükselme zamanı
CBS	Coğrafi bilgi sistemleri
GPS	Global positioning system
SYM	Sayısal yükseklik modeli
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
SKA	Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Havza ve drenaj deseni	3
Şekil 2.2 havza	4
Şekil 2.3 Su döngüsü	6
Şekil 2.4 Bir menderes	8
Şekil 2.5 Bir havzanın taşkın yatağı ve küçük yatağı	9
Şekil 2.6 Gerçek havza ve topografik havza arasındaki ayrım	10
Şekil 2.7 Yol inşaatı havza akış yönü etkisi	10
Şekil 2.8 Hidrograf	12
Şekil 2.9 Tatlıçay Deresi'nde 2015 yılında meydana gelmiş taşkın	16
Şekil 2.10 Çankırı'da 15 Mayıs 1958 tarihinde meydana gelmiş taşkın.	21
Şekil 3.1 Çankırı ilinin Türkiye'deki konumu	28
Şekil 3.2 Çankırı ili merkezini oluşturan mahalle yerleşimi haritası	29
Şekil 3.3 Acıçay Deresi'nin çalışmaya konu olan bölümü	29
Şekil 3.4 Amenajman Planına Göre Alanların Dağılımı	31
Şekil 3.5 Araştırma alanı jeoloji haritası	33
Şekil 3.6 Çalışmanın akış şeması	34
Şekil 4.1 Acıçay Havzanın eğim haritası	39
Şekil 4.2 Acıçay Havzanın yükselti haritası	40
Şekil 4.3 Acıçay Havzanın yağış haritası	42
Şekil 4.4 Acıçay Havzanın baki haritası	43
Şekil 4.5 Acıçay Havzanın eğrisellik haritası	44
Şekil 4.6 Acıçay Havzanın Akarsuya kıyı kenar durumu haritası	45
Şekil 4.7 Acıçay Havzanın Arazi kullanımı haritası	46
Şekil 4.8 Acıçay Havzası Taşkın Riski Haritası	48
Şekil 4.9 Acıçay Havzası Taşkın Riski Haritası ve Ana Su Yolu	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Bir drenaj havzasının geometrik özelliklerini özetleyen bir tablo.....	15
Çizelge 2.2 Hidrolojik ağı özelliklerini özetleyen bir tablo.....	15
Çizelge 3.1 Kriter karşılaştırma matrisi	35
Çizelge 3.2 Matrisin Normalizasyonu	36
Çizelge 3.3 Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması	36
Çizelge 4.1 Araştırma alanı eğim dağılımı	40
Çizelge 4.2 Araştırma alanı yükselti dağılımı.....	41
Çizelge 4.3 Araştırma alanı yağış dağılımı.....	42
Çizelge 4.4 Araştırma alanı arazi kullanım dağılımı	47



1. GİRİŞ

Seller, sadece altyapı ve ekosistemleri değil, aynı zamanda toplumların yaşamlarını ve güvenliğini de etkileyen en yıkıcı doğal afetlerden birini oluşturmaktadır. Bu sebeple taşkın risklerini yönetmek, özellikle aşırı iklim olaylarına maruz kalan bölgelerde etkilerini sınırlamak ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için hayati önem taşımaktadır. Türkiye'nin Çankırı ilçesinde yer alan Acıçay Havzası bu risklere karşı özellikle hassas bir alan özelliği taşımaktadır. Coğrafi ve kendine özgü özellikleri sebebiyle bu havza, taşkın yönetimi konusunda önemli iklimsel zorluklar meydana getirmektedir. Bu bağlamda ArcGIS başta olmak üzere uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gibi modern teknolojilerin kullanılması, risklerin doğru değerlendirilmesi ve etkili önleme stratejilerinin uygulanması için zorunlu hale gelmektedir (Farhadi and Najafzadeh 2021, Khanna *et al.* 2006).

Bu araştırma çalışması, mekansal ve zamansal verilerin toplanması, analiz edilmesi ve görsel hale getirilmesi için etkili araçlar olan uzaktan algılama ve ArcGIS'in beraber kullanılması yoluyla Acıçay havzasındaki taşkın risklerinin değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Bu tezin temel amacı, toprak özellikleri, eğimler, rakım, su akışları ve veriler gibi farklı çevresel ve hidrolojik faktörleri dikkate alarak taşkın riski taşıyan alanların ayrıntılı bir analizini sağlamaktır. Bu yüzden bu çalışma, bu bölgedeki taşkın dinamiklerini kavramamıza ve taşkınlara karşı en hassas alanları belirlememize olanak tanımaktadır (Pradhan 2009, Wang and Xie 2019).

Rapor birkaç temel aşamaya ayrılmıştır. İlk aşama, Acıçay Havzası'na ilişkin topografya, arazi örtüsü ve hidrolojik parametrelere ilişkin bilgileri içeren coğrafi verilerin toplanmasıdır. Belirli bir süre boyunca yağış verilerinin analizi, yağış miktarını bölgedeki sel olaylarıyla ilişkilendirmek de aynı zamanda önem taşımaktadır. İkinci aşama, havzadaki eğimleri, yüksekliği ve su akışlarını dikkate alarak mekansal modelleme yapmak ve riskli alanların haritalarını oluşturmak için ArcGIS'i kullanmaktır. Bu haritalar sele karşı en hassas alanların belirlenmesine yardımcı olur ve risk yönetimi kapsamında kullanımı temel oluşturmaktadır. Üçüncü aşamada elde edilen sonuçların detaylı bir şekilde analiz edilmesi ve kentsel planlama ve müdahale

stratejilerine özel önem verilerek, Acıçay havzasındaki taşkın risklerinin sürdürülebilir yönetimi için öneriler sunulması amaçlanmaktadır (Meyer *et al.* 2009, Farhadi and Najafzadeh 2021).

Son olarak bu çalışma, hassas bölgelerdeki su baskınlarının etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunmayı amaçlayan bilimsel bir yaklaşımın parçasıdır. Modern yöntemleri ve coğrafi analiz araçlarını kullanan bu tez, objektif verileri ve kesin analizleri entegre ederek daha etkili taşkın risk yönetimi için pratik çözümler sunmayı hedeflemektedir.

Sonuç olarak, bu rapor, Acıçay havzasındaki taşkın olaylarının daha iyi anlaşılmasına ve bunun dışında yüksek hassasiyete sahip bölgelerdeki çevresel risklerin daha proaktif bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunacağını düşündüğümüz bir dizi analiz ve öneri sunmaktadır. Bu bulguların uygulanması, yerel yetkililere ve planlamacılara bölgedeki taşkınların etkilerini önlemek ve azaltmak için önemli araçlar sağlayabilir.

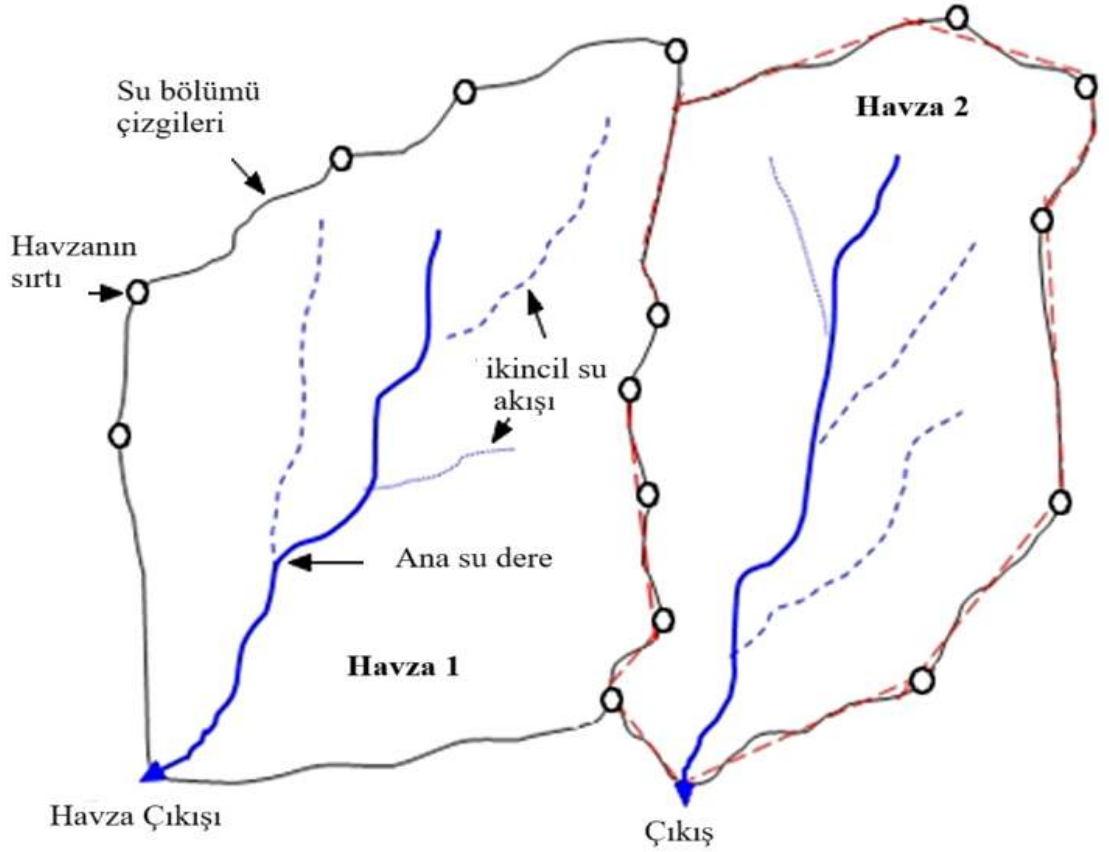
Bu tez, Acıçay havzasında taşkın riski değerlendirmesine odaklanmakta olup, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'ndan (SKA) özellikle SKA 11 (Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar), SKA 13 (İklim Eylemi) ve SKA 6 (Temiz Su ve Sanitasyon) ile doğrudan ilişkilidir. ArcGIS ve uzaktan algılama gibi coğrafi analiz araçları sayesinde, Acıçay havzasındaki taşkın riski taşıyan alanlar hassas bir şekilde haritalanarak, hidrolojik ve topografik koşullara uygun arazi kullanım ve planlama çözümleri sunulmaktadır. Şiddetli yağışlara ve hızlı yüzey akışlarına maruz kalan bu havza, risk yönetimi stratejileri geliştirmek için uygun bir çalışma alanı sunmaktadır. Bu yaklaşımla, yerel ve bölgesel düzeyde sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda somut önleme, iklimsel direnç geliştirme ve su kaynaklarını koruma önlemlerine bilimsel katkı sağlamayı amaçlıyorum. Bu çalışma, sürdürülebilir ve entegre bir alan yönetimi yaklaşımına kişisel bağlılığımı da yansıtmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Havzanın tanımı

Su havzası açıkça tanımlanmış coğrafi alandır. Doğal olarak tek bir nehre veya yeraltı suyu kaynağına hareket eden suyu içerisine alan bütün alanı kapsamaktadır.

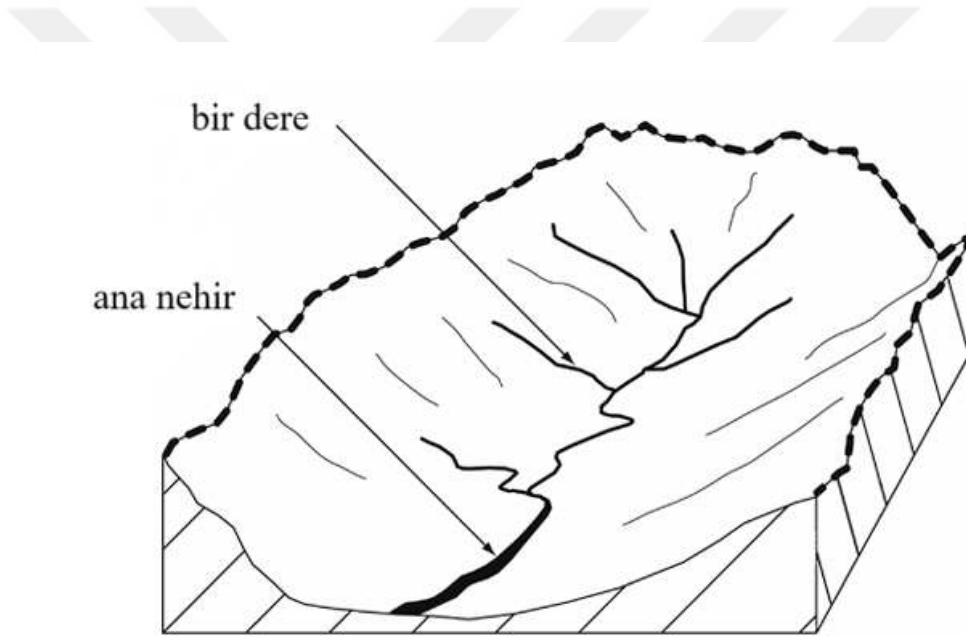
Bir havza, farklı havzalar arasındaki su dağıtım sistemleri ile tanımlanır. Bu çizgiler topografya tarafından çizilen doğal sınırları belirtmekte ve aynı zamanda sırt çizgilerine denk gelmektedir. İki ayrı havza, su şebekesinin her iki tarafına düşen yağmur damlları ile beslenmektedir.



Şekil 2.1 Havza ve drenaj deseni

Kutularının iç içe geçmesi gibi, bir nehrin havzası, daha küçük alt havzaların hiyerarşik bir yapı meydana getirerek daha büyük bir bütün içinde birleşmesiyle meydana gelmektedir. Her alt havza, yağmur veya yüzey akışını belirli bir akarsuya (genellikle bir kol) toplayan ve yönlendiren bağımsız bir birimdir. Bu kollar da ana akarsuya dahil olarak havzanın genel hidrolojik döngüsüne yardımcı olmaktadır.

Bu şekilde, nasıl ki kutular birbirine geçerek bir bütün oluşturuyorsa, alt havzalar da birbirine bağlıdır ve nehrin ağzına doğru suların akışında her bir parça önemli bir rol oynamaktadır. Bu yapı, havzayı farklı ölçeklerde incelemeyi mümkün kılar; küçük yerel birimlerden geniş bölgesel sistemlere kadar analiz yapılabilmektedir.



Şekil 2.2 Havza ana ve yan dere

Bir drenaj havzası, genellikle yukarı kotlarda, havzanın başı olarak adlandırılan bölgede kaynağını alan ana bir nehirden oluşur. Bu nehir, vadinin tabanında akarak ya denize ulaşır ya da aşağı kotlarda, drenaj havzasının çıkış noktasında başka bir nehre dökülür. Yol boyunca, havzanın her noktasından gelen suyu toplamaktadır. Bu sonucunda nehir suyu, geçtiği yamaçların tüm malzemesini taşımaktadır.

Her drenaj havzası, kendine ait özellik taşımaktadır. Boyutu, şekli, akışı, hidrolojik ağı, topoğrafyası, toprak yapısı, yer altı yapısı, bitki örtüsü, iklimi, ekosistemleri, göllerin, buzulların veya kar örtüsünün varlığı, ayrıca arazi kullanımı ve insan faaliyetleri gibi unsurlar her havzayı farklı kılmaktadır.

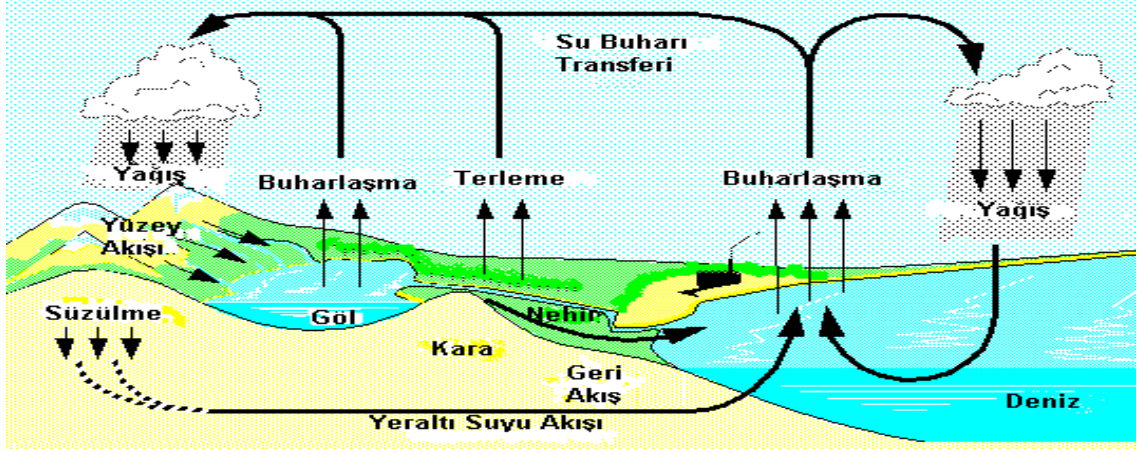
2.2 Havzada süreçler

2.2.1 Su döngüsü

Dünya'nın %75'i denizler ve okyanuslarla kaplıdır ve toplam su kütesinin %98'i tuzlu sudan oluşur. Bu durum, gezegenimize mavi rengini verir. Ancak, buzullar ve yeraltı suları hariç tutulduğunda, tatlı su toplam su miktarının yalnızca %0,01'ini oluşturmaktadır (Yılmaz2015).

Yeryüzündeki su sürekli hareket halindedir. Güneş enerjisinin etkisiyle okyanuslardan, tatlı sulardan ve bitkilerden buharlaşır ve bu süreç atmosferde büyük miktarda su buharının birikmesine yol açmaktadır. Su buharı daha sonra yoğunlaşarak yağış şeklinde geri döner ve bu yağışların durumu farklılık göstermektedir.

Yağışın bir kısmı buharlaşır ya da bitkiler tarafından emilir. Diğer bir kısmı ise zeminin özelliklerine bağlı olarak toprağa sızar ya da yüzeyde akar. Su geçirmez zeminlerde yağışlar yüzey akışına geçer ve akarsuları besler. Su geçirimli zeminlerde ise su, yeraltındaki su tabakasına kadar sızar. Yeraltındaki bu hareket, su tabakasının yüzeye yakın olduğu yerlerde kaynaklar aracılığıyla tekrar yüzeye çıkar ve yüzey suyu ağını besler. Suyun gezegen kısmındaki bu hareketine su döngüsü adı verilmektedir.



Şekil 2.3 Su döngüsü

2.2.2 Havza

2.2.1.1 Havza oluşumu

Bir havza suyunun farklı alanlarla etkileşimi, yüzey akışı, sızma, erozyon, taşınma ve çökme gibi olaylar aracılığıyla gerçekleşir. Bu süreç, akarsuları ve havzaları şekillendirir ve bu nedenle havzanın sürekli olarak değişmesine neden olmaktadır.

- Yüzey akışı, bir havza içindeki yağmur sularının toprak yüzeyinde hareket etmesidir. Toprağın suyu emme kapasitesi düşük olduğunda bu akış daha belirgin hale gelir. Bu olay, toprak erozyonunun başlıca nedenlerinden biri olmamaktadır.
- Erozyon, suyun gücü ve oluşturduğu sürtünme etkisiyle küçük parçacıkları taşıdığı bir süreçtir. Bu süreç, toprak yüzeyinin aşınmasına ve taşınmasına neden olur. Erozyonun şiddeti, toprağın yapısına, akıntının gücüne ve arazinin eğimine bağlıdır.
- Bu parçacıklar, suyun gücüne, arazinin yapısına ve eğimine bağlı olarak farklı mesafelere taşınmaktadır.

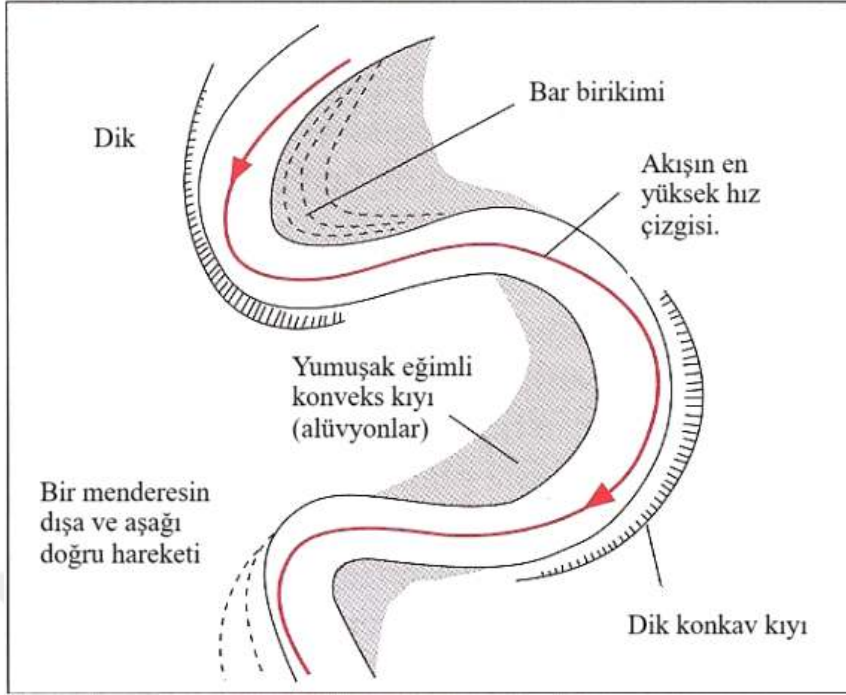
- Akıntı etkisini yitirdiğinde, süspansiyondaki parçacıklar sırasıyla çökelmektedir. Önce büyük olanlar, ardından daha küçük olanlar birikir. Bu süreç, sedimentasyon olarak adlandırılır ve genellikle aşağı bölgelerde, düzlük alanlarda gerçekleşir.

Bazı bölgelerde malzemeler aşınır ve taşınır, diğer bölgelerde ise birikir. Bu süreçler, akarsu yapısının ve havza morfolojisinin sürekli değişmesine neden olmaktadır.

2.2.2.2 Akarsu havzasının morfolojisi

Havzanın yukarı kesimlerinde, arazinin dik eğimi nedeniyle erozyon olayı fazlaca görülmektedir. Vadi genellikle derin ve dardır. Eğim azaldığında, nehir akışını yavaşlatır, yatağını böler ve taşıdığı tortuları biriktirerek adacıklar oluşturmaktadır.

Ovalarda, akış yavaşladığında, nehrin taşıdığı tortular birikerek birikintiler oluşturur. Nehir bu birikintileri aşarak kıvrımlar çizer. Bu süreç, aşınma ve tortu birikimini birleştirerek kıvrımları belirginleştirir su, akıntının daha hızlı olduğu konkav tarafında yoğun bir erozyon meydana getirir. Konveks tarafta ise akıntı daha yavaş olduğu için tortular birikir. Zamanla nehir, giderek belirginleşen ve kıvrımlı bir yol çizen menderesler oluşturmaktadır (Taillefer 1949).



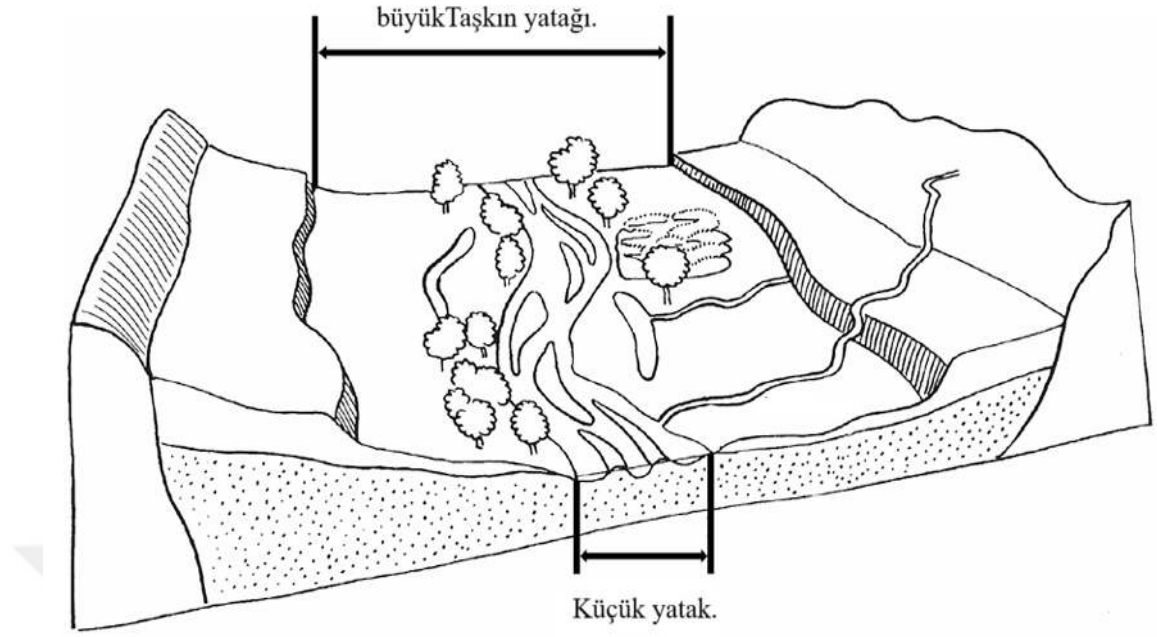
Şekil 2.4 Bir menderes (Pomerol *et al.* 2018)

Bir havzanın morfolojisi sürekli değişmektedir. Nehirlerin güzergahları mevsimlere ve yıllara göre değişiklik gösterir. Erozyon, taşınma ve tortullaşma, havzanın kendine özgü özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Örneğin:

Yoğun yağışlar, nehirlerin dalgalanmasına neden olarak erozyon ve materyal taşınımını artırabilir. Bu süreçler, nehrin şekline etki eder. Buna karşılık, su seviyesi düşük olduğunda su sadece nehrin küçük yatağıyla sınırlı kalmaktadır (Taillefer 1949).

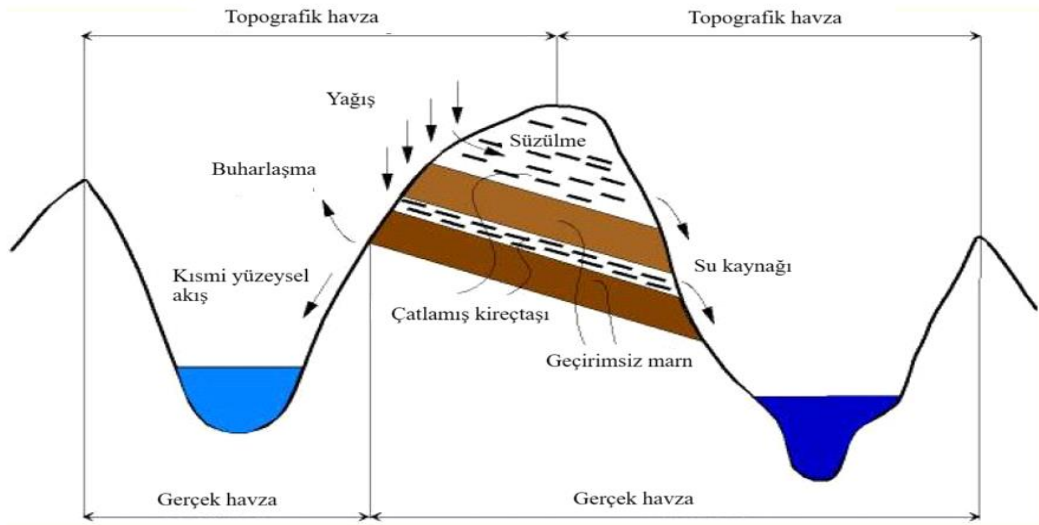
- Normal koşullarda, nehir küçük yatağından akar. Bu nehrin genellikle bitki örtüsünden yoksun olan vadi tabanıdır.
- Taşkın dönemlerinde, su fazlalaşır ve küçük yataktan daha büyük bir yatak olan taşkın yatağına dağılır. Büyük yatak (taşkın yatağı), erozyon izleriyle tanınabilir ve küçük yataktan farklı olarak bitki örtüsü içerebilmektedir.



Şekil 2.5 Bir havzanın taşkın yatağı ve ana su yolu

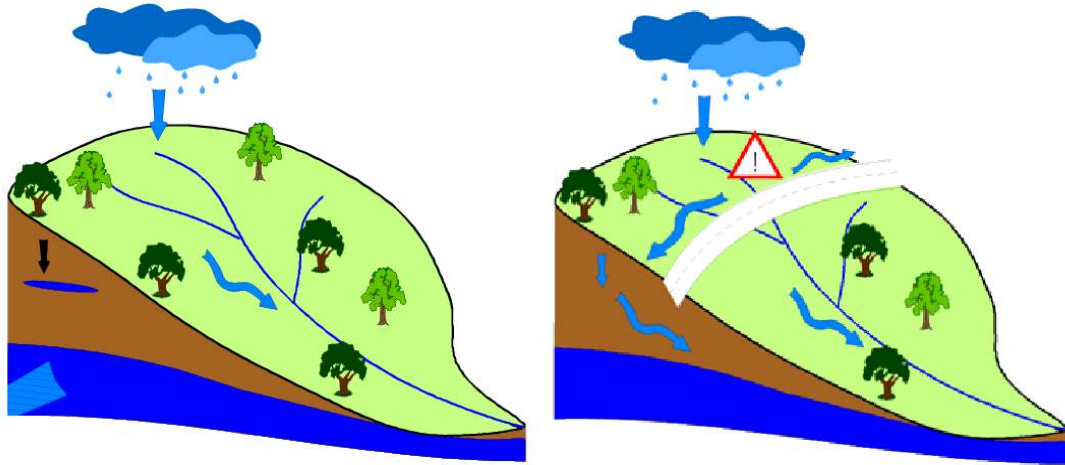
2.2.3 Bir su toplama havzasının sınırlandırılması

Bir su toplama havzasının sınırlandırılması, yağışlar veya kaynaklardan gelen tüm yüzey sularının ortak bir çıkış noktasına örneğin bir akarsuya, göle veya denize aktığı alanın coğrafi sınırlarını belirlemeyi ve çizmeyi ifade etmektedir. Bu sınırlandırma, özellikle komşu havzalara akan suları ayıran su bölümü çizgileri ve yüksek noktalar gibi bölgenin topografyasının analizine dayanır. Su toplama havzasının hidrolojik döngüsünü anlamak, su kaynaklarını değerlendirmek, sel risklerini analiz etmek ve entegre su kaynakları yönetimi planlaması için hayati öneme sahiptir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama verileri gibi modern araçlar, bu sınırlandırmanın hassasiyetle gerçekleştirilmesini sağlar ve sayısal topografik veriler ile gelişmiş hidrolik modelleri entegre etmektedir.



Şekil 2.6 Havza su ayırım çizgisi (Gauthier and Villars 1963)

Gerçek ve topografik havzalar arasındaki fark, özellikle karstik bölgelerde önemli bir rol oynamaktadır. Akışkanlık çalışmaları yapılırken, havza sınırlarının yapay altyapılar, örneğin yollar ve demir yolları gibi unsurlar göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerekmektedir. Nitekim, havzanın hidrolojik dinamiği, özellikle drenaj edilen alan, atık su veya içme suyu şebekeleri, drenaj sistemleri, yollar gibi yapay yan akışlarla ayrıca su pompaları veya sapmalar gibi faaliyetlerle değiştirilebilir, bu da hidrolik dengeyi etkilemektedir.



Şekil 2.7 Yolun inşası ile yüzeysel akış yön değişimi

Bu nedenle, topografik sınırlara ek olarak, bu sistemin yeraltı sınırlarını da tanımlamak gerekir. Sistemin suları üzerindeki insan etkilerini de göz önünde bulundurmak gerekmektedir.

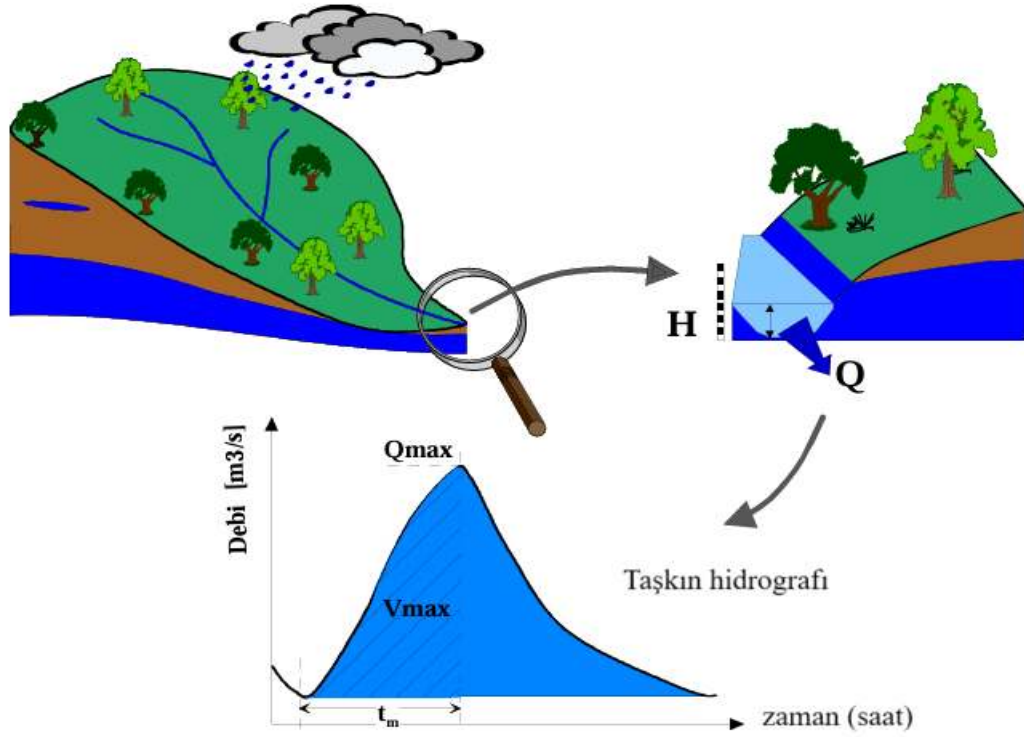
2.2.3.1 Hidrolojik davranış

Bir havza (hidrolojik sistem) üzerindeki hidrolojik davranış analizi, genellikle yağışlara verilen tepkinin incelenmesi yoluyla gerçekleştirilir. Bu tepki, havzanın çıkış noktasından akan su miktarının gözlemlenmesiyle değerlendirilir (Maidment 1993). Debi (Q) ve zaman (t) arasındaki ilişki, genellikle bir taşkın hidrografiğiyle grafiksel olarak temsil edilir. Alternatif bir yöntem ise, su seviyesinin zamana bağlı olarak değişimini gösteren limnigraf kullanmaktır (Chow *et al.* 1988).

Bir havzanın belirli bir yağış olayına verdiği tepki iki anahtar özellik ile karakterize edilir:

1. Tepki hızı, taşkın başlangıcı ile hidrografinin pik noktasına ulaşması arasında geçen süre olan yükselme zamanı (t_m) ile ölçülür (Maidment 1993).
2. Tepki şiddeti, pik debisi (Q_{max}) veya maksimum hacim (V_{max}) gibi parametreleri içerir (Chow *et al.* 1988).

Bu parametreler, yağışların şiddeti ve özelliğine bağlıdır. Ayrıca, havzanın bir özelliği olan suyun havza üzerindeki konsantrasyon süresi de etkili bir faktördür (Maidment 1993).



Şekil 2.8 Hidrograf

2.2.3.2 Konsantrasyon zamanı

Konsantrasyon zamanı, bir havza bölgesinden suyun, yağış sonrası havzanın çıkış noktasına (ağız noktasına) ulaşması için gereken zamanı tanımlayan bir kavramdır. Diğer bir ifadeyle, bu, havzanın en uzak bölgesinden gelen suyun, ana nehir veya akarsuya ulaşması için geçen zamanı ifade etmektedir (Maidment 1993).

Konsantrasyon zamanını etkileyen faktörler:

1. Havzanın büyüklüğü: Havza ne kadar büyükse, suyun daha uzun mesafeyi kat etmesi gerektiğinden konsantrasyon zamanı da o kadar uzun olur (Chow *et al.* 1988).
2. Arazi eğimi: Daha eğimli bir arazide su daha hızlı akar, bu da konsantrasyon zamanını kısaltır (Maidment 1993).

3. Toprak türü ve bitki örtüsü: Geçirimli topraklar ve yoğun bitki örtüsü, suyun yer altına sızmasına yardımcı olur ve akışı yavaşlatarak konsantrasyon zamanını artırır (Chow *et al.* 1988).

4. Drenaj ağı özellikleri: Akarsuların yoğunluğu ve düzeni de suyun akış hızını etkiler (Maidment 1993).

5. Konsantrasyon zamanının önemi: Konsantrasyon zamanı, bir havzanın yağışlara verdiği tepkiyi tahmin etmek için çok önemlidir, özellikle taşkın modellemesinde. Taşkın hidrografı oluşturulmasında, pik debilerinin değerlendirilmesinde ve sel riski yönetiminde kullanılır (Maidment 1993).

Bu nedenle konsantrasyon süresi t_c , bu üç terimin toplamının maksimumuna eşittir, Şunlardan biri:

$$t_c = \max\left(\sum (t_h + t_r + t_a)\right)$$

t_h : Islaklaştırma zamanı. Suyun düşmeden önce toprağın suyla doymaya gelmesi için gereken süre.

t_r : Yüzeysel akış veya akış zamanı. Su, yüzeyde veya toprağın ilk yataklarında akarak bir toplama sistemine (doğal akarsu, kolektör) ulaşana kadar geçen süre.

t_a : Taşıma zamanı. Suyun toplama sisteminde hareket ederek çıkış noktasına (ağız noktasına) ulaşması için geçen süre.

2.2.3.3 Isochron eğrileri

Isochron eğrileri, bir havza içindeki noktaların aynı akış süresine sahip olduğu ve çıkış noktasına ulaşana kadar suyun geçtiği zamanın gösterildiği çizgilerdir. Bu eğriler, bir

havzada yağış sonrası suyun hareket etmesi için gerekli süreyi görsel hale getirmek amacıyla hidrolojide kullanılmaktadır (Hec 1999).

Uygulamalar:

Taşkın modellemesi: Su akışının etkilerini ve sel riski taşıyan bölgeleri tahmin etmeye yardımcı olur (Beven and Kirkby 1979).

Havza yönetimi: Etkili drenaj sistemleri tasarlamak için kullanılır (Hec 1999).

Hidrolik çalışmalar: Havzanın yağışlara karşı nasıl tepki vereceğini anlamaya yardımcı olur (Beven and Kirkby 1979).

Bu eğriler, havzanın topografik ve hidrolik verilerinden hesaplanır ve suyun hareket etme süresini tahmin etmeye yardımcı olur (Hec 1999).

2.2.4 Havza Morfolojisi ve Su Akışına Etkileri

Havza, çeşitli özellikleri (jeomorfolojik, jeolojik, fizyografik, insani vb.) ile karmaşık bir sistemdir. Bu özellikler, sadece havzanın yağışlara karşı hidrolojik süreçlerini değil, aynı zamanda yağmur oluşumu gibi süreçleri de etkiler. Özellikle yükseklik veya bitki örtüsü gibi bazı faktörler, yağış dinamiği üzerinde doğrudan etkiye sahiptir ve bu da onları akış ve sel riski analizlerinde anahtar bir unsur haline getirmektedir (Velazquez *et al.* 2015).

Havza içinde dikkate alınması gereken temel unsurlardan biri, suyun toplama bölgelerinden havzanın çıkış noktasına kadar taşınmasını sağlayan doğal veya yapay, kalıcı veya geçici su yolları olan drenaj ağı ya da hidrografik ağıdır. Bu ağın yoğunluğu ve döngüsü, jeoloji, iklim, arazi eğimi gibi çeşitli faktörlere ve bu faktörlerin etkileşimine bağlıdır. Örneğin, daha engebeli bir arazi ve daha nemli bir iklim, daha yoğun ve yağışlara karşı daha dirençli bir hidrografik ağ oluşumunu teşvik etmektedir (Simonneaux *et al.* 2008, Gaborit *et al.* 2010, Trudel *et al.* 2017).

Ayrıca, havza özelliklerinin çeşitli yönlerini ölçümler yaparak bu havzaların işleyişini daha iyi anlamamıza ve modellememize yardımcı olan çok sayıda bilimsel literatür bulunmaktadır. Bu parametreler, havzanın yüzeyi, şekli veya eğimi gibi geometrik, toprak tipleri, geçirgenlik ve bitki örtüsü gibi fiziksel parametreler olabilir. Teknolojik ilerlemeler sayesinde, bu faktörler topografik haritalar, dijital yükseklik modelleri (DYM) veya uzaktan algılama araçları kullanılarak kolaylıkla tahmin edilebilir (Tegegne *et al.* 2017). Ancak, bu parametrelerin hidrolik modellerde tanımlanması ve entegrasyonu, bu özelliklerin su akışları üzerindeki etkilerini doğru bir şekilde yansıtmak şeklinde oluşturulmaktadır.

Bu jeofiziksel ve hidrolik parametreler sadece havzanın topografyasını tanımlamakla kalmaz, aynı zamanda sistemin iklimsel olaylara cevabını tahmin etmek için de kullanılır. Bu, sel riski yönetimi, zirve debisi ve suyun konsantrasyon zamanı gibi ifadeleri kapsamaktadır (Velazquez *et al.* 2015, Tegegne *et al.* 2017).

Çizelge 2.1 Bir havzasının şekilsel özellikleri

Geometrik Özellikler	
Havzanın Yüzeyi	Alan
Morfoloji / Şekil	Gravelius'in kompaktlık indeksi (1914)
Topografi / Arazi Yapısı	- Hipsometrik eğriler - Karakteristik yükseklikle - Havzanın ortalama eğimi - Eğim indeksi (eşdeğer dikdörtgen)

Çizelge 2.2 Havza akarsu ağının özellikleri

Hidrolojik Ağın Özellikleri	
Su yollarının topolojisi	Strahler'in sınıflandırması (1957)
Uzunluk ve eğim	- Karakteristik uzunluklar - Uzun profil - Ortalama eğim - Alan - mesafe eğrisi
Ağın gelişim derecesi	- Drenaj Yoğunluğu - Hidrografik Yoğunluk - Konfluent Oranı.
Endoreizm	

2.3 Sel

2.3.1 Sel Tanımı



Şekil 2.9 2015 yılında havzada meydana gelmiş sel ve taşkın

Seller, dünyadaki ekosistemleri, altyapıları ve insan topluluklarını etkileyen en yaygın ve yıkıcı doğal felaketlerden biridir. Global Risk Raporu'na (2023) göre, her yıl kaydedilen doğal felaketlerin yaklaşık %30'unu meydana getirmektedir.

Seller, genellikle kurak olan arazilerde suyun geçici olarak taşmasıdır. Bu olay, yoğun yağışlar gibi doğal nedenlere veya hızlı ve plansız şehirleşme gibi insana bağlı nedenler sonucunda meydana gelmektedir (Smith and Ward 1998).

2.3.2 Sel Türleri: Değişkenlik ve Dinamikler

Nehirsel Seller:

Bu tür seller, bir akarsuyun debisinin yatağının taşıma kapasitesini aşması sonucu meydana gelir; bu genellikle uzun süreli yağışlar veya karların ani bir şekilde erimesi ile oluşmaktadır. Nil, Mississippi veya Ganj gibi büyük nehirler bu tür olaylara karşı özellikle risk altındadır (Smith and Ward 1998).

Şehirsel Seller:

Şehirlerde, suyun toprak içerisine girmesini engelleyen altyapıların (yollar, otoparklar, binalar) gelişmesi, suyun toprakta emilimini azaltır. Yoğun yağışlar sırasında, drenaj sistemi genellikle yetersiz kalır, bu da su birikintilerinin hızlı bir şekilde meydana gelmesine yol açar. Bu tür seller, iklim değişikliği ile daha da fazla görülür, çünkü iklim değişikliği, aşırı hava olaylarının sıklığını artırır (Ashley *et al.* 2007).

Kıyısal Seller:

Deniz seviyesinin yükselmesi ile ilişkili olarak meydana gelir ve fırtına dalgaları ve iklim değişikliği ile daha da kötüleşir. Kıyı erozyonu ve kara çökmesi, kıyı bölgelerini daha da riskli hale getirir (Nicholls and Cazenave 2010).

Ani Seller (Yağmur Çığları):

Genellikle tahmin edilemeyen bu ani olaylar, kısa süreli yoğun yağışlar sonucu meydana gelir. Dağlık ve kurak bölgeler, geçirgenliği düşük toprakları nedeniyle bu tür sellere daha da açıktır (Anonymous 2007).

Yeraltı Su Yükselmesi ile Olan Seller:

Bu tür seller, yeraltı su seviyelerinin doygun hale gelip yüzeye çıkması sonucu meydana gelir, genellikle uzun süreli yağışlardan sonra ortaya çıkar (Pilon *et al.* 2006).

2.3.3 Sel oluşumunun nedenleri

Sellerin nedenleri üç ana kategoriye ayrılabilir:

Seller, çeşitli doğal faktörlerden kaynaklanabilir: toprağın ve drenaj sistemlerinin suyu emme kapasitesini geçen yoğun yağışlar, özellikle dağlık bölgelerde ilkbaharda karların ve buzulların ani erimesi, kasırgalar, siklonlar ve tropikal fırtınalar gibi aşırı hava olayları, şiddetli yağmurlara ve fırtına dalgalarına neden olarak büyük taşkınlara yol açabilmektedir.

İnsan kaynaklı faktörler arasında şehirleşme, toprağın su emme kapasitesini azaltan geçirimsiz yüzeylerin artmasına ve yüzeysel su akışının hızlanmasına neden olur; ormansızlaşma, bitki örtüsünün kaybıyla suyun toprağa sızmasını azaltır ve erozyonu artırır; kötü planlanmış kentsel gelişim ise sel riski taşıyan alanların yerleşime açılmasıyla bu riskleri daha da büyütür.

İklim değişiklikleri, sıcaklıkların artmasıyla küresel su döngüsünü yoğunlaştırır ve bu da daha sık ve şiddetli yağışlara yol açar (IPCC, 2021). Ayrıca, okyanus seviyelerinin yükselmesi, kıyasal sel risklerini artırmaktadır.

2.3.4 Selin Etkileri

Seller, toplumun ve çevrenin çeşitli yönlerini fazlaca etkileyen doğal afetlerden biridir. İnsanlar üzerinde yarattığı etkiler arasında ani can kayıpları, kitlesel göçler ve sağlıksal olumsuzluklar öne çıkar. Her yıl binlerce insan seller nedeniyle hayatını kaybetmekte, bu durum aynı zamanda iklim mültecilerinin ortaya çıkmasına ve nüfus hareketliliğine yol açmaktadır. Ayrıca, sel sularının durgunlaşması, kolera gibi su yoluyla bulaşan hastalıkların yayılmasına zemin hazırlayarak halk sağlığını tehdit etmektedir.

Ekonomik açıdan ise seller, altyapıda ciddi hasarlara neden olur. Yollar, köprüler, konutlar ve elektrik şebekeleri gibi temel altyapı unsurları sıklıkla hasar alırken, tarım

arazilerinin su altında kalması besin kıtlığına yol açabilmektedir. Bu durum, etkilenen bölgelerde uzun süreli ekonomik düşüslere neden olur ve ekonomik büyümeyi kötü etkiler (Parker 2000).

Çevresel etkileri de göz ardı edilemeyecek boyuttadır. Seller, verimli toprakların erozyona uğramasına ve taşınmasına neden olurken, sularla birlikte atıklar, kimyasal maddeler ve sanayi kirleticileri taşınarak çevre kirliliğini artırır. Ayrıca, doğal yaşam alanlarında büyük bozulmalar meydana gelir, bu da ekosistemlerin dengesini ciddi şekilde etkiler.

Sonuç olarak, seller hem insan yaşamını ya da ekonomik ve çevresel dengeleri derinden sarsan, çok yönlü etkilere sahip bir doğal afettir. Bu etkilerin azaltılması için etkili afet yönetimi stratejileri ve çevre koruma önlemleri fazlaca önem taşımaktadır.

2.3.5 Sellerin önlenmesi ve yönetimi

Etkili sel yönetimi, yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin yanı sıra ileri teknolojilerin kullanımını gerektirir. Yapısal önlemler arasında akarsuların debisini düzenlemek için barajlar ve setler inşa etmek, fazla suyu depolamak için göletler oluşturmak ve sel alanlarını düzenleyerek zararları azaltmak yer alır. Yapısal olmayan önlemler ise risk altındaki bölgeleri belirlemek için sel alanlarının haritalanması, halkı zamanında uyarmak için erken uyarı sistemleri kurmak ve toplulukları sel durumunda doğru yöntemler hakkında bilgilendirmek amacıyla eğitim ve farkındalık çalışmaları yürütmeyi içerir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama gibi ileri teknolojiler, riskleri modellemek ve müdahaleleri planlamak için kullanılırken, yapay zeka birden fazla veri kaynağını birleştirerek sel tahminlerini kolay hale getirir. Doğal ve insan kaynaklı faktörlerden etkilenen seller, tahmin, uyum ve azaltmayı birleştiren entegre bir yaklaşım gerektirir. İklim değişikliğiyle birlikte, dijital araçlar ve katılımcı yönetim gibi yenilikçi stratejiler, sel etkilerini en aza indirmek için artık vazgeçilmez hale gelmiştir.

2.4 Dünyada sel ve taşkınlar

2024 yılında, aşırı hava olayları nedeniyle birçok ülke büyük sel felaketleriyle karşı karşıya kaldı. Özellikle şiddetli yağışlar, fırtınalar ve nehir taşkınları, Batı ve Orta Afrika, Avrupa ve Latin Amerika'da ciddi hasara yol açtı.

Batı ve Orta Afrika'da, Temmuz 2024'te başlayan yoğun yağışlar, Çad'da 1,9 milyon kişiyi etkiledi. Nijer'de Ağustos ve Eylül aylarında meydana gelen taşkınlar, yaklaşık 1,4 milyon kişiyi etkilerken, Nijerya'da Ağustos itibarıyla 1,3 milyon kişi selden zarar gördü ve büyük çaplı göçler yaşandı. Demokratik Kongo Cumhuriyeti (KDC) yıl boyunca devam eden taşkınlarla mücadele ederken, 1,1 milyon kişi bu durumdan etkilendi. Ekim 2024'te ise Kamerun, Mali ve Gine, yoğun yağışlar ve nehir taşkınları nedeniyle benzer felaketlerle karşılaştı (<https://disasterphilanthropy.org.>, 2024).

Avrupa'da, Eylül 2024'te Polonya'nın Nysa şehri şiddetli sel nedeniyle büyük zarar gördü ve ülkenin bazı bölgeleri doğal afet bölgesi ilan edildi. Çek Cumhuriyeti'nde, özellikle Ostrava'da yaşanan taşkınlar, 15.000 kişinin evlerini terk etmek zorunda kalmasına neden oldu. Avusturya'da ise Eylül ayında aşırı yağışlar barajların yıkılmasına ve elektrik kesintilerine yol açtı; Viyana çevresinde büyük maddi hasar meydana geldi. İspanya'da, 29 Ekim 2024'te Malaga ve Valencia bölgelerinde yaşanan aşırı yağışlar, 219 kişinin hayatını kaybetmesine ve 190.000'den fazla kişinin etkilenmesine neden oldu (<https://disasterphilanthropy.org.>, 2024).

Latin Amerika'da, Venezuela, Ekim 2024'te şiddetli yağışlar nedeniyle birçok eyalette büyük sel felaketi yaşadı. Bu felaketler, çok sayıda evin yıkılmasına ve insanların tahliye edilmesine neden oldu.

Bu sel felaketleri, iklim değişikliği kaynaklı aşırı hava olaylarının artan etkisini ve bu tür afetlere karşı daha hazırlıklı bir yönetim stratejisine duyulan ihtiyacı bir kez daha gözler önüne serdi.

2.5 Türkiye'de sel ve taşkınlar

Türkiye'de son yıllarda yaşanan sel felaketleri, özellikle Karadeniz bölgesinde önemli hasarlara yol açmıştır. Ağustos 2021'de, Kastamonu, Sinop ve Bartın illeri ani sel baskınlarından ciddi şekilde etkilenmiştir. Kastamonu'da 36 kişi hayatını kaybederken, suların 5 metreye kadar yükseldiği ve büyük çapta altyapı ve konut yıkımlarına neden olduğu gözlemlenmiştir. Sinop'ta 7 kişi hayatını kaybetmiş, Bartın'da ise bir köprünün çökmesi sonucu birçok kişi yaralanmıştır. Bu felaketlere müdahale etmek için binlerce kurtarma ekibi ve geniş çaplı arama-kurtarma faaliyetleri gerçekleştirilmiştir (https://www.dw.com., 2021).

Temmuz 2021'de ise Rize ili, şiddetli yağışlar nedeniyle sel felaketi yaşamış ve can kayıplarıyla beraber maddi hasarlarda meydana gelmiştir. Bu tür doğal afetler, iklim değişikliği ve şehirleşme sorunları nedeniyle artış göstermekte, özellikle bazı bölgelerde daralan nehir yatakları gibi faktörler riski daha da artırmaktadır. Türkiyede yetkililer, bu felaketlerin etkilerini azaltmak için önleyici tedbirler alsa da, bu konuda halen ciddi sıkıntılar yaşanmaktadır.



Şekil 2.10 Çankırı'da 15 Mayıs 1958 tarihinde meydana gelmiş taşkına ait gazete haberi (Yılmaz 2012)

Tatlıçay havzasında meydana gelen sel felaketi, bölgedeki etkilerini açıkça göstermektedir. 1958 yılında meydana gelen büyük selde 18 kişi hayatını kaybetmiştir. Daha yakın bir tarihte, 2015'te ise can kaybı yaşanmasa da tarım alanlarında büyük hasarlar meydana gelmiştir. Bu olaylardan sonra, sel riskini azaltmak amacıyla derenin şehir içindeki kısmına koruyucu duvarlar inşa edilmiştir (Gökmen 2007).

İnsan kaynaklı çevresel etkilerin artması, özellikle insan kaynaklı iklim değişikliği ve akarsu yataklarının yanlış planlanması gibi faktörler, sel ve taşkın gibi doğal afetlerin sıklığını ve şiddetini artırarak bu olayları daha da yıkıcı hale getirmiştir. Geçmişte doğa olayı olarak kabul edilen bu olaylar, artık can ve mal kayıplarına yol açan afet boyutunda görülmektedir. Bu bağlamda, Neşe Duman ve Mustafa Recep İrcan tarafından Ağustos 2022'de yürütülen bir çalışma, Türkiye'de Çankırı merkez ilçesinin taşkınlara karşı duyarlılığını incelemiştir. Bu araştırmanın temel amacı, özellikle Çankırı şehir merkezinde taşkın riski yüksek olan alanları belirlemek ve bu bölgelerin duyarlılığını değerlendirmektir. Çalışmada, coğrafi kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılmış ve bu veriler ArcGIS for Desktop 10.x yazılımında Weighted Sum aracı ile analiz edilmiştir. Haritalar, uydu görüntüleri ve arazi fotoğrafları ile desteklenen bulgular, incelenen alanın %1,8'inde (25,9 km²) çok yüksek, %16,6'sında (239,3 km²) yüksek, %32,7'sinde (471,8 km²) orta, %38'inde (547,2 km²) düşük ve %10,8'inde (151,8 km²) çok düşük taşkın duyarlılığı olduğunu göstermiştir. Özellikle Çankırı şehir merkezi, akarsu yataklarının kapasitesinin bozulması, çekik yatağı seviyesindeki yanlış planlamalar ve değişen meteorolojik ve hidrolojik koşullar nedeniyle yüksek bir taşkın riski taşımaktadır. Bu riskli alanlarda yoğun yerleşimlerin bulunması ve ani, şiddetli yağışlar, doğal olayların afet boyutuna dönüşme potansiyelini artırmaktadır. Bu çalışma, bölgede gelecekte yaşanabilecek taşkınların etkilerini önlemek için uygun risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

2.6 CBS ile ilgili kavramlar

2.6.1 CBS ve bileşenlerinin tanımı

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi verileri etkili bir şekilde yönetmek ve analiz etmek için tasarlanmış araçlardır. Bu sistemler, coğrafi veri yönetimi gereksinimlerine cevap vermek için veri, yazılım, yöntemler ve kullanıcılar gibi çeşitli unsurları bir araya getirir (CNERTA 2024, Joliveau 1994).

SIG'nin Unsurları:

Coğrafi Veriler: Haritalar, uydu görüntüleri, vektör ve raster veriler ile meta veriler gibi unsurlar SIG için vazgeçilmezdir. Bu veriler genellikle coğrafi veri tabanlarında (CVT) saklanır ve analiz kolaylığı sağlamak için katmanlara ayrılır (Cartong 2022, Joliveau 1994).

Yazılımlar: ArcGIS, QGIS ve MapInfo gibi yazılımlar, veri toplama, analiz yapma ve görselleştirme işlevleri sunar. Bu araçlar, kullanıcıların ihtiyaçlarına uygun haritalar oluşturmaya imkan tanımaktadır (CNERTA 2024).

Kullanıcılar ve Yöntemler:

SIG'nin etkinliği, teknisyenlerin ve analistlerin uzmanlığı ile doğru yöntemlerin uygulanmasına dayanır. Bu unsurlar, verilerin ve bağlantılı teknolojilerin etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır (Joliveau 1994).

PDF Formatının Kullanımı:

PDF formatı, haritaların çeşitli cihazlarda (bilgisayarlar, akıllı telefonlar, tabletler) kolayca görüntülenmesini ve sunumlar ya da raporlar için yüksek kaliteli baskılar yapılmasını sağlar (Cartong 2022).

Sonuç :

SIG, coğrafi verilerin yönetimi ve analizi için vazgeçilmez bir araçtır. Modüler yapısı ve çeşitli veri çeşitlerini entegre edebilme yeteneği, şehir planlaması, çevresel yönetim ve bilimsel araştırma gibi birçok alanda büyük bir avantaj sağlar.

Bir bilgi sistemi (BS), verilerin etkin bir şekilde yönetilmesi ve analiz edilmesi için birbirleriyle etkileşim gösteren birkaç temel bileşenden oluşur. Bu bileşenler arasında, veriler yer alır; veriler, sistemde toplanır ve işlenir. Donanım ise bilgilerin elde edilmesi, depolanması ve yayılması için kullanılan fiziksel ekipmanları kapsar. Yazılım, verilerin işlenmesini yönetir ve prosedürler, bilgilerin işlenmesi için kuralları ve süreçleri tanımlar. Kullanıcılar ise sistemi kullanarak verileri girer, işler ve analiz eder. Bu bileşenler birlikte çalışarak bilgi sisteminin düzgün bir şekilde işlenmesini sağlar ve bilgilerin çeşitli alanlarda verimli bir şekilde yönetilmesine olanak tanımaktadır (O'Brien and Marakas 2011, Laudon 2019).

2.6.2 Sel/taşkın yönetiminde CBS uygulaması

Orta Anadolu'da, Türkiye'deki en eski hidrolik binalar M.Ö. ikinci binyıla kadar uzanmaktadır (Özis 2002). Daha sonra birçok hidrolik çalışma yapılmış ve bu çalışmalarla ilgili araştırmalar halen devam etmektedir. Günümüzde barajlar, göletler, regülatörler, sulamalar, nehir iyileştirmeleri, vb., içme suyu ve kamu hizmetleri, sulama, yangın, hayvan sulama, enerji, taşkın önleme, tortu kontrolü, ulaşım ve rekreasyon faaliyetleri için kullanılmaktadır.

Barajların su yolu ve tahribatı üzerine inşa edilen yapıların su yolu bölümünün azaltılması, can ve mal kaybına neden olur. Seller özellikle bu felaketler sonucu ciddi zarara uğrayan Hindistan, Çin, Bangladeş, İran ve Nepal gibi Asya kıtasındaki ülkeleri etkilemektedir (UNESCO 2006).

Usuki *et al.* (2014) göre, 1983 ve 2008 yılları arasında Nepal'deki sel ve toprak kaymalarıyla ilgili materyal kayıpları %57,89'u oluşturmuştur% tüm felaketlerle ilgili tüm maddi kayıplar. Bu, sel riskinin ne kadar önemli olabileceğini göstermektedir.

Taşkınlar, bölgenin topografik ve jeomorfolojik özelliklerine ve hava koşullarına bağlı olarak ortaya çıkan doğal olaylardır. Ancak, sel sadece doğal faktörlerin bir sonucu değildir. Sel felaketlerinin çoğunluğuna insan faaliyetleri de neden olmaktadır.

Gelişmekte olan ülke Türkiye'nin sanayileşmesinin yol açtığı şehir merkezlerinin plansız şehirleşmesi nedeniyle nehir havzalarındaki insan faaliyetlerinin artması, insan kayıplarını ve selin neden olduğu maddi zararları yoğunlaştırmaktadır.

Çeşitli araştırmalar, yüksek frekanslı taşkın akışlarını değerlendirmek ve hesaplanan akış değerlerine dayalı hidrolik modelleme kullanarak taşkın risklerini değerlendirmek için farklı istatistiksel ve sentetik teknikler kullanmıştır. Kararları için öneriler de sunulmuştur.

Ancak sadece ArcGIS (GIS) üzerinde yapılan çalışmalarla ilgileneceğiz.

Yalçın ve Akyürek (2004) tarafından yapılan çalışma, CBS'yi kullanarak Karadeniz bölgesinin Batı Bartın Havzası'nda sel için riskli alanları oluşturdu. İlk olarak havza büyüklüğü, eğim, ana kolun uzunluğu gibi parametreler CBS kullanılarak ve daha sonra hidrolojik veriler, arazi kullanımı ve toprak tipi gibi parametreler kullanılarak belirlendi, farklı taşkın akış değerleri elde edildi ve hidrolik model üzerinde değerlendirilmiştir.

Oral *et al* (2005) Bartın ve Silifke havzalarını incelemişler ve GIS kullanarak taşkına duyarlı alanları tespit etmişlerdir. Analizler Mekik Radar Topografik Misyon (SRTM), Ikonos uydu görüntüleri, yağış verileri, dijital haritalar ve uzaktan algılama teknikleri 90 m çözünürlükte eğim dijital modelleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya göre, plansız yerleşimler, plansız nüfus artışı ve yanlış arazi kullanımı, sel afetinde önemli bir artışa yol açmaktadır. Yazarlara göre, taşkın hasarı CBS tabanlı "karar destek sistemleri" kullanılarak azaltılabilir".

ABD'nin Rhode Island eyaletinde Hardmeyer ve Spencer (2007), yetersiz kentleşme durumunda sel hasarının nasıl artabileceğini incelemek için GIS'i kullanarak sel çalışmaları yaptı. Bölgedeki zayıf yerleşim modelinin aynı oranda artması durumunda yakın gelecekte sel hasarının %50'ye kadar artabileceğini buldular. Çalışmalarında şehirleşmenin selin meydana geleceği risk alanlarından ziyade daha güvenli ve daha dağlık alanlarda düzenlenmesi tavsiye edilmiştir.

Solakırmak Deresi'ne planlı bir tesisat için dökülme yolunun hesaplamalarında kullanılacak taşkın hidrografi, Karadeniz'in doğusunda, Türkiye'nin yağışların en fazla olduğu ve sellerin zaman zaman insan ve maddi kayıplara neden olduğu bölgelerden biri. Malkoç vd. (2008) bu bilgiyi elde etmiştir. Bu çalışma, yağmur, kar erimesi ve taban akışının üst üste binmesine denk gelen sel hidrografını elde etmiştir.

Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından geliştirilen GIS ve MIKE 11 kullanılarak Usul (2008) tarafından Fethiye Çaybo-programı için taşkın çalışmaları yapılmış ve taşkın için kullanılmıştır.

Fethiye Çayboğazı için sel çalışmaları Usul (2008) tarafından CBS ve Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından geliştirilen ve modeller için kullanılan hidrolik model MIKE 11 kullanılarak gerçekleştirildi. Bu çalışma sayesinde Fethiye Çayboyazı için taşkın riski haritaları oluşturulmuştur.

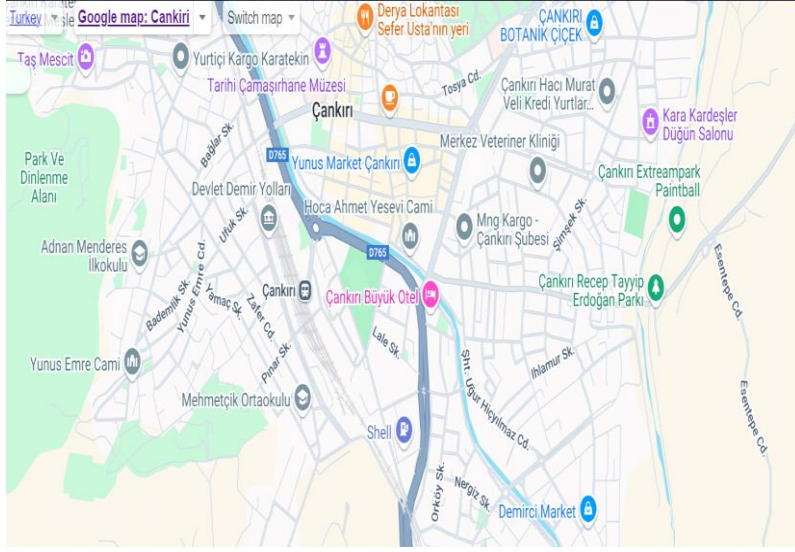
3. MATERYAL ve METOD

3.1 Materyal

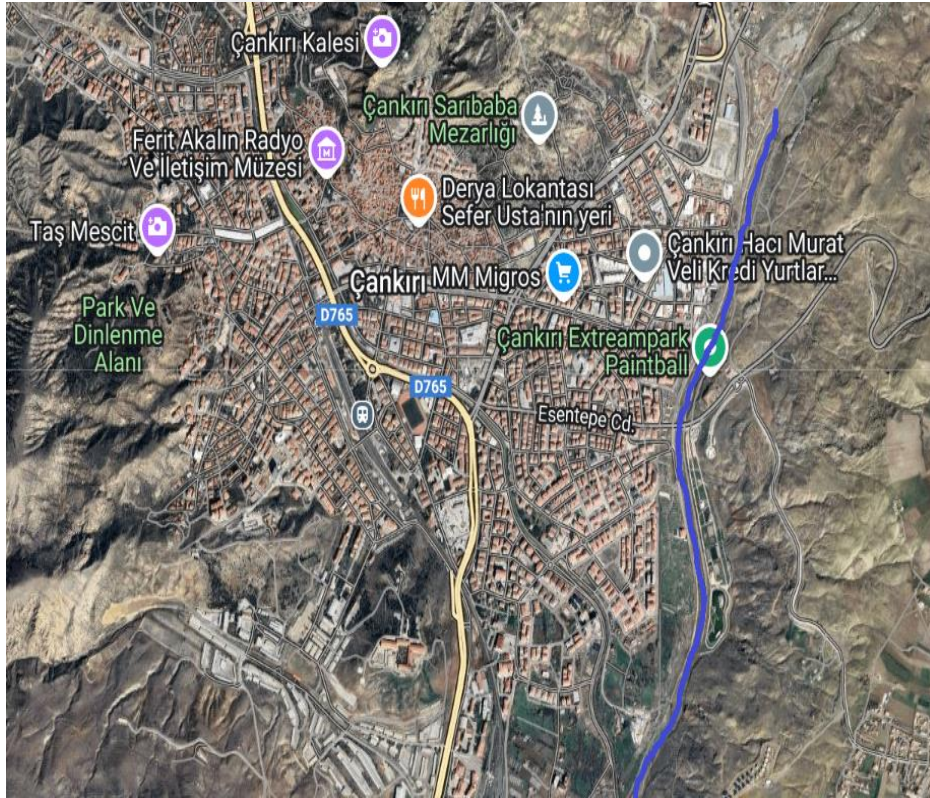
Sel risklerinin değerdendirilmesi, jeomorfolojik, hidrolojik ve tarihsel yöntemler gibi çeşitli yaklaşımlara dayanmaktadır (Masson *et al* 1993, Bates *et al* 1997, Garry and Veyret 1996). Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS), sel risklerinin izlenmesi ve analizinde önemli bir rol oynar. Haritalama ve modelleme için etkili araçlar sunar (Meyer *et al* 2001). Özellikle optik ve radar görüntüleri olmak üzere uydu verileri, su baskınına uğramış alanları belirlemek ve risk planlamasını desteklemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Puech 1995, Yesou *et al* 2001, Rango and Salomonson 1974, Blasco *et al* 1992). Hidrolik modeller ise selleri tahmin etmeye yardımcı olur ve temel bir araştırma alanıdır (Booij 2003). Etkili bir sel yönetimi, nedenlerin derinlemesine bir şekilde incelenmesini ve riskli bölgelerin doğru bir şekilde haritalanmasını gerektirir (Wade *et al* 2008).

Bu çalışmada, havza haritalamasının temelini oluşturmak için 2014 yılına ait bir Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak bir sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur. CBS'de en yaygın kullanılan bilgi katmanlarından biri olan SYM, yüzey akışı, su erozyonu, seller ve heyelan gibi doğal olayları analiz etmek için kritik öneme sahiptir (Bates *et al* 1997, Meyer *et al* 2001). Landsat 8 görüntüleri, 1:25.000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiş ve dönüşüm için kontrol noktaları seçilmiştir (Rango and Salomonson 1974, Blasco *et al* 1992).

Bu yaklaşımların birleştirilmesiyle, uzaktan algılama ve CBS, risk değerdendirmesi için niteliksel ve niceliksel çözümler sunarak sel olaylarının daha iyi anlaşılmasına ve yönetilmesine yardımcı olmaktadır (Maurel *et al* 2001).



Şekil 3.2 Çankırı ili merkezini oluşturan mahalle yerleşimi haritası (google maps)



Şekil 3.3 Acıçay Deresi'nin çalışmaya konu olan bölümü (Google Earth)

Araştırma alanı, Çankırı'nın kuzeyindeki dağlarda yükselen, il merkezinde Tatlıçay ile birleşen ve güneydoğuda Kızılırmak'a dökülen Acıçay havzasından oluşmaktadır. Havza 40° 33'-40° 51' kuzey enlemleri ile 33° 37'-34° 30' doğu boylamları arasında yer

almaktadır. Havza toplam 67.442 hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Havzanın tabanı 700 metre, tepesi ise 2000 metredir. Havzanın yükseklik haritası üzerinde yapılan bir çalışmaya göre, alanın çoğu 1.000-1.200 metre arasında yer almaktadır. Orman sınırını temsil eden 2000-2500 metrenin üzerinde çok az alan bulunmaktadır. Rakım ve bitki örtüsü açısından, havzadaki ormanların çoğunluğu 1.000 metrenin üzerindeki rakımlarda bulunmaktadır.

Havzanın topografyası parçalıdır ve sürekli değişmektedir. Arazi kullanımı, bitki örtüsü, iklim, rakım ve topografyaya göre değişkenlik göstermektedir. Havzanın dağlık kesimlerinde tarım arazisi azdır, bitki örtüsü ormanlıktır ve hayvancılık ön plandadır. Aşağı havzada kırsal yoksulluk temel olarak kuraklık, kuru tarım ve bozulmuş meralardan kaynaklanmaktadır

Çankırı, İç Anadolu coğrafi bölgesi ile Karadeniz coğrafi bölgesi arasında yer alan bir ildir. Bu nedenle il, her iki bölgenin de özelliklerini içerisinde barındırmakta ve bir geçiş bölgesini temsil etmektedir. İl, ilçe ve belde olmak üzere 31 belediye ve 362 köyden oluşmaktadır. Şehirde yaşayanların oranı %63'tür (<http://www.cankiri.bel.tr.>, 2024).

3.1.1.2 İklim

İl, Karadeniz ile İç Anadolu arasında yer alır. İç Anadolu'da karasal iklim görülür. Kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar ise ılık ve kurak geçer. Rakımın az olduğu alanlar sıcak, yüksek platolar ise serindir. Yaz ve kış arasında önemli bir sıcaklık farkı vardır. Yıllık ortalama sıcaklık 11,5°C'dir. Ocak ayı ortalama 0,2°C ile en soğuk ay iken, temmuz ayı ortalama 0,5°C ile en az soğuk aydır.

Temmuz ayı ortalama 23,3°C ile en sıcak aydır. İklim karasaldır, kış aylarında düşük sıcaklıklar ve yaz aylarında yüksek sıcaklıklar görülür.

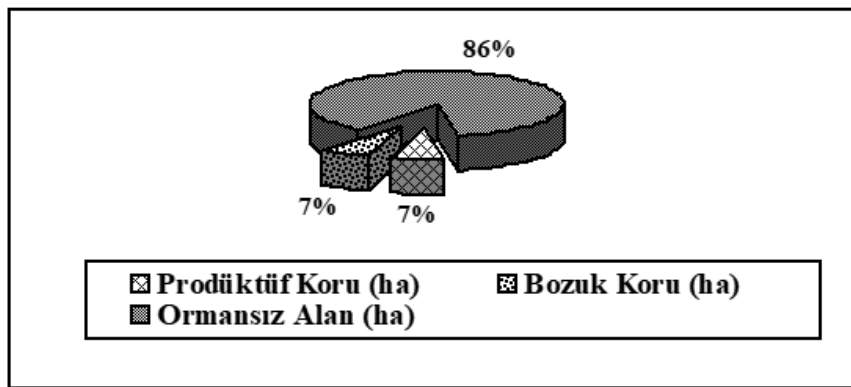
Şimdiye kadar ölçülen düşük sıcaklık -25°C (24 Ocak 1980), rekor yüksek sıcaklık ise 41,8°C'dir (1 Ağustos 1954). Yıllık ortalama yağış miktarı 397,2 mm'dir (Çolak 2019).

3.1.1.3 Arazi kullanımı ve bitki örtüsü

Karadeniz iklim kuşağı ile İç Anadolu iklim kuşağı arasındaki geçiş bölgesinde yer alan Çankırı'nın bitki örtüsü genel olarak kuzey-güney yönünde fakirleşmiştir. İki-üç yüzyıl öncesine kadar il topraklarının tamamının ormanlarla kaplı olduğu bilinmekle beraber, bunların büyük bir bölümü olumsuz iklim koşulları, orman yangınları, düzensiz kesim ve otlatma nedeniyle yok olmuş ya da bozuk hale gelmiştir.

İlin güney ve güneybatısı bozkırlarla kaplıdır. Bozkırlarda akarsu boylarında kavak, söğüt ve ılgınlara rastlanır. Ilgaz, Eldivan, Eğrioğlu, Ovacık, Düvenlik, Ilıslık, Yapraklı, Sarıkaya, Karakaya ve Erikli çevresinde ilin ormanları yoğunlaşmıştır. Karaçam (*Pinus nigra*), sarıçam (*Pinus sylvestris*), meşe (*Quercus sp.*), gürgen (*Carpinus betulus*), kavak (*Populus sp.*) ve ardıç (*Juniperus sp.*) bölgenin odunsu türleridir.

Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü, 31.373 hektar verimli orman (%7), 31.421 hektar bozuk orman (%7) ve 395.561 hektar orman dışı alan (%86) olmak üzere 458.355 hektarlık bir alana sahiptir (Anonim 1996).

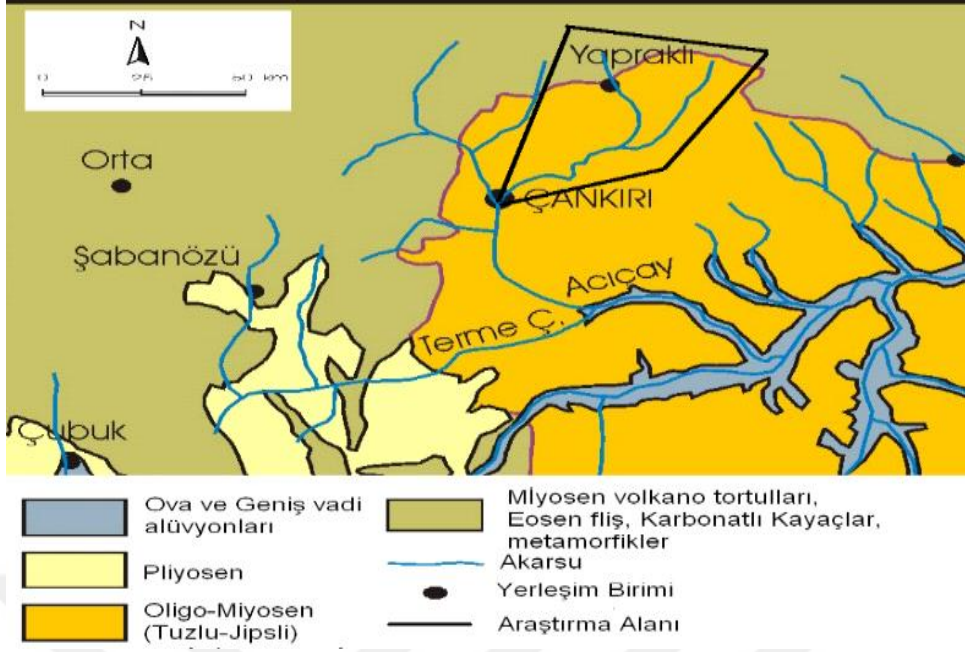


Şekil 3.4 Amenajman Planına Göre Alanların Dağılımı

3.1.1.4 Jeolojik ve jeomorfolojik yapı

Çankırı ve çevresi, Türkiye'de Oligo-Miyosen döneme ait jipsli arazilerin geniş bir alanda bulunduğu bölgelerden birisidir (Şekil 3) (Doğan 2002). Acıçay Havzası'nın III. bölümünde, Çankırı ilinin kuzey kesiminde Oligosen-Miyosen dönemine ait jipsli araziler oluşmuştur. Bu arazi, kuzeydoğuda Yapraklı ilçesi, güneydoğuda Kızılırmak, güneyde Ankara ili sınırı ve güneybatıda Eldivan ilçesi ile çevrili geniş bir alanı kapsar. Kaya, kırmızı renkteki kalın bir taban konglomerasıyla başlamakta ve ardından açık renkli killi, jips çökelleri ve marn tabakaları gelmektedir. Jips arazisinin üst kısımlarında ise Miyosen dönemine ait oluşumlar da yer almaktadır. Yüksel vd. (2001), bu jeolojik oluşumların Eosen sonrası dönemde denizin bu bölgeden çekildiğini ve çöl ikliminin etkili olduğu belirtmektedir.

Çankırı il merkezi, Acıçay Havzası'nın alt kısmında yer almakta olup, taban ve yamaç arazilerden oluşmaktadır. Havza tabanı, IV. dönemde oluşmuş alüvyonlardan meydana gelmektedir ve bu alüvyonlar çakıl, kum, toz ve kilden oluşur. Alüvyon kalınlığı bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Azalan eğim nedeniyle Acıçay Nehri bu bölgede menderesler oluşturarak geniş birikinti alanları meydana getirmektedir. Farklı jeolojik dönemlerden kalan erozyon ve birikinti süreçlerinin bir sonucu olarak, nehir düzlüklerinde sulu tarım yapılmaktadır. Acıçay'ın suyu bu alanda oldukça tuzlu olmasına rağmen, düzenli sulama ile bu problem çözülmeye çalışılmaktadır. Bölgenin jeolojik yapısı ve seyrek bitki örtüsü nedeniyle, havzanın bu kısmındaki vadi yamaçlarının topografyası dikkat çekici bir özelliktir (Göl vd. 2007, Çalapkulu 1967).

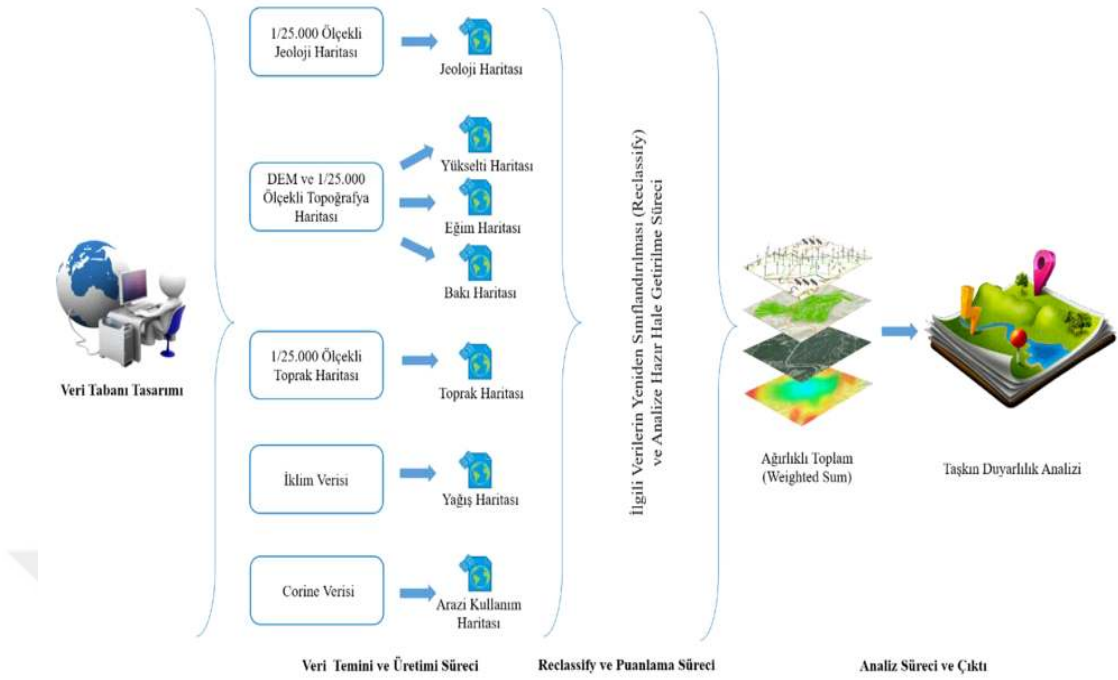


Şekil 3.5 Araştırma alanı jeoloji haritası (Ketin 1963)

3.2 Yöntem

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritası ile havza özellikleri, sayısal arazi modeli (DTM), jeolojik haritalar ve meteorolojik veriler kullanılarak hazırlanmıştır. Tüm bu bilgiler ArcINFO yazılımı ve ArcGIS 10.8 kullanılarak çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan Landsat 8 uydu görüntüleri, dönüşümde kullanılacak yer kontrol noktalarını seçmek için kullanılan 1:25 000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiştir.



Şekil 3.6 Çalışmanın akış şeması (Duman ve İrcan 2022)

3.2.1 Taşan su yollarından kaynaklanan sel riski belirleme yöntemi

Nehir taşkınının neden olduğu sel riskini belirlemek için kullanılan parametreler arasında drenaj yoğunluğu, litoloji, yapısal alan, yüzey altı drenajı, eğim, kırık ağının geçirgenliği, arazi kullanım türü ve yağış yoğunluğu yer almaktadır. Nehir taşkınları, hassaslıkları ve sel riski nedeniyle endişe kaynağıdır.

Taşan nehirlerden kaynaklanan sellere karşı hassasiyetin değerlendirilmesi:

Bu hassaslığı belirlemek için gereken parametreler çeşitli şekillerde olabilir. Su baskınları birçok faktörün bir araya gelmesinden kaynaklanır (Dia *et al.* 2006, Bâ *et al.* 2007), dolayısıyla birçok faktörün etkisi vardır. Bu faktörler drenaj yoğunluğu, litoloji, yapısal alan ve kırık ağının neden olduğu yeraltı drenajının geçirgenliğini içermektedir.

Taşan su yollarından kaynaklanan sel riskini haritalamak için çok kriterli bir yöntem kullandık ve çeşitli kaynaklardan elde edilen verileri kodladık. Kırık yoğunluğu haritası,

drenaj yoğunluğu haritası, gölgeli arazi haritası, litoloji haritası, eğimler, indüklenmiş geçirgenlikler, yeraltı geçirgenlikleri ve yeraltı drenaj verileri birleştirilerek bir dere taşması taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

Su baskını riskinin belirlenmesi:

Taşkın riski iki kriter temelinde değerlendirilir. Yağış yoğunluğu ve arazi kullanım haritalarının kombinasyonunun tehlikenin belirlenmesine yardımcı olabileceğini öne sürmektedir.

3.2.2 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi

Ayrık Hiyerarşi Süreci (AHP), sel riski değerlendirmesinde kriterlerin göreceli ağırlıklarını belirlemek için kullanılmıştır. Kriterler arasındaki karşılaştırmalar, Saaty'nin değerlendirme ölçeği kullanılarak yapılmıştır. Bu ölçek, her bir kriterin diğerine göre önemini 1 (eşitlik) ile 9 (bir kriterin diğerine göre aşırı önemli olduğu) arasında derecelendiren bir skala kullanır. Bu çalışmada kullanılan kriterler şunlardır:

Akarsuya Yakınlık, Yağış, Eğim, Yükseklik, Eğrisellik, Arazi Kullanımı ve Bakı.

3.2.2.1 Kriterlerin karşılaştırma matrisi

Kriterlerin karşılaştırma matrisi aşağıda sunulmuştur. Her bir a_{ij} elemanı, (i) kriterinin (j) kriterine göre karşılaştırmasını temsil eder, burada a_{ij} , (i) kriterinin (j) kriterine göre önemini ve $a_{ij} = 1/a_{ji}$ şeklinde ifade edilir.

Çizelge 3.1 Kriter karşılaştırma matrisi

Kriterleri	Akarsuya	Yağış	Eğim	Yükseklik	Eğrisellik	Arazi	Bakı
Akarsuya	1	1	2	3	4	5	7
Yağış	1	1	1	2	3	4	6
Eğim	1/2	1	1	1	2	3	5
Yükseklik	1/3	1/2	1	1	1	2	4
Eğrisellik	1/4	1/3	1/2	1	1	1	3
Arazi	1/5	1/4	1/3	1/2	1	1	2
Bakı	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1

3.2.2.2 Matrisin normalizasyonu

Karşılaştırma matrisi, her sütunun toplamına bölünerek normalleştirilmiştir. Bu adım, matrisin değerlerini birbirleriyle karşılaştırılabilir hale getirir, böylece başlangıçtaki ölçeklerinden bağımsız olarak değerlendirilebilir. Normalleştirilmiş matris şu şekilde elde edilmiştir.

Çizelge 3.2 Matrisin Normalizasyonu

Kriterleri	Akarsuya	Yağış	Eğim	Yükseklik	Eğrisellik	Arazi	Bakı
Akarsuya	0.2919	0.2353	0.3315	0.3429	0.3243	0.3030	0.2500
Yağış	0.2919	0.2353	0.1657	0.2286	0.2432	0.2424	0.2143
Eğim	0.1459	0.2353	0.1657	0.1143	0.1622	0.1818	0.1786
Yükseklik	0.0973	0.1176	0.1657	0.1143	0.0811	0.1212	0.1429
Eğrisellik	0.0730	0.0784	0.0829	0.1143	0.0811	0.0606	0.1071
Arazi	0.0584	0.0588	0.0552	0.0571	0.0811	0.0606	0.0714
Bakı	0.0417	0.0392	0.0331	0.0286	0.0270	0.0303	0.0357

3.2.2.3 Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Kriterlerin göreceli ağırlıkları, normalleştirilmiş matrisin her bir satırının ortalamasını olarak hesaplanmıştır. Bu ağırlıklar, her bir kriterin diğerlerine göre önemini temsil etmektedir. Kriterlerin ağırlıkları şu şekildedir:

Çizelge 3.3 Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Akarsuya	0.2970
Yağış	0.2316
Eğim	0.1691
Yükseklik	0.1200
Eğrisellik	0.0853
Arazi	0.0632
Bakı	0.0337

3.2.2.4 Tutarlılığın kontrolü

Matrisin tutarlılığını kontrol etmek için $\lambda_{\max}$ değeri hesaplanmıştır. $\lambda_{\max}$ değeri 7.103 olarak bulunmuş, bu da matrisin boyutundan (7) büyüktür. Tutarlılık katsayısı CI ve tutarlılık oranı CR şu şekilde hesaplanmıştır:

$$CI = 0.0171$$

$$CR = 0.0130 \text{ (kabul edilebilir tutarlılık, 0.1'den küçük).}$$

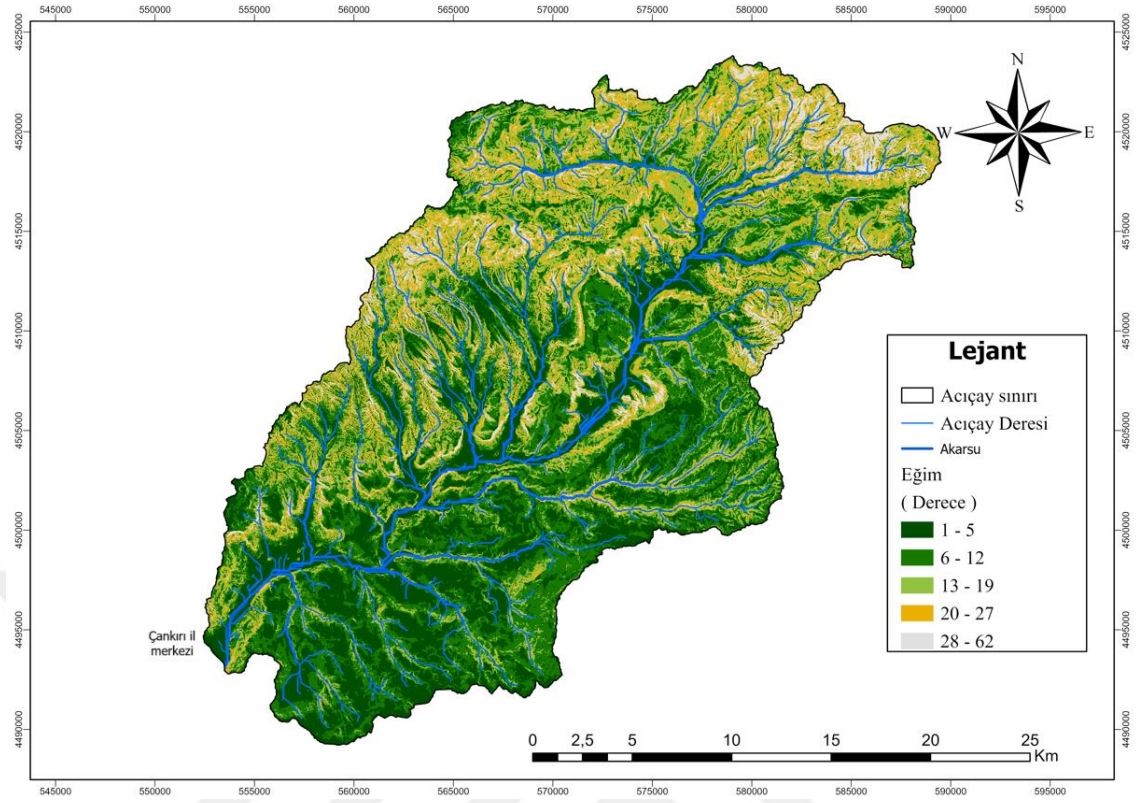
Bu şekilde, AHP hesaplamalarınızın sonuçları ile birlikte raporunuzu tamamlayabilirsiniz.

4. BULGULAR

4.1 Acıçay havzası CBS haritaları

Bu bölüm, Acıçay havzasındaki sel risklerinin ve süreçlerinin hiyerarşik analiz AHP yöntemiyle yapılan değerlendirmelerinin sonuçlarını sunmaktadır. AHP hesaplamalarına geçmeden önce, bu değerlendirme için önemli olan kriterleri görselleştiren coğrafi haritaların incelenmesiyle başlanmaktadır. Bu haritalar, çeşitli kaynaklardan elde edilen mekânsal veriler kullanılarak hazırlanmış olup, sel risklerini etkileyen coğrafi ve çevresel faktörleri görselleştirmeye olanak sağlamaktadır. Haritalar, eğim, yükseklik, yağış, Eğrisellik, akarsulara yakınlık, yön, bakı ve arazi kullanımı gibi parametreleri kapsamaktadır.

Aşağıdaki haritalar, bu parametreleri detaylı bir şekilde göstermekte olup, çalışma bölgesindeki sel risklerinin mekânsal dağılımını daha iyi kavramaya yardımcı olmaktadır.



Şekil 4.1 Acıçay Havzası eğim dağılımı haritası

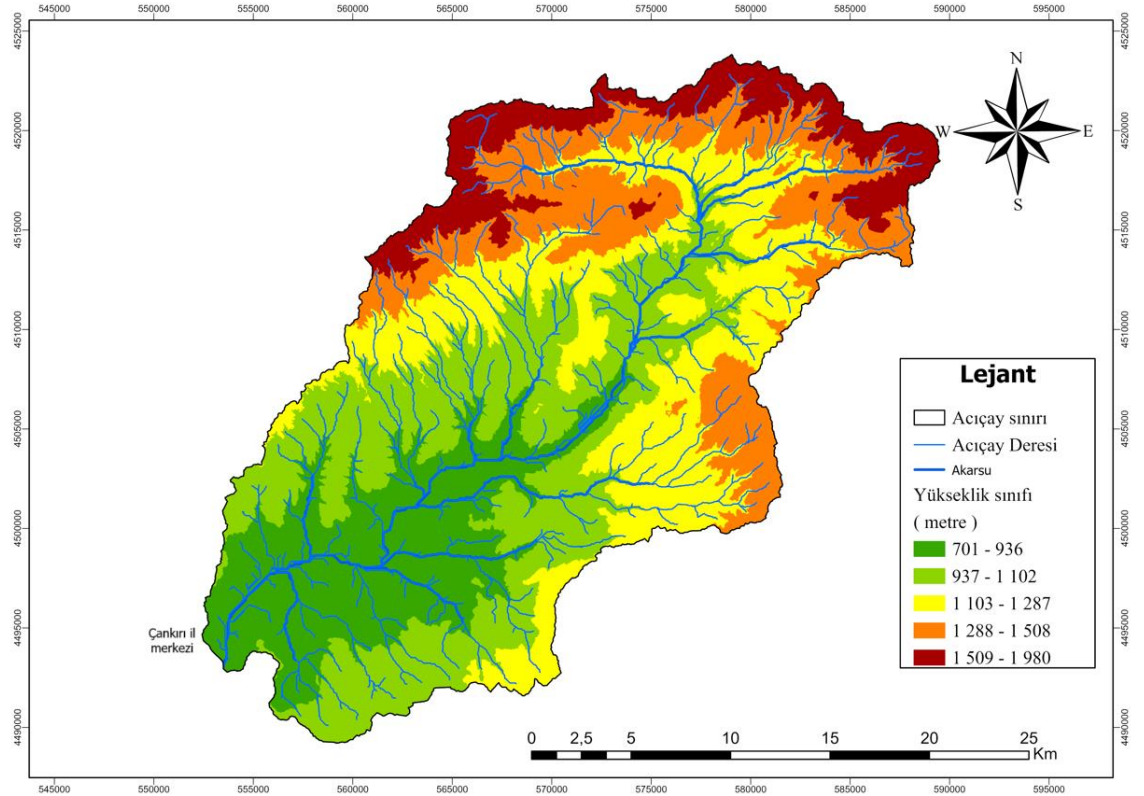
Eğim haritası, Acıçay havzasındaki arazi eğiminin değişimlerini göstermektedir. Bu parametre, sel risklerinin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir, çünkü yüksek eğime sahip bölgeler, yağmur sularının hızlı bir şekilde akmasına daha yatkındır, bu da artan yüzeysel akış ve toprak kaymalarına yol açabilir. Eğimi düşük bölgeler ise suyun daha fazla sızmasına olanak tanır, bu da hemen sel riski oluşturmaz da düzlük bölgelerde su birikintilerine yol açabilir.

Bu harita, sel ve yüzeysel akış gibi olaylara karşı en duyarlı bölgeleri görselleştirerek, özellikle yüksek eğime sahip bölgeleri vurgulamaktadır. Bu bölgeler, bu alandaki risklerin analizinde önemli belirteçlerdir.

Çizelge 4.1 Araştırma alanı eğim dağılımı

Eğim derece	Alan (ha)	Oran (%)
1-5	3939,79	5,7773
6-12	9722,56	14,2572
13-19	15056,74	22,0792
20-27	20237	29,6756
28-62	19102,56	28,0121

Yükseklik haritası, Acıçay havzasındaki yükseklik değişimlerini görselleştirmek amacıyla yüksek çözünürlüklü coğrafi veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Bu harita, yüksek ve düşük rakımlı bölgeleri belirlemeye imkan tanır ve bu, sel risklerinin değerlendirilmesinde önemlidir, çünkü yükseklik, suyun yüzeydeki akışını ve drenajını doğrudan etkiler.



Şekil 4.2 Acıçay Havzasının yükseklik dağılımı haritası

Yüksek rakımlı bölgeler daha koyu renklerle, düşük rakımlı bölgeler ise daha açık renklerle gösterilmektedir. Bu görsel, riskli bölgelerin analizini ve bunların sel riskleri üzerindeki potansiyel etkilerini gözler önüne sermektedir.

Çizelge 4.2 Araştırma alanı yükselti dağılımı

Yükseklik	Alan (ha)	Oran (%)
701-936	6608,68	9,6910
937-1102	11677,31	17,1236
1103-1287	13758,06	20,1748
1288-1508	16225,28	23,7928
1509-1980	19924,56	29,2174

Yağış haritası, Acıçay havzasındaki yağış miktarlarını görselleştirmek için meteorolojik veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Bu harita, havzanın farklı bölgelerindeki yağış yoğunluğunu göstererek, sel risklerinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek yağış miktarına sahip bölgeler, sel afeti açısından daha riskli hale gelebilir.

Yağış verilerinin daha doğru bir şekilde değerlendirilmesi için Schreiber formülü kullanılmıştır. Formül şu şekilde ifade edilir:

Schreiber Yöntemi Yağış:

Yağış+ (Yükseklik-İstasyon Yükseltisi)*54)/100. Her 100 metrede bir yağış 54mm artar.

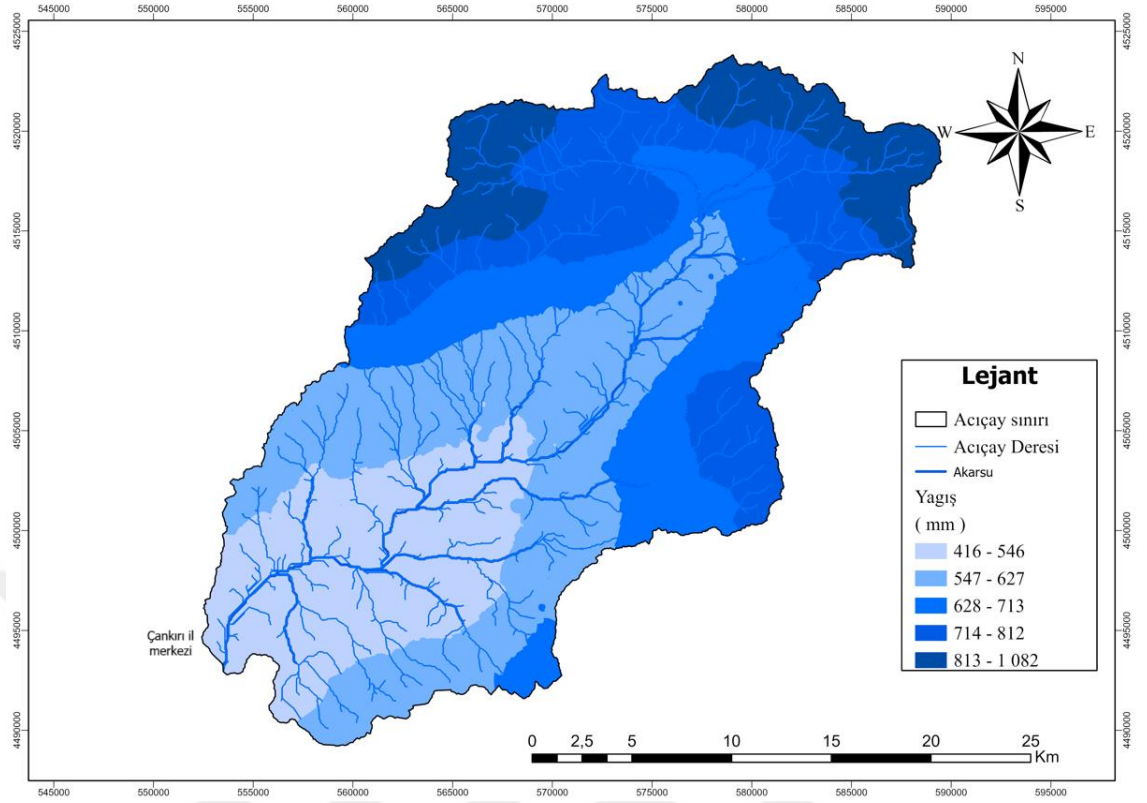
Burada:

Yağış: Bölgedeki yağış miktarını,

Yükseklik: İlgili bölgenin yüksekliğini,

İstasyon Yüksekliği: Yağış ölçüm istasyonunun yüksekliğini ifade eder.

Bu formül, yağış verilerinin bölgenin yüksekliğine göre ayarlanmasını sağlar ve sel oluşum risklerini daha doğru bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olur.



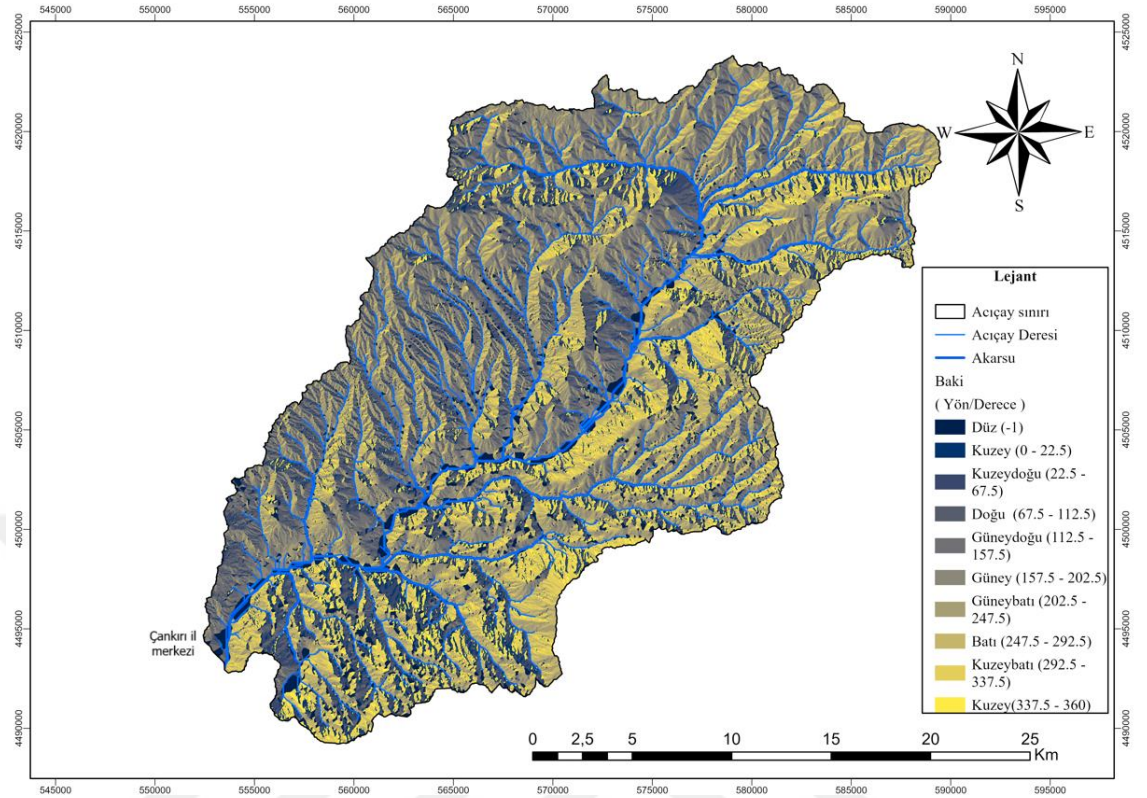
Şekil 4.3 Acıçay Havzanının yağış dağılımı haritası

Yoğun yağış alan bölgeler daha koyu renklerle, az yağış alan bölgeler ise daha açık renklerle gösterilmiştir. Bu görsel, yağışların havza üzerindeki etkisini daha net bir şekilde anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Çizelge 4.3 Araştırma alanı yağış dağılımı

Yağış (mm)	Alan (ha)	Oran (%)
416-546	14262,47	20,9145
547-627	20034,48	29,3786
628-713	13140,9	19,2698
714-812	12614,04	18,4973
813-1082	8142,06	11,9395

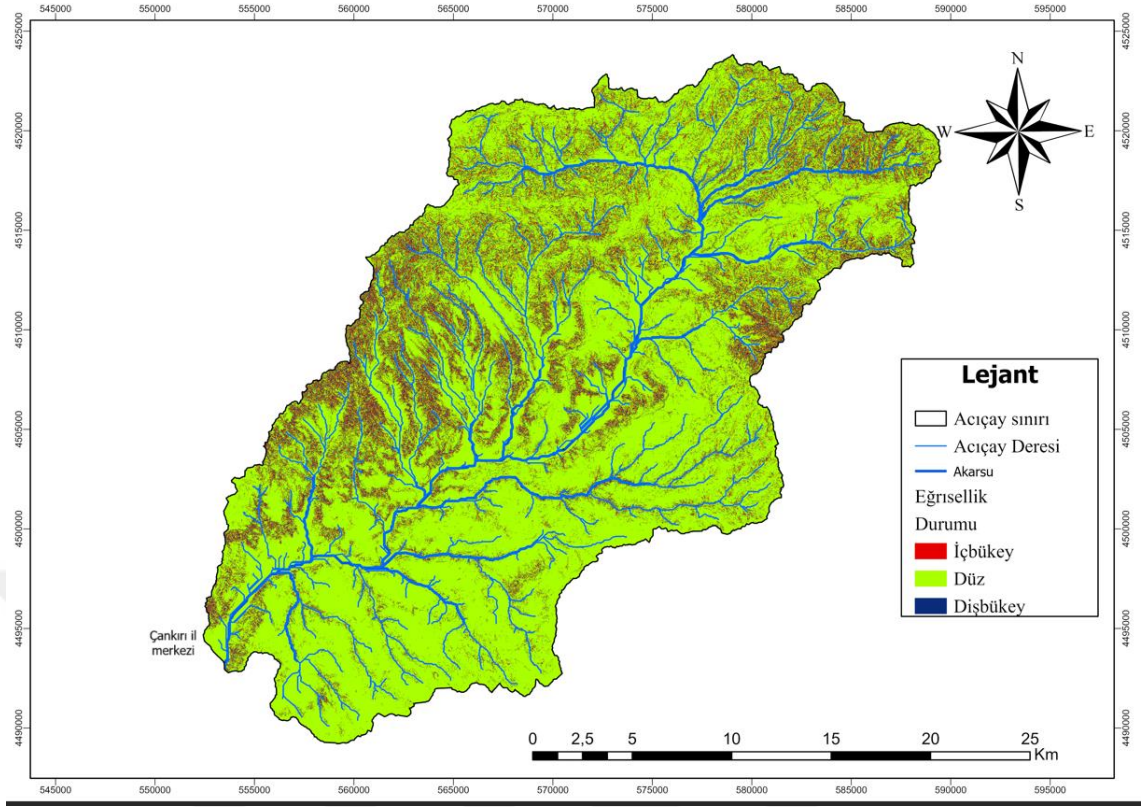
Bakı (Yön/Derece) haritası, Acıçay havzasındaki eğimlerin yönünü görselleştirmek amacıyla oluşturulmuştur. Bu parametre, eğimin yönü suyun yüzeydeki akışını etkileyebileceğinden, sel risklerini değerlendirmede önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 4.4 Acıçay Havzasının bakı dağılımı haritası

Farklı bakılara sahip bölgeler, belirgin renklerle gösterilmiştir, bu da suyun akış hızının eğim ve bakısına bağlı olarak nasıl değişebileceğini analiz etmeyi kolaylaştırır. Bu harita, bakıya bağlı olarak daha fazla sel riski taşıyan bölgeleri belirlemeye yardımcı olmaktadır.

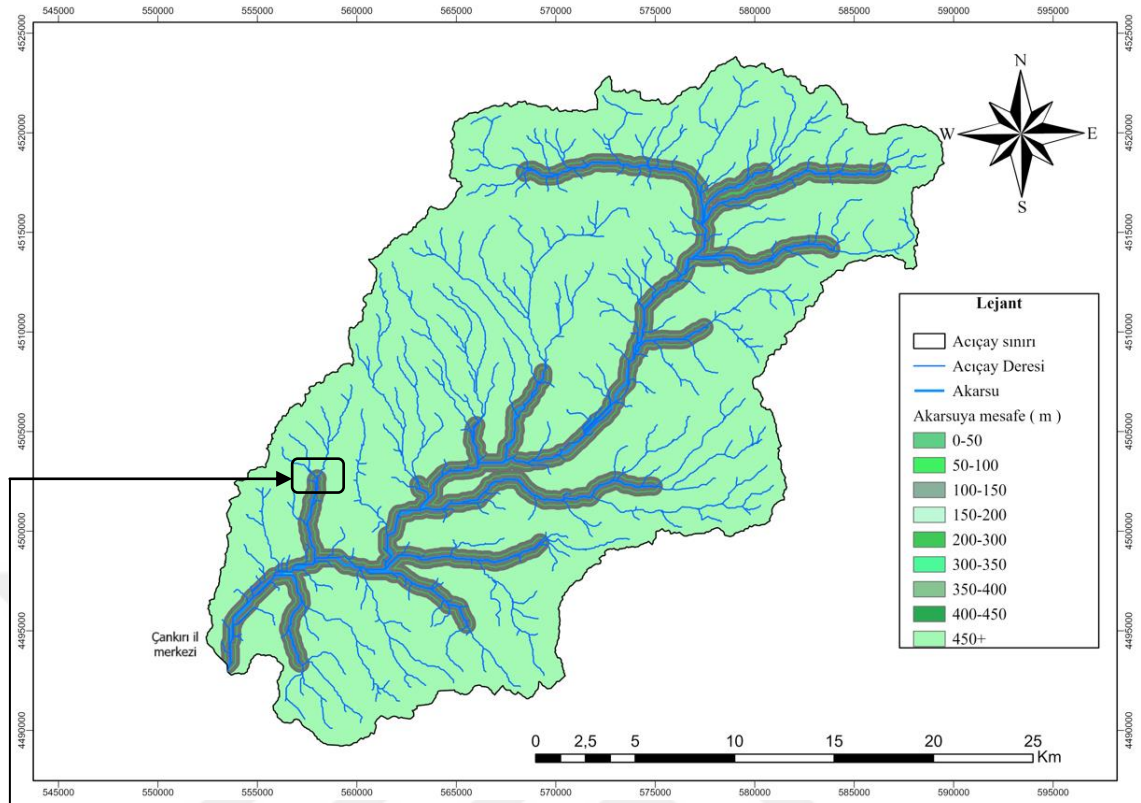
Eğrisellik haritası, Acıçay havzasındaki arazinin eğrilik değişimlerini görselleştirmek amacıyla oluşturulmuştur. Bu parametre, arazinin eğriliği suyun akışını etkileyebileceğinden, sel risklerinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Daha belirgin eğriliklere sahip bölgeler, suyun daha hızlı bir şekilde birikmesine neden olabilir.



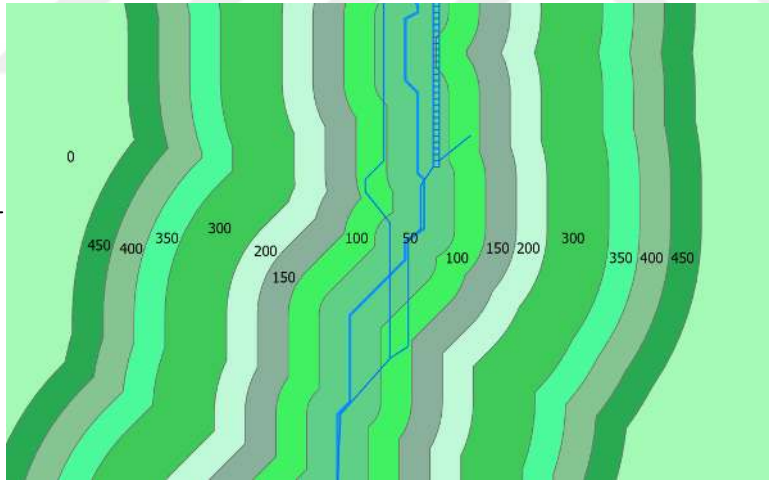
Şekil 4.5 Acıçay Havzanın eğrisellik haritası haritası

Yüksek eğrilige sahip bölgeler, belirgin renklerle gösterilmiştir, bu da arazinin şekli itibariyle suyun akışının nasıl değişebileceğini veya yavaşlayabileceğini anlamayı kolaylaştırır. Bu harita, arazinin eğriligi nedeniyle daha yüksek sel riski taşıyan bölgeleri değerlendirmeye yardımcı olmaktadır.

Akarsuya yakınlık haritası, Acıçay havzasındaki akarsulara yakın bölgeleri görselleştirmek amacıyla oluşturulmuştur. Bu parametre, sel risklerinin değerlendirilmesinde çok önemlidir çünkü akarsulara yakın bölgeler, özellikle yoğun yağışlar sırasında sel olaylarına daha yatkın olabilir.



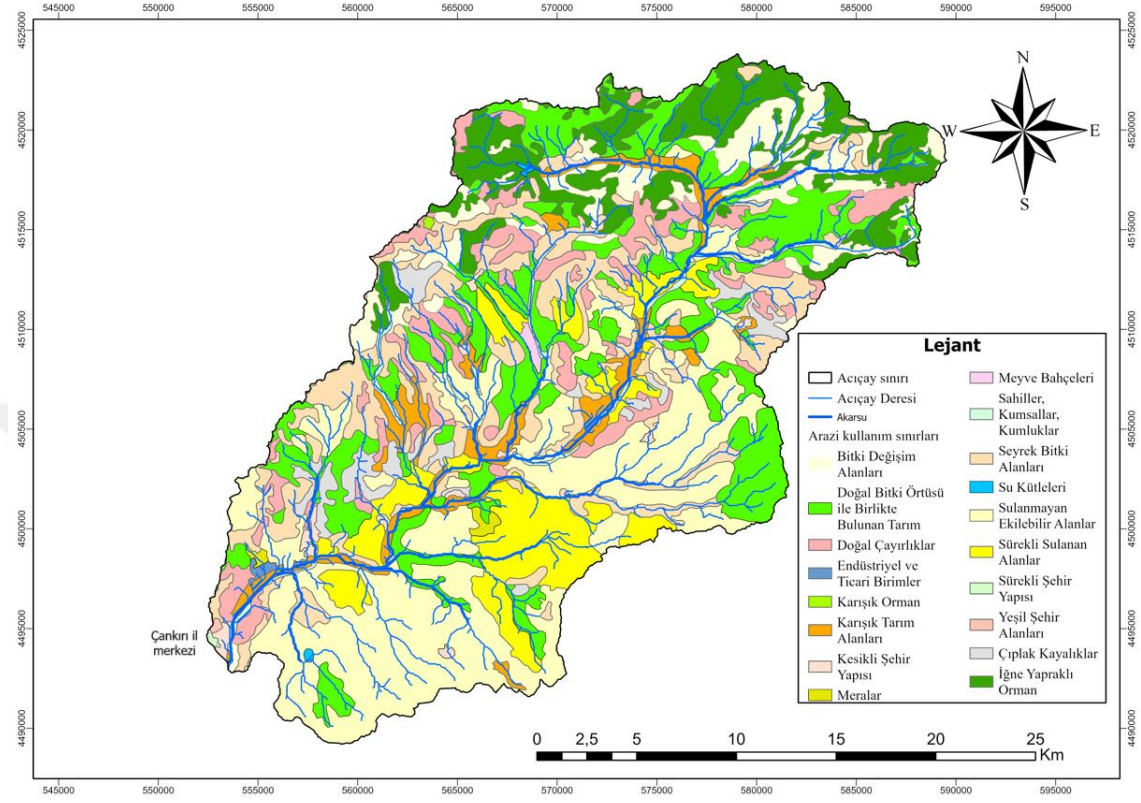
Şekil 4.6 Acıçay Havzanının akarsu kıyı kenar durumu haritası



Akarsulara yakın bölgeler, daha canlı renklerle gösterilmiş, akarsulardan uzak bölgeler ise daha soluk renklerle belirtilmiştir. Bu harita, akarsulara yakın bölgelerin sel riski taşıyan bölgeler olarak belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Arazi kullanımı haritası, Acıçay havzasındaki farklı arazi kullanım türlerini görselleştirmek amacıyla oluşturulmuştur. Bu parametre, sel risklerinin

değerlendirilmesinde önemlidir çünkü kentler, tarım veya orman alanları, yağışlar, suyun akışı karşısında farklı şekilde tepki verebilir.



Şekil 4.7 Acıçay Havzanının Arazi kullanımı haritası

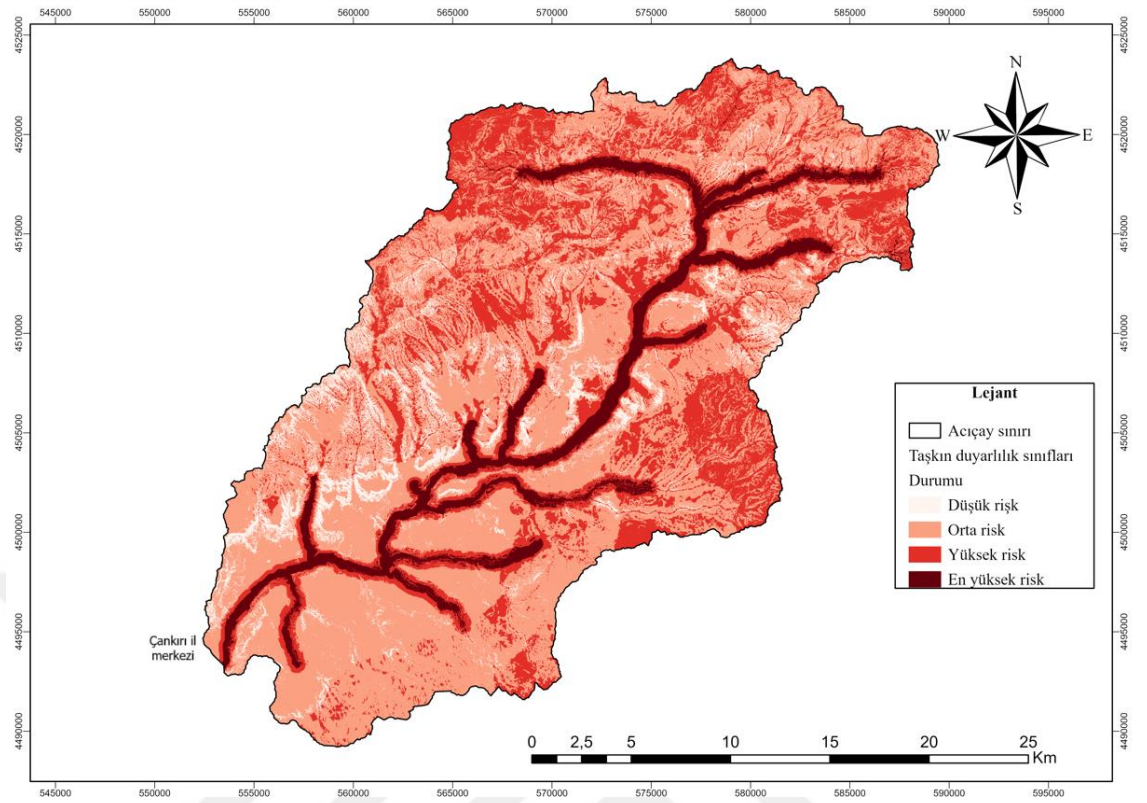
Farklı arazi kullanım kategorileri, belirli renklerle gösterilmiştir. Örneğin, kentsel alanlar, zemin sertleşmesi nedeniyle sel riskine daha yatkın olabilirken, ormanlık alanlar suyun emilmesine yardımcı olarak sel risklerini azaltabilir. Bu harita, arazi kullanımının havzadaki sel riskleri üzerindeki etkisini daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Çizelge 4.4 Araştırma alanı arazi kullanım dağılımı

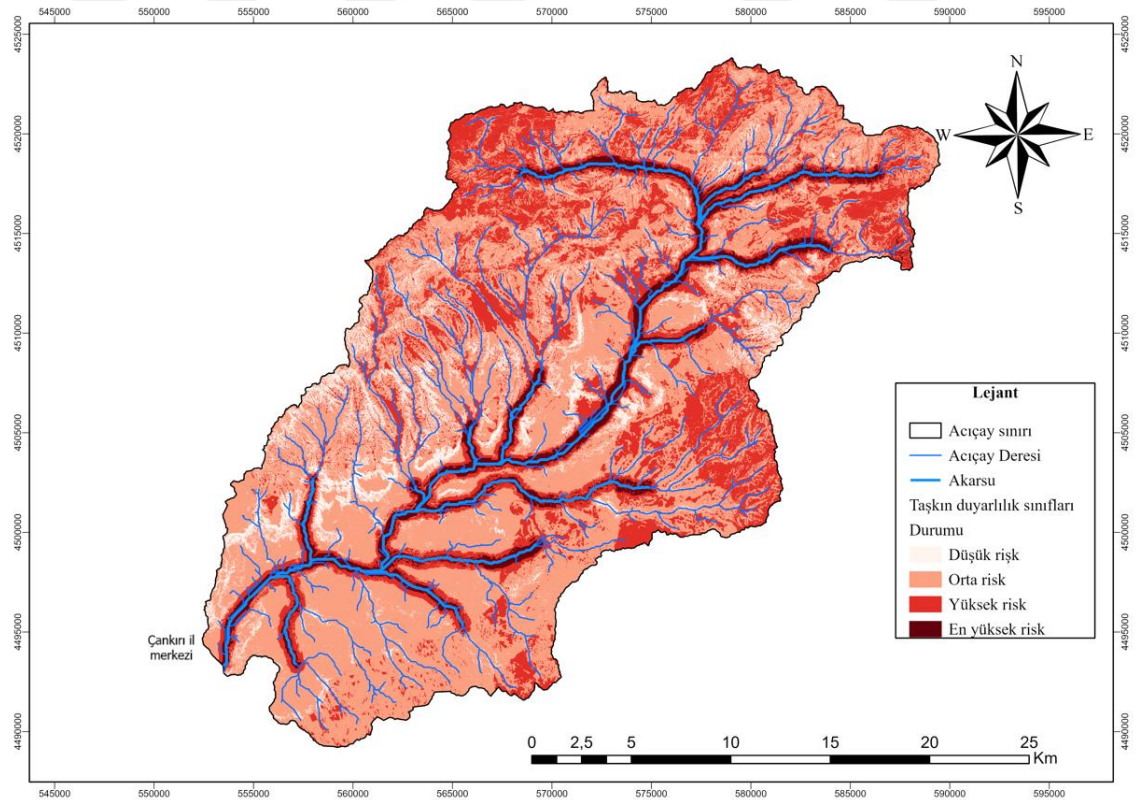
Arazi Türü	Alan (ha)	Oran (%)
Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	16732,7016	24,5369
Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım	11957,1191	17,5339
Seyrek Bitki Alanları	9409,3857	13,7979
İğne Yapraklı Orman	7379,1599	10,8208
Sürekli Sulanan Alanlar	6009,4627	8,8123
Doğal Çayırliklar	5286,6351	7,7523
Bitki Değişim Alanları	4417,2651	6,4775
Karışık Tarım Alanları	3406,5073	4,9953
Çıplak Kayalıklar	1848,0613	2,7100
Sahiller, Kumsallar, Kumluklar	740,6196	1,0860
Kesintili Şehir Yapısı	478,8929	0,7022
Meralar	185,4371	0,2719
Meyve Bahçeleri	110,9395	0,1626
Endüstriyel ve Ticari Birimler	87,3798	0,1281
Su Kütleleri	58,7512	0,0861
Yeşil Şehir Alanları	29,4459	0,0431
Sürekli Şehir Yapısı	29,2821	0,0429
Karışık Orman	26,9048	0,0394

4.2 Taşkın riski

Bu harita, Acıçay havzasındaki sel riski değerlendirmesinin nihai sonucunu ifade etmektedir ve bu çalışmada analiz edilip ölçülen kriterleri dikkate alır. Eğim, yükseklik, yağış, eğrilik, su yollarına yakınlık, eğim yönü ve arazi kullanımı gibi temel faktörler entegre edilmiştir. Bu analiz, sel riskine en hassas bölgeleri belirlemeye imkan tanımış ve böylece risk yönetimi ve müdahale için sağlam bir temel sunmuştur. Bu harita, sonuçların ve pratik sonuçların tartışılmasına başlamak için bir referans noktası olarak kullanılacaktır.



Şekil 4.8 Acıçay Havzası Taşkın Risk Haritası



Şekil 4.9 Acıçay Havzası Taşkın Riski Haritası ve Ana Su Yolu

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmanın Acıçay havzasındaki sel hassaslığı üzerine yaptığı analiz, Duman ve İrcan (2022) tarafından Çankırı bölgesinde yapılan çalışma ile benzerlikler göstermektedir. Her iki araştırma da, coğrafi kriterlerin ağırlıklandırılması yoluyla sel risklerini değerlendirmek ve ardından Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) çerçevesinde hassas bölgeleri analiz etmek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemini kullanmaktadır. Bu iki çalışma, farklı coğrafi bağlamlarda ancak benzer bir metodoloji uygulayarak sel duyarlılığı olan bölgeleri karşılaştırmayı mümkün kılmaktadır.

Coğrafi kriterlerin kullanımı, özellikle yükseklik, eğim, akarsulara yakınlık ve eğrilik gibi faktörler, her iki çalışmada da sabittir. Bu kriterler, bölgelerin sel riskine karşı dayanıksız olduğundan dolayı üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Ayrıca, her iki çalışma da akarsulara yakın, belirgin eğimlere ve nispeten düşük rakımlara sahip bölgelerin sel riskine karşı özellikle hassas olduğunu vurgulamaktadır. AHP'nin her iki çalışmada da uygulanması, bu kriterleri hiyerarşik olarak sıralamayı ve en hassas bölgeleri saptamayı sağlamaktadır.

Önemli bir benzerlik de kentleşmenin sel hassaslığı üzerindeki etkisinde görülmektedir. Her iki çalışma da nehir yataklarına yakın bölgelerdeki kentsel büyümenin sel riskini artırdığını ve aşırı meteorolojik olayları gerçek bir felakete dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır. Nehir yataklarının bozulması ve uygun olmayan arazi kullanımı, bu artan dayanıksız oluşunun temel nedenleridir. Bunun yanı sıra, her iki çalışma da şiddetli yağışlar ve nehir debisindeki artış gibi aşırı meteorolojik olayların yoğunlaşmasının durumu daha da kötü hale getirdiğini göstermektedir.

Duman ve İrcan (2022) tarafından Çankırı bölgesinde yapılan çalışmanın sonuçları, bölgenin %1,8'inin çok yüksek sel duyarlılığına, %16,6'sının yüksek duyarlılığa ve %32,7'sinin orta duyarlılığa sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, Acıçay havzası için yapılan bu çalışmanın bulgularına yakındır. Acıçay havzasında da bölgenin %1,8'i (259 km²) çok yüksek sel duyarlılığına, %16,6'sı (239,3 km²) yüksek duyarlılığa ve %32,7'si (471,8 km²) orta duyarlılığa sahiptir. Bu benzerlikler, farklı coğrafi ve

iklimsel özelliklere sahip bölgelerde sel risklerini değerlendirmek için AHP yönteminin ve coğrafi kriterlerin geçerliliğini göstermektedir.

Ancak, iki çalışma arasında dikkat çekici farklılıklar da bulunmaktadır. Duman ve İrcan'ın (2022) çalışması özellikle Çankırı şehir merkezine odaklanmaktadır. Burada yoğun kentleşme ve nehir yataklarının bozulması, sel duyarlılığının artmasında belirleyici faktörlerdir. Benzer şekilde, Acıçay havzası üzerine yapılan bu çalışma da nehirlerle yakın bölgelerdeki hassas alanları tespit etmektedir, ancak sonuçlar, su yönetimi ve her bölgeye özgü iklim koşulları gibi yerel özellikler nedeniyle hafif farklılıklar gösterebilir. Bu çalışmanın sonuçları, bölgenin %1,8'inin çok hassas, %16,6'sının hassas ve %32,7'sinin orta derecede hassas olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, Duman ve İrcan'ın (2022) Çankırı merkezinde gözlemlediği bulguları doğrulamaktadır.

Önerilen çözümler açısından, her iki çalışma da sel riski taşıyan bölgelerde kentleşmenin kontrol altına alınması, nehir yataklarının yönetiminin iyileştirilmesi ve koruma altyapılarının kurulmasının önemini vurgulamaktadır. Duman ve İrcan (2022), hassas bölgelerde kentleşmenin durdurulması, koruma barajlarının inşa edilmesi ve taşkınları kontrol edecek yapıların kurulması gibi tedbirler önermektedir. Bu öneriler, Acıçay havzası için yapılan bu çalışma için de geçerlidir. Bu çalışma, havzadaki sel riskini azaltmak için drenaj sistemlerinin kurulmasını ve nehir yataklarının kapasitesinin genişletilmesini önermektedir. Her iki çalışma da özellikle sel riskleri dikkate alınmadan yapılan düzenlemelerin olduğu nehir yataklarına yakın bölgelerin savunmasız olduğunu belirtmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, yerel halk sel riskleri konusunda farkındalığının artmasındaki önemi vurgulamaktadır. Bu, yüksek riskli bölgelerde risk yönetimi ve önleyici tedbirler hakkında bilgilendirme kampanyalarını içermektedir. Benzer şekilde, Duman ve İrcan'ın (2022) çalışmasında da halkın bilinçlendirilmesi ve afet riskleri hakkında eğitim programlarının uygulanması, yerel halkın dayanıksızlığını azaltmak için hayati öneme sahiptir. Her iki çalışma da uzun vadeli sel risklerini dikkate alan sürdürülebilir kentsel

planlama politikalarını önermektedir. Bu, afet boyutundaki olayların etkilerini en aza indirmek için gereklidir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları ile Duman ve İrcan (2022) tarafından Çankırı bölgesinde yapılan çalışmanın sonuçları arasında metodoloji, kullanılan kriterler ve kentleşmenin sel duyarlılığı üzerindeki etkisiyle ilgili ulaşılan sonuçlar açısından önemli benzerlikler bulunmaktadır. Her iki çalışma da sel riskine karşı hassas bölgelerin değerlendirilmesinde AHP ve CBS kullanımının önemini vurgulamaktadır.

Büyük ölçüde benzer olmakla birlikte, sonuçlarda her bölgenin yerel özelliklerine bağlı olarak bazı farklılıklar gözlemlenebilir. Bu farklılıklar, özellikle kentsel planlama, su yönetimi ve her bölgeye özgü meteorolojik koşullardan kaynaklanmaktadır. Ancak, her iki çalışmanın önerileri, sürdürülebilir kentsel planlama, nehir yataklarının proaktif yönetimi ve koruma önlemlerinin alınmasını içeren entegre bir sel risk yönetimine doğru birleşmektedir.

Bu sonuçların sel risk yönetimi ve planlamasına entegre edilmesi, bu doğal afetlerle bağlantılı can ve mal kayıplarını azaltacak ve halkın afetlere karşı daha bilinçli hale gelmesine katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim. (1996). 1996-2015, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Çankırı Orman İşletme Müdürlüğü, Yapraklı Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı
- Anonymous. (2007). Guidance on Flash Flood Management, Recent Experiences from Central and Eastern Europe. Associated Programme on Flood Management. The Associated Programme on Flood Management (APFM), The World Meteorological Organization (WMO), The Global Water Partnership (GWP).
- Ashley, R. M., Balmforth, D. J., Saul, A. J., & Blanskby, J. D. (2007). Urban flood risk management. *Environmental Management*, 37(4), 29–42.
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S., & Palutikof, J. P. (2008). Climate Change and Water. IPCC Technical Paper VI.
- Bates, P. D., Horritt, M. S., Smith, C. N., & Mason, D. (1997). Integrating remote sensing observations of flood hydrology and hydraulic modeling. *Hydrological Processes*, 11(14), 1777-1795.
- Beven, K. J., and Kirkby, M. J. (1979). A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*.
- Blasco, F., Bellan, M. F., & Chaudhury, M. U. (1992). Estimating the extent of floods in Bangladesh using SPOT data. *Remote Sensing of Environment*, 39(3), 167-178.
- Bonn, F., & Dixon, R. (2005). Monitoring flood extent and forecasting excess runoff risk with Radarsat-1 data. *Natural Hazards*, 35, 377-393.
- Booij, M. J. (2003). Decision support system for flood control and ecosystem upgrading in the Red River basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7(2), 115-122.
- Cartong. (2022). CBS bileşenleri. IM-Portal. Web sitesi. Center for Disaster
- Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W. (1988) *Applied Hydrology*. International Edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Christophe, B., et al. (2013). Le bassin versant. Agence de l'eau Loire-bretagne. cahier pédagogique n°5
- CIEau. Connaître l'eau: L'eau dans l'univers. Centre d'Information sur l'Eau. Web sitesi. <https://www.cieau.com/connaître-leau/connaître-leau/leau-dans-lunivers/>
- Çalapkulu, F. 1967. Çankırı G31d2, G31c1, G31c2 Paftaları Jeolojisi.
- Çankırı Belediyesi (2024). Coğrafi Yapı. Web sitesi. <http://www.cankiri.bel.tr/sayfa/16/cografi-yapi.php>, Son erişim tarihi: 09 Aralık 2024
- Çankırı Postası (2015). Çankırı'yı Sel Aldı. Web Sitesi. <https://www.cankiripostasi.com/> Erişim Tarihi: 29.03.2015.
- Çolak, B. (2019). Çankırı Tatlıçay Deresinin Taşkın Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi. 227 sayfa. Ankara.
- Dia, A. M., Wade, S., Deroin, J. P., Frison, P. L., Koume, J., & Rudant, J. P. (2006). Apport des données SPOT et Landsat au suivi des inondations dans l'estuaire du fleuve Sénégal. *Photointerpretation*, 2006(4), 35-46.
- Doğan, U. 2002. Çankırı Doğusunda Jips Karstlaşmasıyla Oluşan Sübsidans Dolinleri Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 22(1): 67-82, Ankara.
- Duman, N., İrcan, M. R. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çankırı Merkez İlçesinin Taşkın Duyarlılık Analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*(9): 50-66. <https://doi.org/10.46453/jader.1165963>.

- DW. (2021). Death toll mounts in devastating floods. Retrieved from Web sitesi. <https://www.dw.com/en/turkey-death-toll-mounts-in-devastating-floods/a-58848193>
- Ekolojist. Su döngüsü nedir? Ekolojist. Web sitesi. <https://ekolojist.net/su-dongusu-nedir/>
- ENESAD/CNERTA. (2024). Introduction aux SIG. Sigea.educagri.fr. Web sitesi. [\[https://sigea.educagri.fr\]](https://sigea.educagri.fr)
- EPFL. E-drologie : Chapitre 2. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Web sitesi. <https://archiveweb.epfl.ch/echo2.epfl.ch/edrologie/chapitres/chapitre2/main.html>
- Farhadi, H., & Najafzadeh, M. (2021). Flood risk mapping by remote sensing data and random forest technique. *Water*, 13(21), 3115.
- Flouzat, G., Puech, C., & Dartus, D. (2003). Les observations par satellite pour l'analyse et le suivi du fonctionnement des hydro-systèmes. *Bulletin de la SFPT*, 172, 3-10.
- Gaborit, E., et al. (2010). "Modélisation des risques d'inondation et des débits de crue."
- Garry, G., Veyret, Y. (1996). La prévention du risque d'inondation : L'exemple français est-il transposable aux pays en développement? *Cahiers Scientifiques humaines*, 32(2), 423-443.
- Gökmen, S. (2007). Tatlıçay Deresi'nde Taşkın Riski ve Kontrol Çalışmaları.
- Göl, C., Dengiz, O., Öner, N. (2007). Çankırı-Ovacıkıyla Havzası Orman Topraklarının Genel Özellikleri ve Sınıflandırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (1):1-11.
- Göl, C., Ediş, S., ve Yılmaz, H. (2017). Legal and administrative problems in watershed management in Turkey: Case of Tatlıçay watershed. *Environmental Engineering and Management Journal*, 16(12), 2685–2698.
- Hardmeyer, K. and Spencer, M. A. (2007). Using risk-based analysis and geographic information systems to assess flooding problems in an urban watershed in Rhode Island. *Environmental Management*, 17.
- Hec, D. M. (1999). Hydrologic Modeling System HEC-HMS. U.S. Army Corps of Engineers.
- Hydraulique Formation. (2014, mai). Bassin versant. Hydraulique Formation. <https://hydrauliqueformation.blogspot.com/2014/05/bassin-versant.html>
- IPCC. 20221. Climate Change 2021- the Physical Science basis. IPCC Sixth Assessment Report, Working Group 1: The Physical Science Basis.
- Joliveau, T. (1994). Composantes des SIG. ARRAA.Web sitesi. https://www.arraa.org/sites/default/files/media/documents/journees_techniques/1-guillaume_fantino_0.pdf
- Ketin, İ. (1963).1: 500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Kayseri Explanatory text of the the geological map of Turkey. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü yayınlarından.
- Khanna, S., et al. (2006). Applications of Remote Sensing and GIS Technologies in Flood Risk Management. *Disaster Preparedness Review*.
- Kılıçer, Ü. ve Özgüler, H. (2002). Türkiye'de Taşkın Durumu. *TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri*, s. 420-421-422, 142-144.
- Kundzewicz, Z. W., & Takeuchi, K. (2007). Flood protection and management: quo vadimus? *Hydrological Sciences Journal*, 47(5), 797-810.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2019). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (15. baskı). Pearson.

- Maidment, D.R.(1993). Handbook of Hydrology Web sitesi. <http://www.gbv.de/dms/hebis-mainz/toc/025009397.pdf>
- Malkoç, F. Ö., Yıldız, M., & Malkoç, Y. (2008). Solaklı Deresi Havzası İçin Taşkın Hidrolojisi Çalışmaları. Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı, Trabzon, s.89-100.
- Marinelli, L., Michel, R., & Beaudoin, A. (1997). Flood mapping using ERS tandem coherence image: A case study in southern France. In Proceedings of the Third ERS Symposium (Vol. 1, pp. 531-536). ESA SP-414.
- Masson, M., Garry, G., & Ballais, J. L. (1996). Cartographie des zones inondables : Approche hydrogéomorphologique du risque. Paris: Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Équipement.
- Meteorolojik Arşiv Çankırı Web sitesi.<https://www.meteoblue.com/tr> Erişim Tarihi. 9.12.2024
- Meyer, C., Geldreich, P., & Yesou, H. (2001). Apport des données simulées SPOT 5 pour l'évaluation des dégâts de tempête dans la forêt de Haguenau (Alsace, France). In Conférence SPOT 5 « Vers de nouvelles applications » (pp. 1-10). Toulouse, France.
- Meyer, V., et al. (2009). Multi-criteria analysis for flood risk management. Journal of Risk Assessment.
- Nicholls, R., and Cazenave, A.,(2010). Sea-Level Rise and Its Impact On Coastal Zones. SpecialSection. 328(5985):1517-20.
- O'Brien, J. A., & Marakas, G. M. (2011). Management Information Systems (10. baskı). McGraw-Hill.
- OCHA (2024). Flooding Situation Overview in West and Central Africa.
- Oi, H., Higaki, D., Yagi, H., Usuki, N., Yoshino, K. (2014). Report of the investigation of the flood disaster that occurred on May 5, 2012 along the Seti River in Nepal. International Journal of Erosion Control Engineering, 7(4), 11-117.
- Oral, V., Koike, K., & Yenigün, O. (2005). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Bartın ve Silifke Göksu Nehri Havzalarında Görülen Taşkınların Analizi için Kullanımı. I. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Ankara, 45–353.
- Oriol, P, 2023. Le cycle de l'eau: étapes et importance du processus. Web sitesi. <https://lenergie-solaire.net/systeme-solaire/terre/cycle-de-l-eau>
- Özis, U. (2002). Historical Water Schemes in Turkey. International Journal of Water Resources Development, 12(3), 347-384.
- Parker, D. J. (2000). Floods. Routledge Hazards and Disasters Series. Routledge, p. 336.
- Philanthropy. (2024). Flooding in Europe, October 2024. Retrieved from Web sitesi. <https://disasterphilanthropy.org/disasters/2024-central-and-eastern-europe-floods/>
- Pomerol, C., Lagabrielle, Y., & Renard, M. (2018). Éléments de Géologie. Éditions du Pommier.
- Pradhan, B. (2009). Flood susceptibility mapping using GIS-based models. Journal of Environmental Management.
- Puech, C. (1995). Suivi des inondations en Afrique du Nord à l'aide de la télédétection satellitaire. In 9ème Conférence régionale afro-asiatique de la CIID (pp. 1-7). Alger, Algérie.
- Rango, A., & Salamonson, V. V. (1974). Regional flood mapping from space. Water Resources Research, 10(3), 473-484.

- Reuters. (2021). Turkey's deadly floods claim dozens of lives, dozens missing. Retrieved from Web sitesi. <https://www.reuters.com/world/middle-east/least-40-killed-turkey-flood-search-missing-continues-2021-08-14/>
- Roche, M. (1963). *Hydrologie de surface*. Paris: Gauthier-Villars.
- Sandholt, I., & Bjarne, F. (2000). Flood monitoring in the Senegal river valley: First results based on SAR PRI data. In ERS-ENVISAT Symposium: Looking down the Earth in the New Millennium (pp. 1-10). Gothenburg, Sweden.
- Schneider, T. (2000). Evaluation of multispectral radar data for the mapping of inundation dynamics in the Save flood plain (Croatia). In ERS-ENVISAT Symposium: Looking down the Earth in the New Millennium (pp. 1-10). Gothenburg, Sweden.
- Simonneaux, J., et al. (2008). "Comparaison des modèles hydrologiques pour les bassins versants.
- Smith, K., & Ward, R. (1998). *Floods: Physical processes and human impacts*. John Wiley & Sons.
- Taillefer, F. (1949). Les méandres des rivières. *L'Information Géographique*, 13(3), 120–125.
- Tegegne, Y., et al. (2017). "Applications des modèles semi-distribués pour les bassins complexes.
- Trudel, P., et al. (2017). "Réponse des bassins versants aux précipitations : étude de l'incertitude dans les modèles.
- UNESCO. (2006). World Water Assesment Programme. In *The United Nations World Water Development Report*. 21-23.
- Usul, N., (2008). Çayboğazı Havzasında Hidrolojik-Hidrolik Model ve CBS ile Taşkın Çalışması. Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiriler Kitabı,. 7-8 Ağustos, Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü XXII. Bölge Müdürlüğü, Trabzon, s.147-159.
- Velazquez, A., et al. (2015). "Comparaison des performances entre les modèles SWAT et GR4J." Apport de la variabilité spatiale des caractéristiques dans l'étude de la réponse hydrologique.
- Wade, S., Rudant, J. P., Ba, K., & Ndoye, B. (2008). Télédétection et gestion des catastrophes naturelles: applications à l'étude des inondations urbaines de Saint-Louis et du ravinement lié à l'érosion hydrique à Nioro-du-Rip (Sénégal). *Revue Télédétection*, 8(3), 203-210.
- Wang, X., and Xie, H. (2019). Remote Sensing and GIS in Water Resources and Flood Risk Management. *Water*. MDPI
- Yalçın, G., ve Akyürek, Z. (2004). Analysing Flood Vulnerable Areas With Multicriteria Evaluation. XX. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress, 12–23.
- Yesou, H., and Chastenet, P. (2000). Contribution des données d'observation de la Terre à la gestion des crues lentes. Rapport Final WP3, Programme Eau et Feu, 35.
- Yesou, H., Meyer, C., Clandillon, S., & de Fraipont, P. (2001). Apport des données simulées SPOT 5 pour la gestion du risque d'inondation. *Bulletin SFPT*, 164/165, 151-161.
- Yılmaz, M. (2012). 1958 Senesinde Çankırı'yı Vuran Sel. Web Sitesi. <https://www.cankiripostasi.com> Erişim Tarihi: 11.07.2012

- Yılmaz, A., (2015). Küresel Isınmanın Dünya Su Rezervleri Üzerindeki Etkileri. Kent Akademisi, 8(2): 63-72.
- Yüksel, M., Göl, C., Dengiz, O. (2001). Çankırı Kenbağ Orman Fidanlığı Topraklarının Arazi Değerlendirmesi. Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 12(3): 29-49.

Akademik Aktiviteler

1. (Varsa bildiri, makale, kitapta bölüm veya kitap yazılmalıdır.)