

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

ÖNSÖZ

“Değirmendere Havzası’nda İklim ve Arazi Kullanım Değişimlerinin Etkisi Dikkate Alınarak Taşkın Yayılım Haritalarının Tahmini” başlıklı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora tezimin danışmanlığını üstlenerek bilimsel önerileri ile bana yol gösteren, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, değerli hocam Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’e, tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu ilgi, anlayış, hassasiyet ve hoşgörülerinden dolayı sayesinde emin adımlarla gittiğim bu yolda kendisine şükranlarımı sunarım. Doktora tez komitesi hocalarım Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN ve Doç. Dr. Tuğçe ANILAN’a; Prof. Dr. Adem BAYRAM ve Öğr. Gör. Dr. Hülya BOĞUŞLU ÖZTÜRK’e tez süresince destekleri için teşekkür etmeyi borç bilirim. Bu çalışmanın eser haline getirilmesinde fikir, öneri ve tecrübeleriyle büyük katkılar sunan Prof. Dr. İbrahim YÜKSEL ve Prof. Dr. Veli SÜME’ye minnet ve şükranlarımı sunmayı borç bilirim. Tüm DSİ 22. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına ve HEC-RAS programı ile ilgili tecrübelerinden faydalandığım çok değerli Arş. Gör. Hasan Oğulcan MARANGOZ’a gönülden teşekkür ederim.

Son olarak, bugüne kadar özveri ile beni yetiştiren, gerek özel gerekse eğitim hayatım boyunca varlıklarıyla her daim bana güç veren sevgili annem Handan ABDOLLAHZADEH ve babam Eynollah JOUDI SANI’ye sonsuz şükranlarımı sunarım.

Saeid JOUDI SANI

Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Değirmendere Havzası’nda İklim ve Arazi Kullanım Değişimlerinin Etkisi Dikkate Alınarak Taşkın Yayılım Haritalarının Tahmini” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/03/2025

Saeid JOUDI SANI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	IX
SUMMARY.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.3. Literatür Araştırması.....	3
1.3.1. Hidrolojik ve Hidrolik Modelleme Çalışmaları.....	3
1.3.2. Arazi Kullanımı Değişikliklerine Yönelik Çalışmalar.....	5
1.4. Kullanılan Programlar.....	7
1.4.1. EasyFit 5.6 Programı.....	7
1.4.2. EViews 10 Programı.....	7
1.4.3. ENVI Programı.....	8
1.4.4. TerrSet Programı.....	8
1.4.5. HEC-RAS Programı.....	8
1.5. Noktasal Taşkın Frekans Analizi.....	8
1.5.1. Kullanılan Dağılımlar.....	9
1.5.2. Uygunluk Testleri.....	10
1.6. Uzaktan Algılama.....	11

1.6.1. Uydu Görüntüleri	12
1.6.2. Sayısal Görüntü İşleme	12
1.6.3. Arazi Sınıflandırılması	12
1.6.4. Doğruluk Analizi.....	12
1.7. Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü	13
1.7.1. Arazi Kullanımı / Örtüsü Değişimi.....	13
1.7.2. Arazi Örtüsü Değişim Analizi	13
1.7.3. Kentsel Alanların Büyümesi.....	13
1.7.4. Gelecekteki Arazi Kullanım Modelinin Tahmini	14
1.8. Taşkın Haritaları.....	15
1.8.1. Etkin Parametreler.....	16
1.8.2. Kullanılan Hidrodinamik Modeller.....	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	19
2.1. Yapılan Çalışmaların Akış Diyagramı.....	19
2.2. Çalışma Alanı.....	20
2.3. Kullanılan Veriler.....	23
2.3.1. Debi Verileri.....	24
2.3.2. Birim Hidrograf Verileri.....	25
2.3.3. İklim Değişimi Verileri	26
2.3.4. Arazi Kullanımı Verileri.....	26
2.4. Taşkın Frekans Analizi.....	28
2.4.1. Noktasal Taşkın Frekans Analizi.....	28
2.4.2. Taşkın Debilerinin Çalışma Alanına Taşınması.....	28
2.5. Akım Hidrograflarının Elde Edilmesi.....	29
2.6. Arazi Kullanımı Değişimi.....	29
2.6.1. Yapılan Düzeltmeler.....	30
2.6.2. Görüntü Zenginleştirme.....	31
2.6.3. Görüntü Kullanılarak Arazi Sınıflandırılması.....	32

2.6.4. Doğruluk Analizi	32
2.7. Arazi Kullanımı Modellemesi	33
2.8. Taşkın Yayılım Haritaları	33
2.9. HEC-RAS (2B) Modeli ile Taşkın Modellemesi.....	33
2.9.1. HEC-RAS (2B) Programına DEM Haritasının Aktarılması.....	34
2.9.2. Hesap Ağlarının Oluşturulması.....	34
2.9.3. Pürüzlülük Katsayısının Tanımlanması.....	34
2.9.4. Memba ve Mansaptaki Sınır Şartlarının Tanımlanması.....	35
2.9.5. HEC-RAS (2B) Model'in Analiz Edilmesi.....	35
2.10. Arazi Sınıflandırması.....	37
3. BULGULAR VE İRDELEME.....	38
3.1. Taşkın Debilerinin Tahmini Bulguları.....	38
3.1.1. Noktasal Taşkın Frekans Analizi Bulguları.....	38
3.1.2. Taşkın Debilerinin Çalışma Alanına Taşınması Bulguları.....	38
3.2. Akım Hidrografi Bulguları.....	41
3.3. Arazi Sınıflandırması Bulguları.....	42
3.4. Taşkın Yayılım Haritaları Bulguları.....	43
3.4.1. İncelenen Parametreler.....	43
3.4.2. Yayılım Alanı Bulguları.....	45
3.4.3. Su Derinliği Bulguları.....	45
3.4.4. Ortalama Su Hızı Bulguları.....	54
3.4.5. Su Derinliği*Ortalama Su Hızı Bulguları.....	63
3.4.6. Varış Zamanı Bulguları.....	72
3.5. İrdeleme.....	81
3.5.1. Giriş.....	81
3.5.2. Yayılım Alanına (A) Etkileri.....	81
3.5.3. Su Derinliğine (d) Etkileri.....	82

3.5.4. Ortalama Su Hızına (V) Etkileri.....	83
3.5.5. Su Derinliği*Ortalama Su Hızı (d*V) Değerlerine Etkileri.....	83
3.5.6. Varış Zamanına (t) Etkileri.....	83
3.5.7. Genel Değerlendirme.....	83
4. SONUÇLAR.....	85
5. ÖNERİLER.....	86
6. KAYNAKLAR.....	87
7. EKLER.....	95
ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

DEĞİRMENDERE HAVZASI'NDA İKLİM VE ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMLERİNİN ETKİSİ DİKKATE ALINARAK TAŞKIN YAYILIM HARİTALARININ TAHMİNİ

Saeid JOUDI SANI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2025, 94 Sayfa, 9 Sayfa Ek

Bu çalışmada, iklim ve arazi kullanımı değişimleri etkileri dikkate alınarak, büyük taşkınlar maruz kalan Türkiye'nin Doğu Karadeniz Havzası'nda, Trabzon İli'nin güneyinde yer alan Değirmendere Havzası'nın mansabında meydana gelmesi muhtemel taşkınlar ve bu taşkınlar ait haritalar tahmin edilmiştir. Değirmendere Havzası üzerindeki Akım Gözlem İstasyonunun (AGİ) yıllık maksimum debileri için en uygun dağılım belirlenmiş, bu dağılıma göre 100, 200, 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debileri (Q_T) tahmin edilmiş ve Q_T/Q_{ort} değerleri ve aşılmama olasılığı (F) arasında bir ilişki elde edilmiştir. Değirmendere Havzası için Q_T/Q_{ort} ve F arasında elde edilen denklem ve 2040 ve 2070 ve 2100 yılları için iklim değişimi dikkate alınmış ortalama debiler (Q_{ort}) ile çeşitli tekerrür süreli debiler (Q_T) tahmin edilmiştir. Havzanın 2040 ve 2070 ve 2100 yılları için 100 ve 200 ve 500 ve 1000 yıl tekerrürlü tahmini taşkın debileri kullanarak akım hidrografi tahmin edilmiştir. 2000 ve 2023 yıllarına ait uydu görüntüleri yardımıyla 2040, 2070 ve 2100 yıllarına ait arazi kullanım haritaları tahmin edilmiştir. Daha sonra hidrograf ve arazi kullanım değerleri kullanılarak, belirlenen tekerrür süreleri ve yıllar için, taşkın hasarları üzerinde etkin olan taşkın parametreleri (yayılım alanı, su derinliği, ortalama su hızı, derinlik*hız ve varış zamanı) tahmin edilerek bu parametrelerin değişimleri incelenmiş ve haritalandırılmıştır. Sonuç olarak, taşkın tekerrür süresi büyüdükçe ve yıllar ilerledikçe varış zamanında azalma, diğer parametrelerde ise artış olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Değirmendere Havzası, Taşkın haritaları, İklim ve Arazi kullanım değişimi

PhD. Thesis

SUMMARY

ESTIMATION OF FLOOD EXTENT MAPS BY TAKING INTO ACCOUNT THE IMPACT OF CLIMATE AND LAND USE CHANGES IN DEĞİRMENDERE BASIN

Saeid JOUDI SANI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2025, 94 pages , 9 pages Appendix

In this study, considering the effects of climate and land use changes, the possible floods and maps of these floods downstream of Değirmendere Basin located in the south of Trabzon Province in the Eastern Black Sea Basin of Turkey, which is subject to major floods, were estimated. The most appropriate distribution for the annual maximum flows of the Stream Gauge Station (AGI) on Değirmendere Basin was determined, flood flows (Q_T) with 100, 200, 500 and 1000 yearly return periods were estimated according to this distribution and a relationship between Q_T/Q_{mean} values and the probability of non-exceedance (F) was obtained. The equation obtained between Q_T/Q_{mean} and F for Değirmendere Basin and the average flows (Q_{mean}) and various return period discharges (Q_T) for the years of 2040, 2070 and 2100, considering climate change, were estimated. The stream hydrograph of the basin for the years 2040 and 2070 and 2100 was estimated by using 100 and 200 and 500 and 1000 yearly return periods estimated flood discharges. With the help of 2000 and 2023 satellite images, land use maps for the years 2040, 2070 and 2100 were estimated. Then, using the hydrograph and land use values, flood parameters (extent, water depth, mean water velocity, depth*velocity and arrival time) that are effective on flood damages were estimated for the determined return periods and years, and the changes of these parameters were analyzed and mapped. As a result, it was concluded that as the flood return period increases and the years progress, there will be a decrease in arrival time and an increase in other parameters.

Keywords: Degirmendere Basin, Flood maps, Climate and Land use change

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yapılan çalışmaların akış diyagramı.....	19
Şekil 2. Değirmendere Havzası.....	21
Şekil 3. Çalışma alanı.....	22
Şekil 4. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli ve akarsu haritası.....	23
Şekil 5. Değirmendere Havzası'nın birim hidrografı.....	26
Şekil 6. Değirmendere Havzası mansabı ve çalışma alanının uydu görüntüleri.....	27
Şekil 7. Zenginleştirilmiş uydu görüntüleri.....	31
Şekil 8. Arazi sınıflandırması tahmini akış şeması.....	37
Şekil 9. 2020 ve 2023 yıllarına ait arazi sınıflandırması haritaları.....	42
Şekil 10. Tekerrür süresine göre su derinlikleri (m)	46
Şekil 11. Yıllara göre su derinlikleri (m)	50
Şekil 12. Tekerrür süresine göre ortalama su hızları (m/s)	55
Şekil 13. Yıllara göre ortalama su hızları (m/s).....	59
Şekil 14. Tekerrür süresine göre ortalama su hızı*su derinliği değerleri (m^2/s)	64
Şekil 15. Yıllara göre ortalama su hızı*su derinliği değerleri (m^2/s)	68
Şekil 16. Tekerrür süresine göre varış zamanı değerleri (saat)	73
Şekil 17. Yıllara göre varış zamanı değerleri (saat)	77

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Ögütli Akım Gözlem İstasyonuna ait yıllık maksimum debiler.....	24
Tablo 2. Doğu Karadeniz Havzasına ait ortalama debi ve alan verileri.....	25
Tablo 3. Landsat görüntülerine ait teknik bilgiler.....	27
Tablo 4. Arazi örtüsü ve kullanımı sınıfları ve temsil ettikleri alanlar.....	32
Tablo 5. Çeşitli tekerrür süreli taşkın debileri.....	38
Tablo 6. Kullanılan denklemlerin sonuçları.....	39
Tablo 7. Farklı aşılma olasılıklarına göre Q_T / Q_{ort} değerleri.....	40
Tablo 8. $Q_T/Q_{ort} - F$ ilişkisi için önerilen denklemlerin özeti.....	40
Tablo 9. İklim değişimi dikkate alınmış taşkın tahminlerinin sonuçları.....	41
Tablo 10. 2040 (P1) yılı ve 100 yıllık tekerrür süresi için taşkın hidrografi.....	42
Tablo 11. Arazi sınıflandırma bulguları.....	43
Tablo 12. 2040 ve 2070 ve 2100 yılları arazi sınıfları.....	43
Tablo 13. Taşkın yayılım alanları (hektar)	45
Tablo 14. Tekerrür süresine göre su derinlikleri (m)	48
Tablo 15. Yıllara göre su derinlikleri (m)	52
Tablo 16. Tekerrür süresine göre ortalama su hızları (m/s)	57
Tablo 17. Yıllara göre ortalama su hızları (m/s)	61
Tablo 18. Tekerrür süresine göre su derinliği*ortalama su hızları (m^2/s)	66
Tablo 19. Yıllara göre ortalama su hızı*su derinliği değerleri (m^2/s)	70
Tablo 20. Tekerrür süresine göre varış zamanı değerleri (saat)	75
Tablo 21. Yıllara göre varış zamanı değerleri (saat)	79

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

∇	: Nabla Operatörü
σ, β	: Dağılım Parametreleri
μ, γ	: Dağılım Parametreleri
k	: Kappa Katsayısı
r	: Korelasyon Katsayısı
u , v	: Sırasıyla x,y Eksenlerindeki Hız
RH	: Rölatif Hata
1B	: 1 Boyutlu
2B	: 2 Boyutlu
3B	: 3 Boyutlu
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
BH	: Birim Hidrograf
CA	: Hücresel Otomat
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CDF	: Kümülatif Dağılım Fonksiyonu
CN	: Eğri Numarası
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
DEM	: Digital Elevation Model
DKH	: Doğu Karadeniz Havzası
DN	: Digital Number
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
ETM	: Enhanced Thematic Mapper
EV1	: Ekstrem-Değer Tip I Dağılımı
F	: Aşılmama Olasılığı
GEV	: Genelleştirilmiş-Ekstrem Değer
GLO	: Genelleştirilmiş Lojistik
GPA	: Genelleştirilmiş Pareto
HEC	: Hydrologic Engineering Center

HEC-RAS	: Hydrologic Engineering Center-River Analysis System
LB	: Log Boughton
LCM	: Land Change Modeler
LN	: Lognormal Dağılım
LN3	: Lognormal Tip III Dağılımı
LPE3	: Log-Pearson Tip III Dağılımı
LULC	: Land Use/Land Cover
MSS	: Multispectral Scanner System
MGİ	: Meteoroloji Gözlem İstasyonu
NASA	: Space Agency of North America
OLI	: Operantional Land Imager
OYF	: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
PE3	: Pearson Tip III Dağılımı
Q_{ort}	: Ortalama Debi
Q_p	: Pik Debi
Q_T	: T Yıllık Tekerrür Süreli Debi
RAS	: River Analysis System
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TIRS	: Thermal Infrared Sensor
UA	: Uzaktan Algılama
USACE	: United States Army Corps of Engineers
USGS	: United States Geological Survey
UTM	: Universal Transform Mercator
YSA	: Yapay Sinir Ağları

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Taşkınlar, çeşitli sebeplerle akarsu yatağındaki suyun yatak seviyesini aşması sonucu oluşan doğal afetlerdir (Tu vd., 2020). Taşkın, akarsularda normalin üzerinde akış ve seviye yükselmesi meydana getirmektedir. Böylece normal şartlarda sular altında kalmayan bölgelerin üzeri sularla kaplanmaktadır. Bunun sonucunda yapılarda, tarım arazileri ve yerleşim merkezlerinde büyük hasar ve yıkımlar meydana gelmektedir (Ülke, 2003). Taşkınlar, en yaygın görülen doğal afetlerden olup meydana gelmeleri durumunda can kayıplarının yanı sıra ciddi ekonomik zararlara sebep olmaktadır (Bae vd., 2019; Azizi vd., 2021; Demir vd., 2021). Dünya çapında meydana gelen doğal afet kaynaklı hasarların büyük bir kısmını taşkınlar oluşturmaktadır (Lendering vd., 2019). Kentlerde meydana gelen taşkınlar, bölgedeki canlı yaşamı ile altyapı, üst yapı, mülkler ve çevre için büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Hussain vd., 2021).

Son yıllarda özellikle kentsel alanlarda şiddetli taşkınlar daha sık meydana gelmeye başlamıştır. Kontrolsüz kentleşme ve iklim değişikliği de bu durumu tetiklemektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar ve analizler, taşkınların şiddetinin önümüzdeki yıllarda büyümeye devam edeceğine dair öngörüler oluşturmaktadır (Rangari vd., 2019).

İnsanoğlunun zamanla doğa üzerindeki etkisinin artış göstermesine bağlı olarak arazi kullanım şekillerinde birtakım değişimler meydana gelmeye başlamıştır (Kaşıkçı vd., 2020). Her geçen gün gelişen sanayi ve teknoloji şehir nüfusundaki artışı beraberinde getirmektedir. Dünya, doğal yeşil alanların geçirimsiz yüzeylere dönüşmeye başladığı bir kentleşme sürecine girmiştir (Li vd., 2019).

Kentsel alanlarda taşkınlar genellikle aşırı şiddetli yağıştan kaynaklanan yüzey suyu taşkınlarından oluşmaktadır (Almeida vd., 2018). Geçirimsiz alan miktarı, kentleşmenin önemli bir göstergesi olup, arazinin hidrolojik tepkisi (yüzeysel akışın artması, gecikme süresinin azalması, taşkın hacminin ve pik deşarj debisinin artması ve sızmada meydana gelen azalma) ile doğrudan ilintilidir (Poudel vd., 2020). İklim değişikliğinin de etkisiyle arazi kullanımlarındaki bu değişimler, akarsu havzalarının hidrolojisini ve yağışa tepkisini değiştirmektedir (Tamaddun vd., 2019; Chen vd., 2019; Bhandari vd., 2018; Nyaupane vd., 2018). Kentleşmede meydana gelen artış, kontrolsüz yapılaşma problemini de beraberinde getirmiştir. Bu kapsamda, özellikle akarsu

yataklarına yapılan müdahaleler artmaktadır. Yapılaşmanın özellikle dere güzergahlarında yapılması sonucu dere kesit alanında daralmalar meydana gelmekte ve taşkınlar oluşmaktadır (Gülbaz, 2019).

Geçirimsiz yüzeylerin artıyor olması doğrudan su dengesini etkilemektedir (Shuster vd., 2005). Yapay yüzeylerdeki artış, konsantrasyon süresini artırarak yüzeysel akışı arttırmakta ve sızmayı zayıflatarak taşkın tekerrür aralıklarının kısalmasına sebep olmaktadır (Seto vd., 2009). Kentleşmenin fazla olduğu havzalarda, pik debi ile yüzey suyu hacminin artması ve pik debiye ulaşma süresinin azalması nedeniyle taşkın riski artmaktadır (Campana vd., 2001; Nirupama vd., 2007; Saghafian vd., 2008; Liu vd., 2014). Taşkın zararlarının azaltılması için yapılacak çalışmaların planlanması olarak tanımlanan taşkın yönetiminde taşkınların yayılım haritaları büyük bir önem arz etmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, iklim değişimi ve arazi kullanımdaki değişimlerin etkisi dikkate alınarak sahip olduğu topoğrafik ve meteorolojik şartlar sebebiyle büyük taşkınlara maruz kalan Değirmendere Havzası'nda, meydana gelmesi muhtemel taşkınların parametrelerinin tahmin edilmesi ve haritalanmasıdır.

Belirtilen amaca yönelik olarak, Doğu Karadeniz Havzası'ndaki Değirmendere Havzası yıllık maksimum akım verileri $K_i - K_{are}$ ve Anderson - Darling Test teknikleri ile EasyFit programında kullanılarak en uygun dağılım belirlenmiştir ve uygun dağılıma göre çeşitli tekerrür süreli taşkın debileri tahmin edilmiştir. Taşkın debilerini tahmin etmek için EvIEWS 10 programında çeşitli yinelenmeli taşkın debiler (Q_T) ve yıllık ortalama debiler (Q_{ort}) belirlenerek Q_T/Q_{ort} ve aşılma olasılığı (F) arasındaki denklem elde edilmiştir. İklim değişimini dikkate almak için Babacan'ın (2021) çalışmasında belirlenen mevcut (2023 yılı, M) ve $P_1 = 2040$, $P_2 = 2070$ ve $P_3 = 2100$ yılları için iklim değişimi tahminleri kullanılarak, elde edilen denklem ve M , P_1 , P_2 ve P_3 yılları için iklim değişimi dikkate alınmış debiler ile 100, 200, 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli debiler tahmin edilmiştir. Tanrıverdi'nin (2021) elde ettiği Değirmendere Havzası'nın Birim Hidrografi ve 100 ve 200 ve 500 ve 1000 yıllık tekerrür süresi ile M ve P_1 ve P_2 ve P_3 yılları için tahmini taşkın debileri kullanarak akım hidrografi tahmin edilmiştir. Öte yandan 2000 ve 2023 yıllarına ait landsat (ETM+, OLI) uydu görüntüleri temin edilmiş ENVI

yazılımında radyometrik ve atmosferik düzeltme ve ardından görüntüler üzerinden zenginleştirme ve sınıflandırma yapılmıştır. TerrSet yazılımında sınıflandırılmış görüntüler kullanılarak Markov Zincir ve Hücresel Otomat yöntemi ile 2040, 2070 ve 2100 yıllarına ait arazi kullanım (LULC) haritaları tahmin edilmiştir. Daha sonra 2023 ve 2040 ve 2070 ve 2100 yıllarına ait arazi örtüsü ve kullanım haritaları ve iklim değişimi dikkate alınmış 2023, 2040, 2070 ve 2100 yıllarına ait 100, 200, 500 ve 1000 yıllık tekerrür süreli taşkın hidrografları kullanılarak söz konusu yıllar için can ve mal kayıpları üzerinde etkin olan yayılım alanı, su derinliği, ortalama akım hızı ve pike ulaşma süresi gibi taşkın parametreleri tahmin edilmiştir. Bu tahmin ve analizler sonucunda tekerrür süresinin, iklim ve arazi kullanım değişimlerinin taşkın yayılım alanı, su derinliği, akım hızı, hız*derinlik ve pike ulaşma süreleri üzerindeki etkileri irdelenmiştir.

1.3. Literatür Araştırması

Bu bölümde, hidrolojik, hidrolik modelleme ve arazi kullanımı değişikliklerine yönelik olarak yapılan çalışmalar hakkında bilgi sunulmuştur.

1.3.1. Hidrolojik ve Hidrolik Modelleme Çalışmaları

Bu bölümde, konu ile ilgili olarak yapılan hidrolojik ve hidrolik modelleme çalışmaları ile ilgili literatür özeti sunulmuştur.

Doğanoğlu (2000), taşkın bölgesinin yoğun yerleşim alanı olarak kullanıldığı Çayboğazı Havzası için taşkın yayılım haritalarını elde etmek amacıyla HEC-RAS yazılımını AVRas ara yüz programı ile entegre etmiştir. Sonuçta, su basma haritaları ile su derinliği gridlerini elde etmiştir.

Mclin vd., (2001), Meksika'daki Pajarito Platosu'nda 100 yıl tekerrür süreli akışların sebep olabileceği taşkın alanlarını belirlemek için ArcView ve HEC bileşimi bir model kurmuşlardır. Çalışma alanının hidrolojik modellemesini HEC-HMS ile yaptıktan sonra, HECRAS hidrolik modeli ile taşkın anındaki su derinliklerini hesaplamışlardır.

Muhara (2001), Kenya'da bulunan Tanzania bölgesindeki istasyonlar için bölgesel istatistiksel dağılımları ve hidrolojik olarak homojen bölgeleri L-momentler diyagramları

yardımıyla tespit etmiştir. Homojen bölgeler ve tüm Tanzanya için doğrusal regresyon modeli belirlemiştir. Çalışmada, GLO, LN, PE3 ve GPA dağılımları uygunluk sağlamıştır.

Seçkin (2002), Seyhan ve Ceyhan Havzalarında belirli tekerrür yıllarına ait taşkın debilerini belirlemek amacıyla bölgesel taşkın frekans analizi yapmıştır. Çalışmasında, öncelikle havzaları homojen alt havzalara ayırmıştır. Sonrasında, Log-Logistic, Log Pearson Tip III, Pearson Tip III, Wakeby, Log Boughton, Gumbel ve Log Normal dağılımları için Kolmogorov-Smirnov, Cramer Von Mises ve Ki-kare testlerini uygulamıştır. Bölgenin tek olarak incelenmesi halinde elde edilen sonuçlar ile homojen alt havzalara ayrıldığı takdirde elde edilen sonuçlar arasında farklılar gözlemlenmiş, bölgesel analizin daha hassas sonuç verdiği kanaatine varılmıştır.

Seçkin vd., (2011), Türkiye’deki en az 15 yıl uzunluğundaki akım gözlem istasyonlarına ait yıllık maksimum debilere L-momentler metodunu uygulamış ve GEV dağılımının çalışma alanı için en iyi dağılım olduğunu belirlemiştir. Bu dağılıma göre çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen taşkın debilerini hesaplamıştır.

Türkkan ve Korkmaz (2015), Bursa Kaplıkaya Deresi için, ArcGIS ve HEC-RAS 4.1 yazılımını kullanmışlar ve topoğrafik verilerini ArcGIS ortamında işlemişlerdir. Çalışma sonucunda, Kaplıkaya Deresi’nin 500, 1000 ve 10.000 yıllık tekerrür süreli taşkın debilerini kullanarak HEC-RAS’ta nehir akım simülasyonu yapmışlardır.

Bayazıt ve Bakış (2015), Sakarya Havzası’nın alt havzası olan Seydisuyu Çayı için 50, 100 ve 1000 yıllık tekerrür süreli debi değerleri HEC-RAS programında analiz edilmiştir ve elde edilen sonuç gerçek arazi yapısı ile mukayese ederek taşkın sırasında oluşabilecek su seviyesinin yerleşim ve tarım alanlarındaki riski ortaya koymuşlardır.

Taş vd., (2016), Afyon Akarçay Alt Havzası’nda paket programlar aracılığıyla taşkın yayılım haritaları oluşturmuşlar ve buna bağlı olarak taşkın zarar analizi yapmışlardır. CBS sistemi olarak ArcGIS kullanılmış olup arazi modellemesi oluşturulmuştur. 2, 10, 100 ve 500 yıllık tekerrür süreli taşkın debileri için yayılım haritaları oluşturulmuştur.

Oğraş (2018), Dicle Nehri’nin Diyarbakır - Silvan karayolu ile tarihi On Gözlü Köprü arasındaki kesimde HEC-RAS ile taşkın analizi yapmıştır. Dicle Nehri üzerindeki köprülerin ve mevcut doğal kesit değişimlerinin de akıma etkisini tespit etmiş ve ayrıca oluşabilecek taşkın yayılım alanlarının güzergah üzerinde bulunan tarihi ve kritik yapılara etkisini tespit etmeye çalışmıştır.

Dere (2019), Sapanca'da bulunan Kurtköy ve Mahmudiye Deresi üzerinde çalışma yapılmıştır. Çalışmada meteorolojik veriler kullanarak ekstrem yağış ve daha sonra bu yağışlar Mockus yöntemi ile tekerrür süreli taşkın debilerine dönüştürülmüştür. HEC-RAS (2B) programında 2, 5, 10, 25, 50, 100 , 500 ve 1000 yıllık tekerrür süreli taşkın debileri kullanılmıştır. Tüm tekerrürlü taşkın debileri için taşkın yayılım haritaları, taşkın risk analizleri elde edilmiştir.

Santillan vd., (2019), Filipinler'deki Agusan Nehir Havzası'nın arazi örtüsünde meydana gelen değişiklikleri araştırmışlardır. Bu değişikliklerin, hidrolojik ve hidrolik etkilerini incelemişlerdir. 1995 yılında havzanın %67.7'sini temsil eden orman örtüsünün 2017 yılına gelindiğinde %62.8'e gerilediğini ortaya koymuşlardır. Bunun yanı sıra, %12.2'si tarım arazi olan havza için bu oran 2017 yılında %15.5'e yükselmiştir. Çalışmada elde edilen arazi örtüsü haritaları, hidrolojik modelleme için HEC-HMS'de kullanılmıştır. Arazi koşullarındaki değişimin toplam deşarj, taşkın derinliği ve taşkın yayılımlarına etkisi HEC-RAS programında 2B olarak analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçları, 1995 ve 2017 yılları arasında deşarj, taşkın derinliği ve taşkın yayılımlarında artış meydana geldiğini ortaya koymuştur.

Taşkın (2021), çalışmasında sayısal haritaların elde edilip istenen verilerin model olarak aktarılmasından sonra HEC-RAS programı ile 1 boyutlu analiz uygulayarak Doğu Akdeniz Havzası içerisinde yer alan Çeşneli Deresi alt havzası için taşkın risk haritaları oluşturmuştur.

Bakırcı (2022), İstanbul'da bulunan ve kentleşme baskısı altında olan Alibeyköy Havzası'nı araştırma alanı olarak seçerek kentleşmenin taşkınlar üzerindeki etkisini incelemiştir. HEC-RAS (2B) programı kullanılarak farklı senaryolar için elde edilen hidrolojik veriler, hidrolik modele girilmiştir. Sonuç olarak, Yapılan analizler ile farklı senaryolar için geleceğe yönelik 10 yıllık periyotlarda taşkın derinlik ve yayılım haritaları elde edilmiştir.

1.3.2. Arazi Kullanımı Değişikliklerine Yönelik Çalışmalar

Bu bölümde arazi kullanımlarındaki çalışmalar ile ilgili literatür özeti sunulmuştur.

Sarıyılmaz vd., (2015), İstanbul'da yer alan Sazlıdere Havzası'nın 1975 ile 2012 yılları arasındaki arazi kullanım çeşitliliği ile toprak sınıflarını inceleyerek meydana gelen zamansal değişimleri analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda, orman ve yarı doğal alanlar için %65, yapay yüzeylerde %186 ve tarım alanlarında %93 oranlarında artış olduğu sonuçlarına varmışlardır.

Ansari vd., (2016), Hindistan Nagbur'da geçirimsiz yüzey artışına dikkat çeken bir çalışma yürütmüşlerdir. Hızlı kentleşme sebebiyle değişen arazi kullanımlarının, kentsel havzalardaki yüzeysel akış üzerinde meydana getirdiği etkiye dikkat çekmişlerdir. Bölgedeki, 2000 ve 2012 yıllarında kentsel yapılaşma alanındaki değişimin CN ile yüzeysel akış üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 12 yıllık süreçte geçirimsiz yüzeylerin %0.9'dan %34'e çıktığını gözlemlemişlerdir. Geçirimsiz yüzey alanının artması dolayısıyla artan ağırlıklı CN değerleri ile yapılan analizler sonucunda yüzeysel akış, havza genelinde yaklaşık %47.6 oranında artmıştır.

Doğan ve Buğday (2018), 135 km²'yi kapsayan ve kentsel büyümenin görüldüğü Kastamonu İli Merkez İlçesinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada 1999-2016 yılları arasında meydana gelen değişim dikkate alındığında, 2033 yılında ormanlık alanlar için %7.8, tarım alanları için %13.9 azalma ve sulak alanlar için %10.8, yapılaşma alanları için %10.9 artma olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra 2033 tahminleri ve 2016 karşılaştırıldığında, ormanlık alanlar %6.4, tarım alanları %13 oranlarında daha da azalırken; sulak alanlar %4.8 ve yapılaşmalarda da %4.6 daha artış olduğu görülmüştür.

Bae ve Chang (2019), son 30 yıldır hızlı bir kentleşme ve ekonomik büyüme gösteren Güney Kore'nin başkenti Seul'un arazi ve topoğrafyasında meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar, arazi kullanımda zamanla azalan tarımsal faaliyetlerin 1990 ve 2000 yıllarında negatif etki gösterdiğini görmüşlerdir. Ancak 2010'lu yıllara gelindiğinde tarımsal kullanımlardaki azalmaların taşkınlar üzerinde fazla etkisinin kalmadığını gözlemlemişlerdir. Bunun temelinde, 2010'lu yıllarda taşkınları önlemeye yönelik alınan kentsel önlemlerin etkili olduğu değerlendirilmiştir.

Koday ve Kızıllan (2019), Ordu'nun Ünye İlçesinde meydana gelen arazi değişimlerini CBS temelli çalışarak incelemişlerdir. 1985, 2000 ve 2017 yıllarının irdelendiği çalışmada, araştırma alanının en uygun olduğu iklim şartları ve açık hava durumuna göre LANDSAT uydu fotoğrafları kullanılmıştır. Araştırma sonucunda orman alanlarının azaldığı, yerleşim ve tarım alanlarında fark edilir bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir.

Hatipoğlu ve Bahadır (2020), Çalışma alanı olarak Ordu İli'nde bulunan Turnasuyu Havzası'nı 1987, 1998 ve 2015 yılları olmak üzere üç farklı dönem için arazi kullanım durumlarını incelemişlerdir. Turnasuyu Havzası'nın tarım alanları, 1987 yılında 5,952 ha, 1998'de 7,356 ha ve 2015'te 10,723 ha olarak tespit edilmiştir. 1987'de 5,035 ha olan tarım dışı kullanılan alanların, 1998'de %56.8 oranında artarken 2015 yılında %37.8 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 1987

yılında 16,564 ha alan ormana sahip olan Turnasuyu Havzası'nda bu miktar 1998'de 12,300 ha ve 2015'te 11,925 ha alanlara düştüğü tespit edilmiştir.

Bayazıt (2021), CORINE tarafından geliştirilmiş olan arazi örtüsü ve kullanımı haritalarından yararlanarak Bilecik'in 2000-2018 yıllarındaki arazi değişimlerini incelemiştir. Çalışmada, 2000-2018 yılları içerisinde meydana gelen değişimin taşkın riski açısından etkisi araştırılmıştır. 2000 yılında 12,250 ha taşkın riski taşıyorken, 2018'e gelindiğinde riskli alanın 13,547 ha alana ulaştığı tespit edilmiştir.

1.4. Kullanılan Programlar

1.4.1. EasyFit 5.6 Programı

Farklı tekerrür süreli taşkın debilerine uyan en uygun dağılımı belirlemek için kullanılan EasyFit 5.6 Programı, verilerin güvenilir bir şekilde analizini sağlamak için tasarlanmış özel bir yazılımdır. EasyFit 5.6 Programı, verilere göre en iyi olasılık dağılımının çok kolay ve hızlı bir şekilde seçilmesini mümkün kılarak analiz süresini azaltır. EasyFit 5.6 Programı zamandan tasarruf etmek, analiz hatalarından kaçınmak ve iş alanında daha iyi kararlar almak için yardımcı olacak çeşitli özelliklerle tasarlanmıştır. Bu yazılımın temel özelliklerinden biri, basit veriler için 60 dağılımı otomatik olarak eşleştirme ve en iyi modeli seçebilmesidir. Program, Anderson Darling, Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare testleri yaparak kullanılan verilere en uygun dağılımı belirlemektedir (Beshore, 2015).

1.4.2. EViews 10 Programı

Çeşitli denklemlerin regresyon katsayılarının, rölatif hata ve korelasyon katsayılarının hesaplanmasında kullanılan EViews (Econometric Views) 10, ekonometrik modelleri tahmin ve simüle etmek için tasarlanmış bir programdır. Program, verileri kullanarak değişkenler arasında istatistiksel ilişki geliştirmekte ve daha sonra bu ilişkiyi kullanarak verilerin gelecekteki değerlerini tahmin etmektedir. EViews 10, zaman serisi analizine vurgu yapan ekonomistler tarafından geliştirilmiş olsa da, tasarımı ekonomik zaman serileriyle ilgili kullanışlılığını sınırlayan hiçbir neden yoktur.

1.4.3. ENVI Programı

ENVI (Environment for Visualizing Images) programı, uzaktan algılama alanında çeşitli uydu görüntülerini işlemek için kullanılan özel bir yazılımdır, Program, uydu verilerinin kullanımı başta olmak üzere bazı özel ihtiyaçları karşılamak üzere tasarlanmıştır. Bu yazılımda, bilgilerin eksiksiz ve kapsamlı görüntülenmesi, farklı boyuttaki/boyutlardaki görüntülerin analiz edilmesi ve işlenmesi süreçlerini başarıyla gerçekleştirilmektedir.

1.4.4. TerrSet Programı

Gelecek yıllardaki arazi örtüsü ve kullanım haritalarının tahmininde kullanılan TerrSet programı, coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve uzaktan algılamanın entegre olmuş halidir. Arazi Değişim Modelleyicisi içeren TerrSet programı, uydu görüntülerindeki mekânsal değişimlerini tespit etmek için kullanılır. Öngörülebilirlik, birçok yazılımda kullanışlı bir şekilde sunulmayan avantajlardan biri olmasının yanı sıra program, iki farklı zaman aralığındaki mekânsal değişimleri ölçerek gelecekteki arazi kullanım haritalarını tahmin etmektedir (Clark Labs, 2022).

1.4.5. HEC-RAS Programı

Taşkın yayılım parametrelerinin tahmini maksadıyla kullanılan HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) programı, USACE (United States Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilmiş açık erişimli bir paket programıdır. HEC-RAS programı bir boyutlu akım analizi, bir ve iki boyutlu zamanla değişebilen akım analizi, su sıcaklık ve kalite hesabı, akarsu katı madde taşınımı hesapları yapabilen bir paket programıdır (Brunner, 2016).

1.5. Noktasal Taşkın Frekans Analizi

Bu yöntemde, bir noktaya ait akım, yağış veya yağış şiddeti gibi veriler yardımı ile yapılan hesaplamalar sonucu o bölgeye ait en uygun olasılık yoğunluk fonksiyonu belirlenerek o noktaya ait istenilen tekerrür süresinde meydana gelebilecek taşkın debileri hesap edilir (Gumma, 2023).

1.5.1. Kullanılan Dağılımlar

Noktasal frekans analizi kapsamında taşkın debisi hesaplarında kullanılacak olan iki olasılık dağılım hakkında kısa bilgi sunulmaktadır.

a. Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım (GLO):

Genelleştirilmiş Lojistik bir dağılım ailesi olup üç tane parametre ile tanımlanmaktadır. Dağılımda, k biçim parametresi ve σ ölçek parametresi ($\sigma > 0$) ve μ yer parametresidir. Genelleştirilmiş Lojistik dağılımında biçim parametresi (k) için aşağıdaki ifadeler verilmektedir:

$$\begin{aligned} 1 + k\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right) &> 0 \text{ için; } k \neq 0 \\ -\infty < x < +\infty &\text{ için; } k = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonu (OYF) aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{(1 + zk)^{-1-\frac{1}{k}}}{\sigma \left(1 + (1 + zk)^{-\frac{1}{k}}\right)^2} & k \neq 0 \\ \frac{\exp(-z)}{\sigma (1 + \exp(-z))^2} & k = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF) aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir:

$$F(x) = \begin{cases} \frac{1}{\left(1 + (1 + zk)^{-\frac{1}{k}}\right)} & k \neq 0 \\ \frac{1}{(1 + \exp(-z))} & k = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Burada $z = \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$ olmaktadır (Beshore, 2015).

b. Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı (GPA):

Genelleştirilmiş Pareto bir dağılım ailesi olup üç tane parametre ile tanımlanmaktadır. Dağılımda, k biçim parametresi ve σ ölçek parametresi ($\sigma > 0$) ve μ ise yer parametresidir. Genelleştirilmiş Pareto dağılımında biçim parametresi (k) için bazı tanımlar şunlardır:

$$\begin{aligned} \mu \leq x < +\infty \text{ için; } k \geq 0 \\ \mu \leq x \leq \mu - \sigma / k \text{ için; } k < 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonu (OYF) aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma} \right)^{-1-\frac{1}{k}} & k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right) & k = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF) aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir (Beshore, 2015):

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma} \right)^{-\frac{1}{k}} & k \neq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right) & k = 0 \end{cases} \quad (6)$$

1.5.2. Uygunluk Testleri

Eldeki orijinal bir veri grubunun, verilen bir teorik olasılık dağılıma uyup uymadığını kontrol etmenin yolu, kümülatif gözleme dayalı dağılımın, denenen teorik dağılıma ait kümülatif yoğunluk fonksiyonu ile uygunluğunun grafik olarak karşılaştırılmasıdır. Eğer iki fonksiyon aşırı sapma göstermezse, teorik dağılımın orijinal verilere uyduğu kabul edilir (Taha, 1995).

a. Ki - Kare Testi:

Frekans dağılımı biçiminde k sınıfta sınıflanmış verilerin μ ve σ^2 parametrelili normal dağılıma uygunluğunu $(X \approx N(\mu, \sigma^2))$ test etmekte yararlanılan testlerden birisidir. Uygunluğu test etmek için Ki-Kare test istatistiği aşağıda verilmiştir (Özdamar, 2009).

$$X_p^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(G_i - T_i)^2}{T_i} \quad (7)$$

b. Anderson – Darling Testi

Anderson-Darling testi, deneysel dağılım fonksiyonu istatistiklerine dayanarak geliştirilmiş bir testtir. Hesaplanan olasılık fonksiyonları ile n birimden elde edilen verilerin deneysel dağılım fonksiyonları arasındaki farkların beklenen uyum içinde olup olmadıkları test edilir. A^2 test istatistiği küçük hacimli örnekler için düzeltilerek kullanılır. Düzeltilmiş A^2 istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A_{düz}^2 = A^2 \left(1 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.25}{n^2} \right) \quad (8)$$

A^2 kritik değerleri $A_{0.05}^2 = 0.752$, $A_{0.025}^2 = 0.873$, $A_{0.01}^2 = 1.035$ aracılığı ile belirlenir (Özdamar, 2009).

1.6. Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama (UA), bir algılayıcı tarafından nesnelere herhangi bir temas olmaksızın nesne, alan veya olay ile ilgili bilgi edinme sağlayan bir bilim dalı olarak tanımlanır. Uzaktan algılama süreci, cisimlerden yansıyan enerjinin yansıtılması veya emilmesi ve bu değerlerin işlenmesi, analiz edilmesi ve bilgi çıkarılması esasına dayanmaktadır (Goodchild vd., 2005).

1.6.1. Uydu Görüntüleri

Landsat MSS (Multispektral Algılayıcılar) uydusu, Hughes Santa Barbara Araştırma Merkezi tarafından 1969 tarihinde tasarlanan ilk uzaktan algılama uydusudur. Bu uydunun yapımı 1970 tarihinde tamamlanmış ve Yosemite Ulusal Parkı Half Dorne'da test edilmiştir. 23 Temmuz 1972 tarihinde üretilen ilk Landsat uydusu uzaya fırlatılmıştır (Landsat). Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından üretilen Landsat 7 uydusu ilk olarak 15 Nisan 1999 tarihinde uzaya fırlatılmıştır ve bu uydu ETM+ algılayıcısı ile donatılmıştır. 2013 tarihinde uzaya fırlatılan Landsat 8 uydusu OLI ve TIRS algılayıcılarını kullanmaktadır. Landsat 9 bu serinin NASA tarafından üretilen son uydusudur ve ilk olarak 27 eylül 2021 tarihinde uzaya fırlatılmıştır.

1.6.2. Sayısal Görüntü İşleme

Sayısal görüntü işleme ile görüntülerin içeriği ve görüntüdeki nesnelerin nitelikleri hakkında bilgiler elde edilmektedir. Sayısal görüntü işleme; ön işleme, iyileştirme (zenginleştirme) ve sınıflandırma aşamalarını içermektedir (Schowengerdt, 2012).

1.6.3. Arazi Sınıflandırılması

Sınıflandırma işleminde amaçlanan, yeryüzünde aynı spektral özelliğe sahip veri gruplarının aynı grup altında toplanarak ayırt edilebilirliğin ve yorumlanabilirliğin artırılmasıdır. Sınıflandırma işleminde kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olmak üzere iki teknik vardır.

1.6.4. Doğruluk Analizi

Doğruluk analizi, sınıflandırmanın doğruluğunu belirlemek için bir sınıflandırmanın doğru olduğu varsayılan coğrafi verilerle karşılaştırılması için kullanılan genel bir terimdir. Uzaktan algılanmış verilerin araziden alınan gerçek verileri veya Google Earth üzerinden elde edilebilecek test verileri ile kontrol edilerek uzaktan algılanmış verileri ile elde edilen haritaların gerçeği ne kadar yansıttığı ortaya çıkmaktadır (Senseman vd., 1995; Foody, 2002).

1.7. Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü

Arazi kullanımı insanların arazi üzerindeki farklı uygulamalarından doğmuş bir kavramdır. Arazi örtüsü ise insanların kullanımından veya doğal bitki örtüsünden meydana gelen fiziksel arazi özelliklerini kapsayan bir kavramdır. (Meyer, 1995).

1.7.1. Arazi Kullanımı / Örtüsü Değişimi

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliği, küresel çevre değişiminin ana konusudur. Uzaktan algılama arazi kullanımı/örtüsü için önemli bir veri kaynağıdır ve aynı zamanda evrensel bilgiyi güncel tutmada da önemli bir rol oynamaktadır (Satiprasad, 2013). Küresel anlamda arazi örtüsündeki değişimler günümüzde doğrudan insan kaynaklı olarak tarım ve hayvancılık, orman hasatları ve kentsel inşaatlar ile olmaktadır (Meyer, 1995).

1.7.2. Arazi Örtüsü Değişim Analizi

Uydular bize aynı coğrafi bölgelerin dijital görüntülerini önceden tanımlanmış bir zaman aralığında sunarlar. Bu sayede, farklı zamanlardaki kentsel ve çevresel değişikliklerin izlenmesi ve tespit edilmesi mümkün hale gelir. “Değişim tespiti” bir çalışmanın belirli bir nesnesindeki iki veya daha fazla zaman arasındaki değişiklikleri belirlemek için uzaktan algılamada kullanılan bir teknik olarak tanımlanmaktadır (Tardie ve Congalton, 2002). Bu nedenle, değişim tespiti, kentsel ve çevresel izleme için faydalı ve önemli bir süreçtir.

1.7.3. Kentsel Alanların Büyümesi

Dünyada ve özellikle de gelişmekte olan ülkelerde, kentsel alanlar bugüne dek benzeri görülmemiş bir hızla genişlemekte ve kentsel nüfus da benzer bir şekilde artış göstermektedir. Öyle ki, 2030 yılına kadar Dünya nüfusunun %60'ının kentsel alanlarda yaşayacağı ve kentsel yayılmanın çoğunlukla daha az gelişmiş ülkelerde gerçekleşeceği öngörülmektedir (Forte vd., 2019).

1.7.4. Gelecekteki Arazi Kullanım Modelinin Tahmini

Kentsel arazi kullanım değişikliği modelleri; kentsel yayılmanın etkisinin değerlendirilmesi, arazi dönüşüm yönetimi, arazi kullanım planlarının hazırlanması, arazi kullanım değişikliklerinin optimum modellerinin tanımlanması ve kentsel planlayıcıların sürdürülebilir kentsel çevreye ulaşmasını sağlaması nedeniyle oldukça işlevsel ve yararlıdır (Yang vd., 2012). Gelecekteki olası farklı koşullar için arazi kullanım değişikliğinin muhtemel senaryolarını simüle etmek ve öngörebilmek için, üç sınıfta incelemek gerekmektedir:

(1) lojistik regresyon, yapay sinir ağları, karar destek vektörleri (Alsharif ve Pradhan, 2014; Arsanjani vd., 2011)

(2) Hücresel Otomat, Markov Zincirleri (Al-shalabi vd., 2013)

(3) Hücresel Otomat-Markov Zincir modeli, Yapay Sinir Ağları-Markov Zincir modeli, Hücresel Otomat-Lojistik Regresyon (Verburg vd., 2002)

a. Markov Zincir Modeli:

Markov Zincir modeli, belirli bir zaman dilimi içerisinde, arazi kullanımındaki değişimi bir durumdan farklı bir duruma geçiş alanlarına göre analiz etmektedir (Coppedge vd., 2007). Markov modeli, mekansal dağılımdaki değişiklikleri simüle etme hususunda işlevsiz olmasına rağmen arazi kullanım değişikliklerinin miktarının tahmin edilmesi noktasında oldukça etkili bir modeldir (Yang vd., 2012). Gelecekteki arazi kullanım değişikliklerinin tahmin edilmesinde Denklem 9 ve Denklem 10 ile gösterilmektedir:

$$S(t+1) = P_{ij} * S(t)$$

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2n} \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{nn} \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$\left(0 \leq P_{ij} < 1 \text{ ve } \sum_{j=1}^N P_{ij} = 1, (i, j = 1, 2, \dots, n) \right) \quad (10)$$

$$(i, j = 1, 2, \dots, n)$$

Denklem 9'da $S(t)$; sistemin t zamanındaki durumunu, $S(t+1)$; sistemin $(t+1)$ zamanındaki durumunu ve P_{ij} ise bir durumdaki geçiş olasılığı matrisini ifade etmektedir.

b. Hücresel Otomat (HO) Modeli:

HO modelleri gerçek doğa düzenlemelerini simüle etmeyi amaçlayan ve bu doğrultuda stokastik, doğrusal olmayan ve uzamsal süreci simüle edebilen bir algoritmadır. (Al-sharif ve Pradhan, 2014). HO aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir:

$$S(t, t+1) = f(S(t), N) \quad (11)$$

S ; hücrenin niteliği, t ; mevcut zaman, $t+1$; gelecek zaman, N ; hücresel alan ve f mekânda hücresel durumların geçiş kuralını ifade etmektedir (Al-sharif ve Pradhan, 2014).

1.8. Taşkın Haritaları

Taşkın haritaları temel olarak tehlike ve risk olarak sınıflandırılabilir. Taşkın tehlike haritaları olayın olma olasılığı, büyüklüğü hakkında bilgi verirken risk haritaları ise olayın sonuçları hakkında bilgilendirici özelliktedir. Tehlike haritası, belirli bir tehlikeden etkilenen veya buna karşı savunmasız olan alanları vurgulayan bir haritadır. Taşkın tehlike haritalarında taşkın yayılma alanı, su derinliği ve hızı, pike ulaşma süresi gibi taşkın çeşitli fiziksel özellikleri gösterilir.

Taşkın yönetimi çalışmalarında ilk olarak taşkın tehlike haritalarının hazırlanması gerekir. Bu haritalar kullanılarak, yerel şartları (arazi topoğrafyası, kullanım ve yerleşim durumu, kurtarma faaliyetleri vb) dikkate alınarak taşkın risk haritaları hazırlanır.

1.8.1. Etkin Parametreler

a. Manning Pürüzlülük Katsayısı:

Pürüzlülük katsayısı, akımın hidrolik özelliklerini doğrudan etkileyen bir faktördür. Herhangi bir noktada, su yüksekliğinin, debi veya hız parametrelerinin elde edilebilmesi için pürüzlülük katsayısının belirlenmesi gereklidir (Kocaman, 2002).

b. Mamba ve Mansaptaki Sınır Şartları:

Bir sınır şartı, modelin en uçlarında yer alan kuralların bütünüdür. Başka bir deyişle, modele girdi olarak verilecek ve aynı şekilde bunun karşılığında çıktı olarak istenen ürünün tanımlanmasıyla açıklanabilir. Modeli ilk başlatan veya tetikleyen sınır şartı; başlangıç sınır şartı ve modelin çalışmasının sonlanmasına neden olacak olan sınır şartı ise bitiş sınır şartı olarak adlandırılabilir. Her iki sınır şartı ise ancak belirli koşullar gerçekleştiğinde modele etki etmekte ve analizi yönlendirmektedir (Marangoz, 2020).

1.8.2. Kullanılan Hidrodinamik Modeller

Hidrodinamik modeller, akışkan hareketini benzeştirmeye çalışan ve genelde bilgisayar ortamında çözüm gerektiren sayısal modellerdir. Bu modeller, fizik yasalarını uygulayarak formüle edilmiş denklemleri çözerek su hareketini benzeştirirler. Taşkın yatağında meydana gelen akımın uzamsal gösterimlerine bağlı olarak, bu modeller boyutsal olarak 1B, 2B ve 3B modeller şeklinde gruplandırılabilir.

a. 1 Boyutlu (1B) Modeller:

Pek çok çalışmada kullanılmış ve kullanılmaya devam eden en basit modellerdir. Bu modellerde akımın kanal boyunca (membadan mansaba) tek yönlü hareket etmesi hesaba katılır. Hareketin tek yönlü olarak ele alındığı bu modeller özellikle sürekli akım analizleri için uygun görülmektedir. 1B modellerin çözümü temel olarak Saint-Venant denklemlerinin iki kesit arasındaki sonlu çözümlerine dayanmaktadır. Saint-Venant denklemleri, Δx mesafesi bulunan iki

kesit arasındaki momentum ve kütle korunumu ilkelerine dayanmaktadır. momentum korunumu ve kütle korunumu denklemleri (eşitlik 12) verilmiştir.

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \frac{Q^2}{A} + g \frac{\partial h}{\partial x} - g(s_0 - s_f) = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (12)$$

Burada Q; ortalama kesitsel hıza göre hesaplanan debi (L^3/T), t; zaman (T), h; su derinliği (L), g; yerçekimi ivmesi (L/T^2), S_f ; sürtünme eğimi (L/L), S_0 ; akarsu yatak eğimi (L/L), A; akım alanı (L^2) olarak verilmiştir.

b. 2 Boyutlu (2B) Modeller:

1B modeller her ne kadar basit ve pratik olsa da sınırlamaları (kesitler arası boşluklar olması vb.) vardır. Bunları aşabilmek için 2B modeller geliştirilmiştir. Bu modellerde derinlik ortalaması alınmaktadır (Demir vd., 2021). Kütlenin korunumu ile momentum korunumunu temsil eden ve Navier Stokes denklemlerinin derinlik ortalaması alınarak elde edilebilen 2B sıg su denklemlerinin (eşitlik 13) çözümlenmesine dayanmaktadır. Taşkın modellerinin oluşturulmasında 2B modeller yaygın olarak kullanılmaktadır (Teng vd., 2017).

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(hu^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right) + \frac{\partial(uhv)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(hu^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right) = 0 \quad (13)$$

Burada t; zaman (T), h; su derinliği (L), g; yerçekimi ivmesi (L/T^2), (u,v) ; yatay hızı temsil eden 2B vektör olarak verilmiştir.

c. 3 Boyutlu (3B) Modeller:

Baraj yıkılmaları, hidrolik yapıların üzerinde meydana gelen akımlar ve tsunamiler nedeniyle meydana gelen taşkınlarda dikey türbülans, vortisiteyi hesaplamak için, dikey akım özelliklerinin gösterilmesine olanak sağlamak için 3B modeller geliştirilmiştir (Monaghan, 1994; Ye ve McCorquodale, 1998). 3B modeller, üç boyutlu Navier-Stokes denklemlerinden türetilmiştir (14 nolu eşitlik).

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla u + \frac{1}{\rho} \nabla p = g + \mu \nabla^2 u$$

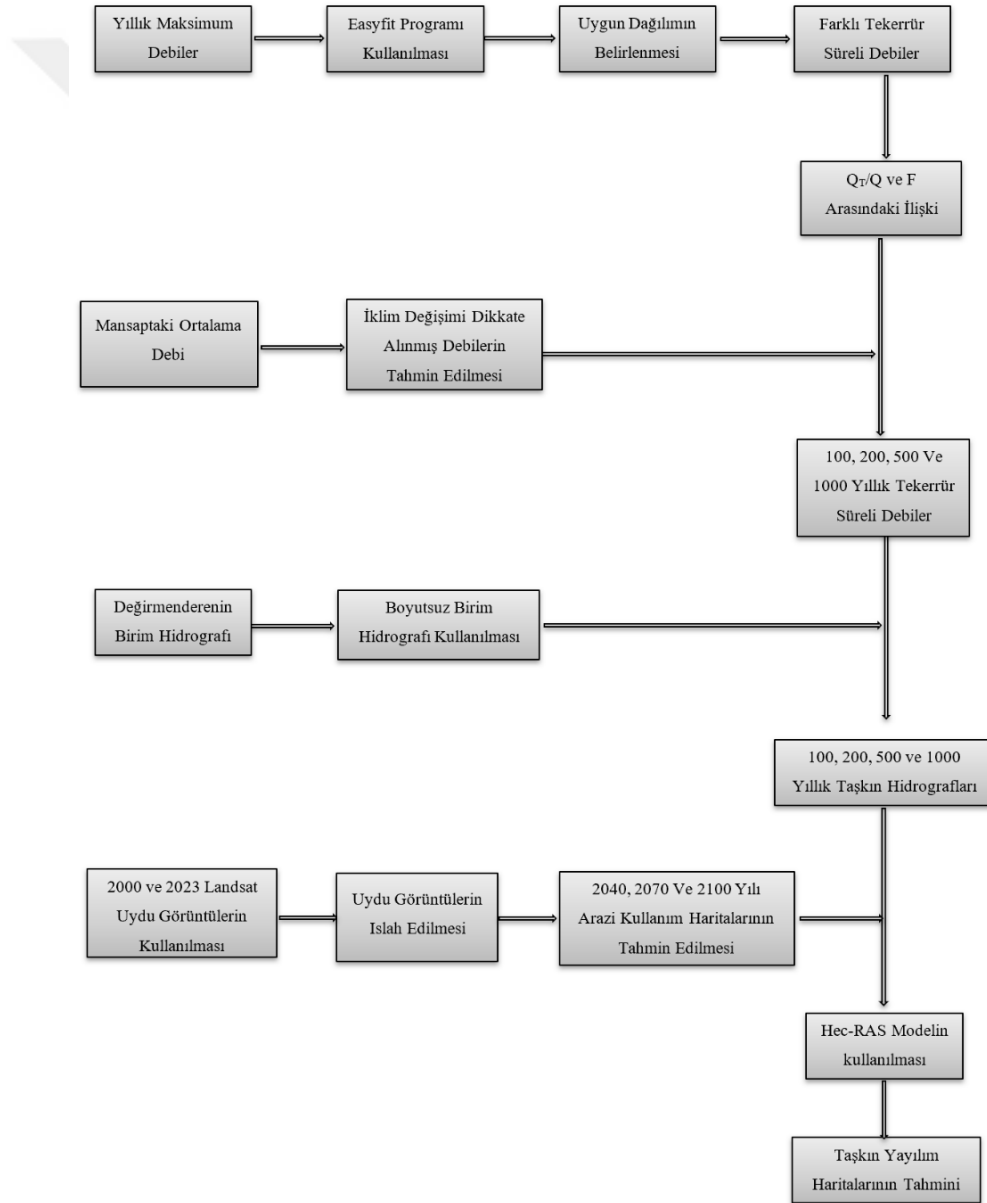
$$\nabla \cdot u = 0 \quad (14)$$

Burada u ; hız (L/T), ρ ; sıvı yoğunluğu (K/L³), p ; basınç (K/L²), g ; yerçekimi ivmesi (L/T²), μ ; kinematik viskoziteyi (L²/T) ifade etmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yapılan Çalışmaların Akış Diyagramı

Yapılan çalışmaların ayrıntılarını sunmadan önce, tüm çalışmaların bir özeti olan akış diyagramı hazırlanarak Şekil 1’de sunulmuştur.



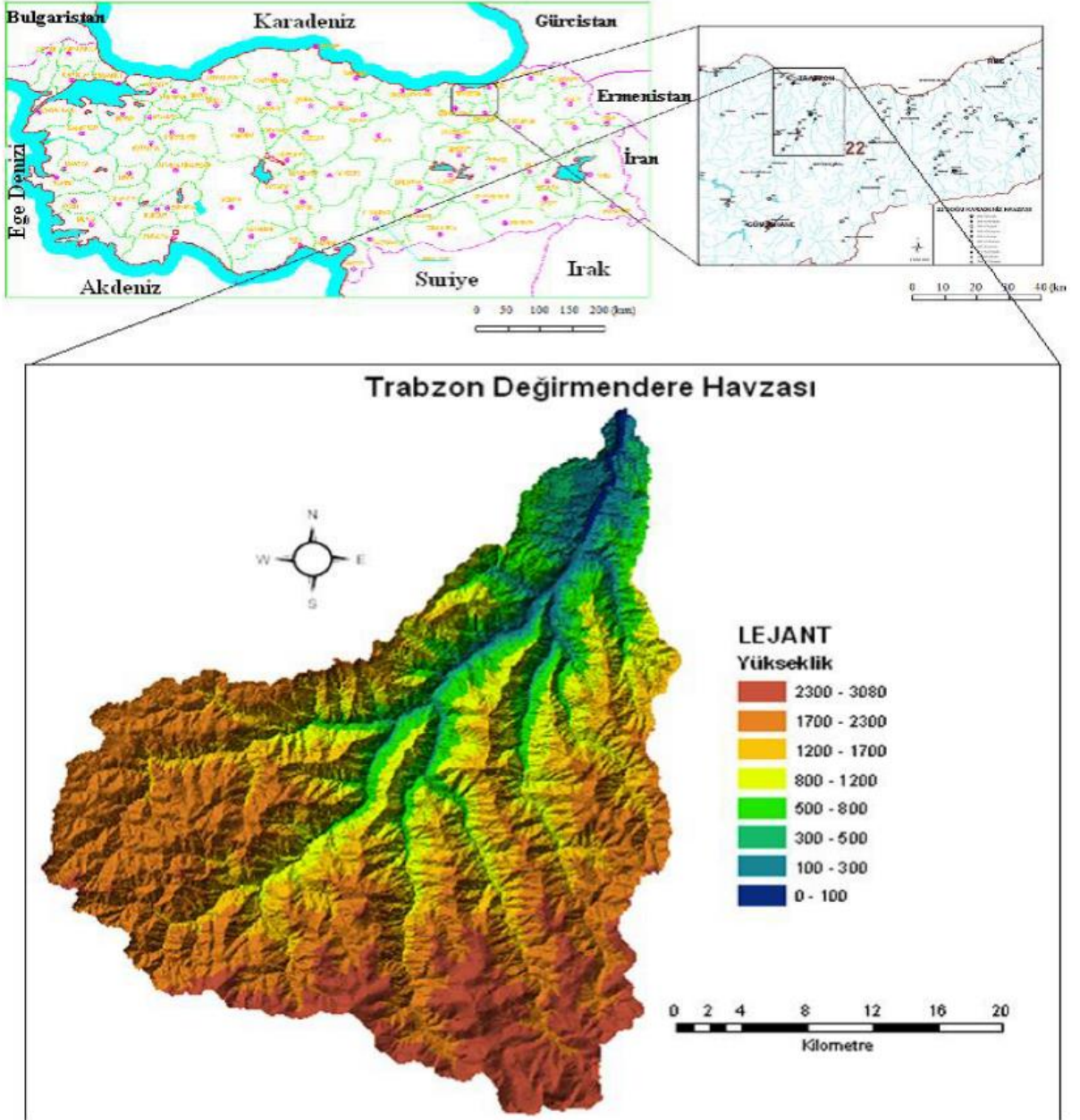
Şekil 1. Yapılan çalışmaların akış diyagramı

2.2. Çalışma Alanı

Ortalama yağış yüksekliği 1,198 mm olan Doğu Karadeniz Bölgesi (DKB), Türkiye'nin en fazla yağış alanına sahip havzadır. 24,077 km² alan ve 1,462 km çevre uzunluğuna sahip olan DKB, Türkiye'nin toplam akışının %9.5'ini sağlamaktadır. Bu havza, 566.23 m³/s yıllık ortalama akış ve 753 mm yıllık ortalama akış yüksekliğine sahiptir (Yüksek vd, 2013). Bölge denizden ulaşılan vadilerle güney bölgelerine bölünmüştür. Bölgenin katmanları genellikle geçirimsiz veya yarı geçirgen volkanik kayalardan oluşmakta olup, bu kayalar yağışların süzülmesini engelleyerek suyun yüzey akışı olarak akmasını sağlamaktadır. (Şekil 2).

Değirmendere Havzası, Trabzon İli ve önemli yerleşim yerlerinin içme ve sanayi suyunu sağlamaktadır. Havza alanı 1054 km² olup Değirmendere Havzası ana deresi ve birçok önemli koldan oluşmaktadır. Havzadaki akarsuların drenaj alanlarının çoğu kısa ana kollar, dik yamaçlar ve daha çok derin vadilerle oluşturulmuş, kolların yukarı kesimlerinde %10-20'den fazla eğim bulunmaktadır. Taşkın, yoğun yağış veya hava sıcaklığının ani artması nedeniyle dağlık kesimlerde karların erimesi sonucunda meydana gelmektedir. Topoğrafya nedeniyle yerel halk, V şeklindeki çok dar vadi tabanlarında yer alan nehirlerin taşkın ovalarını kentsel alanlarda yerleşim, kırsal alanlarda ise tarım amacıyla kullanmaktadır.

Hidro-meteoroloji, topoğrafya, arazi kullanımı, jeoloji vb. açılardan çok değişkenlik gösteren ve heterojen bir bölge olan Değirmendere Havzası'nın bir bütün olarak incelenmesi halinde yapılacak hesap ve analizlerin güvenilirliğinde önemli sorunların ortaya çıkacağı aşikârdır. Bu sebeple, yapılan tez çalışmasının uygulama alanı olarak, hasar görülebilirlik açısından en riskli bölge olarak tespit edilen, derenin denizle birleşim yerinden itibaren yaklaşık 6 km memba tarafında uzanan, sanayi ve yerleşim alanlarının yer aldığı, 40.993561⁰ enlem ve 39.750294⁰ boylamda yer alan, Sanayi Mahallesi'nin bulunduğu 4.83 km² alanı olan bölge seçilmiştir (Şekil 3).

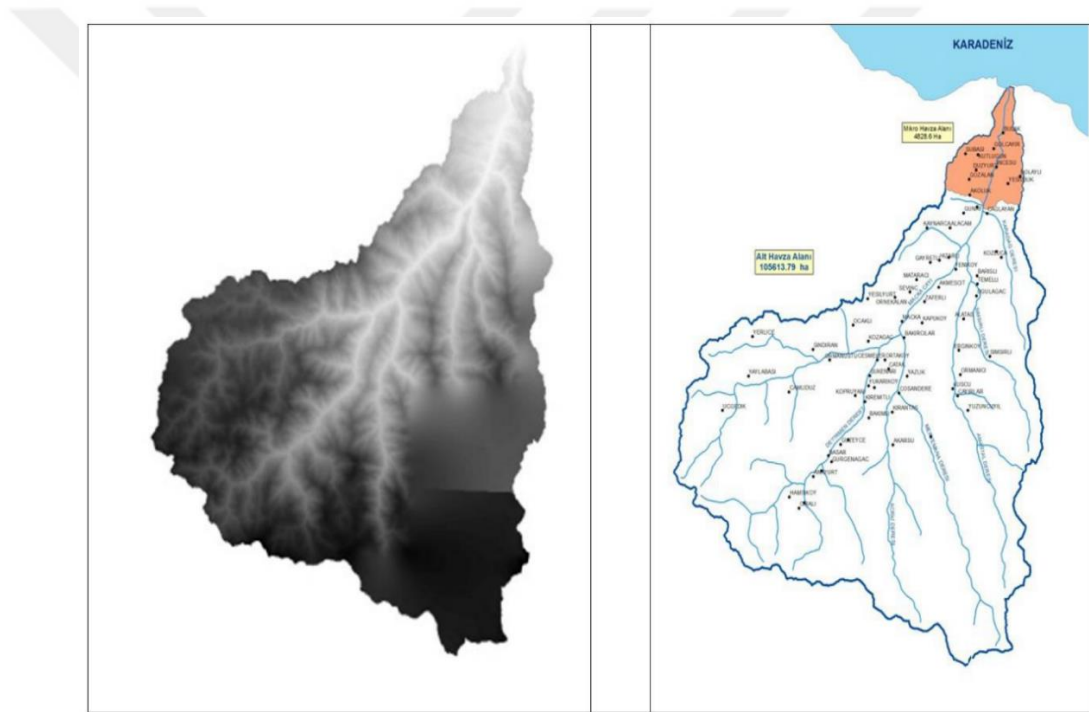


Şekil 2. Değirmendere Havzası (Serencam, 2013)

Şekil 3. Çalışma alanı (Serencam, 2013)

2.3. Kullanılan Veriler

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, Trabzon İli'nin membaında yer alan Değirmendere Havzası'nda meydana gelmesi muhtemel taşkınlar ve bu taşkınlara ait haritalar kapsamında yayılım alanları, su derinlikleri, akım hızları ve pike ulaşma sürelerinin tahmin edilmesi için çalışma alanının Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) gerekmektedir. Çalışmada SYM dosyası Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla çalışma bölgesi için kesilmiş ve istenen SYM dosyası HEC-RAS paogramına tanımlanmıştır. Çalışmada kullanılan SYM Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli ve akarsu haritası (Serencam, 2013)

Çalışmada, DSİ 22. Bölge Müdürlüğü tarafından işletilen, 728.4 km² alana sahip D22A086 Nolu Değirmendere Öğütlü adlı Akım Gözlem İstasyonunun (AGİ) 23 yıllık maksimum debi değerleri kullanılmıştır. Bu veriler kullanılarak, uygun dağılım belirlenip AGİ'nun çeşitli tekerrür süreli taşkın debileri tahmin edilmiştir. İklim değişimini dikkate almak için, ayrıntıları bir doktora tezinde verilen iklim değişim senaryoları değerlendirilerek debi tahminleri yapılmıştır (Babacan, 2021). HEC-RAS Programında 2040 ve 2070 ve 2100 yıllarına ait Pürüzlülük katsayısı haritasını kullanmak için 2000 ve 2023 yılına ait Landsat 7 (ETM+) ve Landsat 8 (OLI) uydu görüntüleri

kullanılmıştır. HEC-RAS Programının uygulanıp taşkın yayılım haritalarının elde edilmesi için 100, 200, 500 ve 1000 yıl tekerrürlü taşkınlara ait hidrografların tahmini için bu kapsamda yapılan bir Yüksek Lisans Tezinin (Tanrıverdi, 2021) verileri kullanılmıştır.

2.3.1. Debi Verileri

Noktasal frekans analizi için D22A086'nolu Öğütlü AGİ'nun yıllık maksimum debileri kullanılmıştır (Tablo1).

Tablo 1. Öğütlü Akım Gözlem İstasyonuna ait yıllık maksimum debiler

Yıl	Q (m ³ /s)	Yıl	Q (m ³ /s)
1984	58.00	2004	109.00
1985	80.00	2009	81.00
1986	56.00	2010	87.20
1987	70.00	2012	204.00
1988	90.00	2013	113.00
1989	61.50	2016	166.00
1992	158.10	2017	139.00
1999	111.00	2018	60.00
2000	129.00	2019	97.20
2001	85.40	2020	147.00
2002	83.20	2021	108.00
2003	138.00		

Bölgesel taşkın frekans analizi için, Doğu Karadeniz Havzası'nda ölçümü yapılan 17 adet AGİ'nun yıllık ortalama debi (Q_{ort}) ve alan (A) verileri Tablo 2'de sunulmuştur.

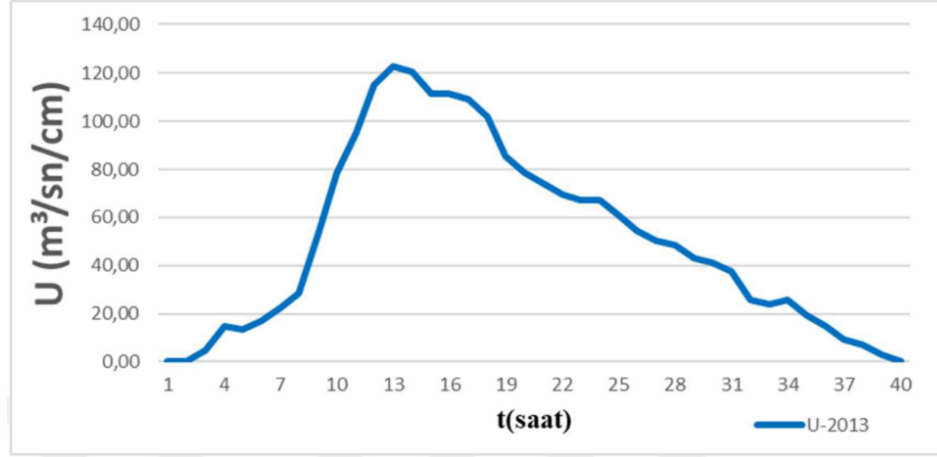
Tablo 2. Doğu Karadeniz Havzasına ait ortalama debi ve alan verileri

AGİ	Q _{ort} (m ³ /s)	A (km ²)	AGİ	Q _{ort} (m ³ /s)	A (km ²)
E22A018	26.70	834.9	D22A059	2.58	121.5
E22A033	7.27	223.1	D22A063	12.01	239.20
E22A051	11.57	729.6	D22A064	10.33	377.5
D22A006	8.69	156	D22A071	7.15	292.7
D22A007	3.88	154.7	D22A072	6.23	92.15
D22A009	17.23	2000.4	D22A080	6.85	296.9
D22A034	4.55	258.6	D22A082	3.79	83
D22A044	7.14	421.20	D22A093	5.04	210
D22A058	4.95	162.70			

2.3.2. Birim Hidrograf Verileri

Taşkın pik debilerine ek olarak, HEC-RAS Programında taşkın haritalarının tahmin edilmesi için taşkın hidrografları da gereklidir. Hidrolojide bunun için de Değirmendere Havzası'nın birim hidrografi (BH) gereklidir. Birim Hidrografi kullanılarak ve üzerine pik debileri eklenerek, 100, 200, 500 ve 1000 yıllık tekerrür sürelerine sahip taşkın hidrografları elde edilebilir. Bu nedenle, öncelikle Değirmendere Havzası'nın birim hidrografi elde edilmelidir. Bir havzanın birim hidrografını elde etmek için detaylı debi ve yağış verilerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada bir tezin sonuçları kullanılmıştır (Tanrıverdi, 2021).

Çalışmada, Trabzon Değirmendere Havzası Ölçüm İstasyonu'na (MGİ) ait saatlik akım verileri ve Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan 5 adet MGİ'ye ait saatlik yağış verileri kullanılmıştır. Thiessen poligon yöntemi kullanılarak çalışmanın yürütüldüğü 729.34 km²'lik alanda 5 adet MGİ'ye ait alanlar hesaplanmış ve 72 saatlik veriye ait ortalama yağış yüksekliği elde edilerek ilgili yağış şiddeti değerleri bulunmuş ve ilgili hiyetograf elde edilerek, Değirmendere Havzasına ait BH elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Değirmendere Havzası'nın birim hidrografı

Birim hidrografın parametreleri şunlardır: Pik debi $Q_p = 122.71 \text{ m}^3/\text{s}/\text{cm}$, Taban süresi $T_b = 42$ saat, Pike ulaşma süresi $T_p = 12$ saat.

Gerçek veriler ile elde edilen birim hidrografındaki 12 saatlik pike ulaşma süresi ve HEC-RAS modelinde taşkın yayılım haritalarının tahmin edilmesi için ihtiyaç duyulan taşkın hidrografında zaman aralığı 3 saatlik dikkate alındığında şöyle hesaplanmıştır:

$$T = 3 \text{ saat}, T_p = 12 \text{ saat}, T/T_p = 3/12 = 0.25$$

2.3.3. İklim Değişimi Verileri

Değirmendere Havzası için üç farklı küresel dolaşım modeli yönteminin yanı sıra, konsantrasyon senaryosu dikkate alınarak belirli yıllar için (P1 ve P2 ve P3) ortalama debi değerlerindeki artış ve her dönemdeki artış elde edilen debi ile çarpılarak Değirmendere Havzası için iklim değişimi dikkate alınmış debiler elde edilmiştir (Babacan, 2021).

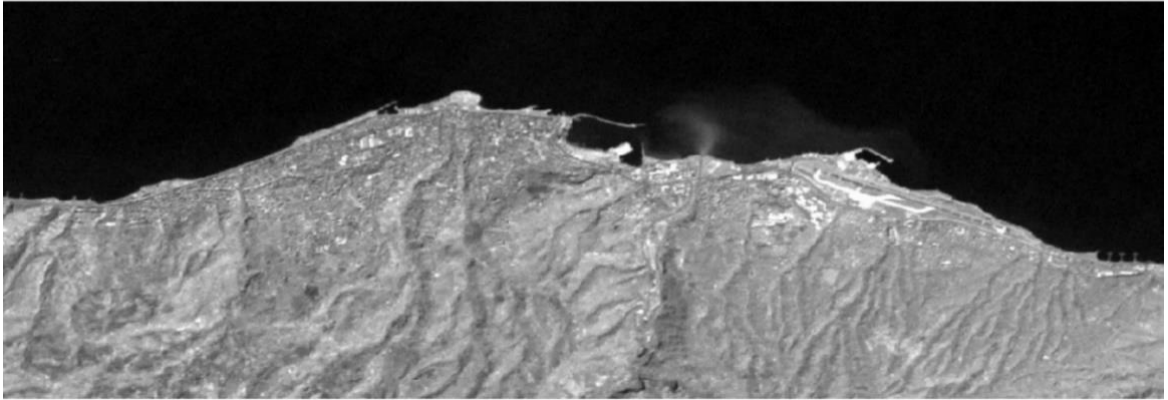
2.3.4. Arazi Kullanımı Verileri

Çalışmada, arazi kullanımını ve arazi örtüsünü çıkarmak için Landsat uydu görüntüleri kullanılmaktadır. Daha eski olması ve spektral ve uzaysal çözünürlük kabiliyetine sahip olması ve arazi örtüsü değişimleri incelenmesine uygun olması, ayrıca ücretsiz olduğundan dolayı Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. USGS Earth Explorer web sayfasından indirilen uydu görüntüleri,

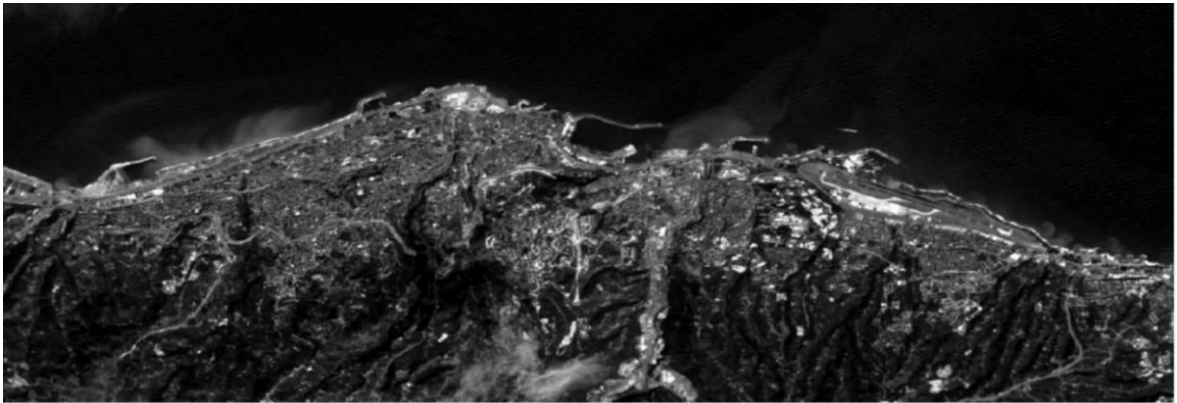
2000 tarihli Landsat 7 (ETM +) ve 2023 tarihli Landsat 8 (OLI) uydularının görüntüleridir. Uydu görüntüleri seçilirken aynı ayda çekilmiş olmasına ve görüntülerin %10'dan az bulutla kaplı olmasına dikkat edilmiştir. Çalışmada kullanılan Landsat görüntülerine ait teknik bilgiler Tablo 3'te, 2000 ve 2014 ve 2023 yıllarına ait uydu görüntüleri Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 3. Landsat görüntülerine ait teknik bilgiler

No.	Uydu	Sensör	Tarih	Radyometrik Çözünürlük	Uzamsal Çözünürlük	Harita Projeksiyonu
1	Landsat 7	ETM+	2000	255	30 m , Pankromatik 15 m	UTM/WGS84
2	Landsat 8	OLI	2023	65535	30 m , Pankromatik 15 m	UTM/WGS84



a. 2020 Yılı



b. 2023 Yılı

Şekil 6. Değirmendere Havzası mansabı ve çalışma alanının uydu görüntüleri

2.4. Taşkın Frekans Analizi

Frekans analizinin amacı belirli bir yineleme aralığındaki Q_T 'nin doğru tahmin edilmesidir (Anılan, 2014).

2.4.1. Noktasal Taşkın Frekans Analizi

Noktasal frekans analizi kapsamında, Doğu Karadeniz Havzasındaki Değirmendere üzerinde D22A086'nolu Değirmendere Öğütlü AGİ'nun yıllık maksimum akım değerleri EasyFit 5.6 programında kullanılarak uygun dağılım testi yapılmıştır. EasyFit 5.6, uygunluk analizi için Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Ki-Kare uygunluk testlerini uygulamaktadır. Ancak çalışmada, Ki-Kare ve Anderson-Darling testi dikkate alınarak Genelleştirilmiş Pareto'nun en uygun dağılım olduğu belirlenerek 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıllık tekerrür süreli taşkın debileri tahmin edilmiştir. Burada, tekerrür süresi (T) ile aşılmama ihtimali (F) arasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$T = \frac{1}{1-F} \Rightarrow F = 1 - \frac{1}{T} \quad (15)$$

2.4.2. Taşkın Debilerinin Çalışma Alanına Taşınması

Değirmendere Havzası (1054 km²) alanı D22A086 Nolu Değirmendere Öğütlü adlı AGİ (728.4 km²) alanından farklı olduğu için, ölçülen veriler ve bazı istatistiksel yöntemler (regresyon analizi) kullanılarak Değirmendere Havzası'nın taşkın debileri tahmin edilmelidir. Bu tahminleri elde etmek için iki aşamalı hesaplama yapılmıştır. Bunlardan ilki Değirmendere Havzası'nın yıllık ortalama debisini (Q_{ort}) tahmin etmek, ikincisi ise Q_T/Q_{ort} oranını kullanarak taşkın debilerini aşağıdaki formülden hesaplayarak tahmin etmektir.

$$Q_T = Q_{ort} \left(\frac{Q_T}{Q_{ort}} \right) \quad (16)$$

a. Yıllık Ortalama Debi ile Havza Alanı Arasındaki İlişkinin Elde Edilmesi:

Değirmendere Havzasına ait ortalama debiyi tahmin etmek için Doğu Karadeniz Havzası'nda yer alan 17 AGİ'na ait ortalama debi (Q_{ort} , m^3/s) ve alan (A , km^2) verileri kullanılmıştır (Tablo 2). Daha önce yapılan çalışmalarda (Seçkin, 2009; Saka, 2019) Q_{ort} ile A arasında çeşitli türde denklemler önerilmiştir.

b. İklim Değişimi Dikkate Alınmış Mansaptaki Debilerin Tahmin Edilmesi:

İklim değişikliğinin bir sonucu olarak debilerin değişmesi beklenmektedir. Bir çalışmada (Babacan, 2021), İklim Değişikliğinin akarsu akışları üzerindeki etkileri, üç farklı Küresel Dolaşım Modeli kullanılarak, belirli zaman dilimlerinde incelenmiştir. Bu çalışmanın öngörülerine göre, yıllık ortalama debilerdeki artış oranları P1, P2 ve P3 yılları için elde edilmiştir.

2.5. Akım Hidrograflarının Elde Edilmesi

Yukarıdaki tablodaki maksimum debiler, Bölüm 2.3.3'te sunulan Birim Hidrograf Verileri (pike ulaşma süresi $T_p = 12$ saat, pik debi $Q_p = 122.72 m^3/s$) ve Toprak Koruma Servisine (SCS) ait, T/T_p ile Q/Q_p arasındaki ilişkiyi veren Boyutsuz Birim Hidrograf değerleri kullanılarak akış hidrografları elde edilmiş ve HEC-RAS programında taşkın yayılım haritalarının tahmininde kullanılmıştır. Bu kapsamda herhangi bir t anındaki Q değerini bulmak için tablodaki T/T_p üzerinden Q/Q_p değeri bulunur ve daha sonra Q/Q_p , iklim değişimi dikkate alınmış debiler ile çarpılarak farklı tekerrür süresi için taşkın hidrografları şöyle elde edilmiştir:

$$T = T_p \frac{T}{T_p} = 12 * \frac{T}{T_p} \quad Q = Q_p \frac{Q}{Q_p} = 122.72 * \frac{Q}{Q_p} \quad (17)$$

2.6. Arazi Kullanımı Değişimi

Bu bölümde, taşkın parametrelerinde etkin olan, 2040, 2070 ve 2100 yıllarında oluşması beklenen arazi kullanımlarındaki değişimler hakkında bilgi sunulmuştur.

2.6.1. Yapılan Düzeltmeler

Elde edilen görüntülerde, uydunun konumu ve yüksekliği ve hızı ve yeryüzünü tarama nedeniyle sistematik olan ve sistematik olmayan hatalar oluştuğu için düzeltmeler gerekmektedir. Çalışmanın bu kısmında, arazi kullanım haritalarının tahmininde yapılması gereken düzeltmeler sunulmuştur.

a. Radyometrik Düzeltme:

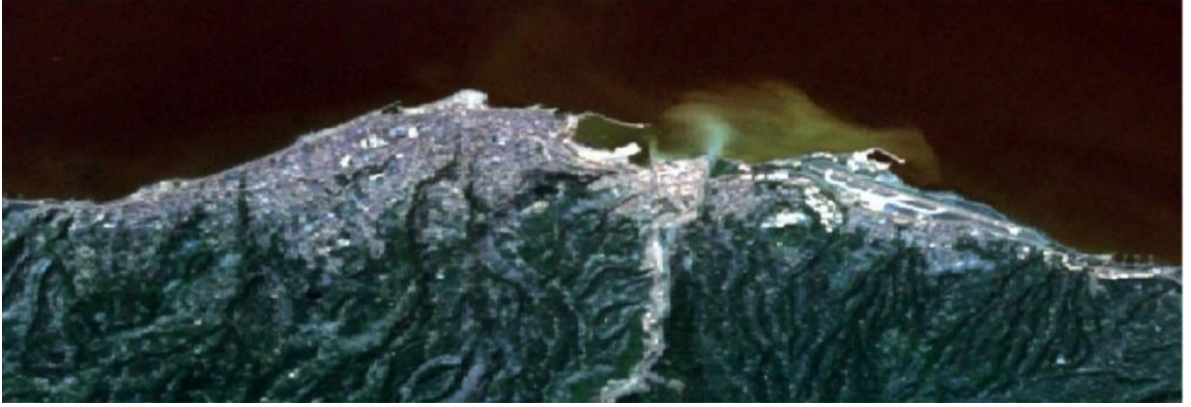
Görüntü'nün ıslah edilmesi için radyometrik ve atmosferik ve geometrik düzeltme olarak üç adım'ın gerçekleştirilmesi gerekmektedir ancak landsat uydu görüntüleri piksel olarak büyük olduğundan dolayı geometrik düzeltme gerekmemektedir. Radyometrik düzeltmenin gayesi, uydu görüntünün algılanması sırasında ortaya çıkan atmosferik etkileri minimum seviyeye indirmek ve digital sayılar (DN) olarak elde edilen uydu görüntünün anlamlı hale getirmektir. Çalışmada indirilen 2000 tarihli landsat 7 ve 2023 tarihli landsat 8 uydu görüntüleri çok büyük bir alanı kapsamaktadır. Bu nedenle çalışmada dikkate alınacak olan çalışma alanının kesilmesi ve çalışma alanının dışında kalan verilerin işleme dahil edilmemesi gerekmektedir. Daha sonra uydu görüntü verilerinin üzerine belirli işlemler uygulanarak radyometrik düzeltme yapılmıştır.

b. Atmosferik Düzeltme:

Atmosferik düzeltmenin temel gayesi, görüntülerin yüzey özelliklerinin daha doğru ve anlamlı yorumlanabilmesi için uydu görüntülerindeki bozucu etkilerin ortadan kaldırılmasıdır. Bu çalışmada, atmosferik düzeltme için FLAASH yöntemi kullanılmıştır. FLAASH yönteminin temel amacı, yüzey özelliklerini daha doğru ve anlamlı bir şekilde yorumlayabilmek için uydu görüntülerden atmosferik etkileri kaldırmaktır. Harris Geospatial Solutions tarafından geliştirilen bu yöntem hiperspektral ve multispektral uzaktan algılama verileri için hızlı atmosferik düzeltme gerçekleştirir. Daha sonra, uydu görüntü verilerinin üzerinde uydu tipi ve çalışma alanının yüksekliği ve uydu görüntüsünün piksel boyutu (30 m), alınma zamanı ve tarihi tanımlanarak atmosferik düzeltme işlemi yapılmıştır.

2.6.2. Görüntü Zenginleştirme

Radyometrik ve atmosferik düzeltme işleminden sonra görüntünün zenginleştirilmesi gerekmektedir. Görüntü iyileştirmenin gayesi, görüntü içindeki veriler arasındaki farklar daha açık ve anlaşılır hale gelmesi ile görsel olarak yorum yapma işlemini geliştirmektir (Kahya, 2005). USGS Earth Explorer web sayfasından indirilen 2000 tarihli Landsat 7 (ETM+) ve 2023 tarihli Landsat 8 (OLI) uydu görüntüleri 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip multispektral görüntülerinin yanı sıra pankromatik bant içermektedir. ENVI yazılım ortamında Gram Schmidth algoritması kullanılarak görüntülerin daha belirgin hale getirilmesi amacıyla multispektral görüntülerin pankromatik bantla birleştirilerek 15 metre mekânsal çözünürlüklü görüntüler elde edilmiştir (Şekil 7).



a. 2020 Yılı



b. 2023 Yılı

Şekil 7. Zenginleştirilmiş uydu görüntüleri

2.6.3. Görüntü Kullanılarak Arazi Sınıflandırılması

Sınıflandırma, kentsel planlama, doğal kaynak ve tarım gibi konuların daha iyi anlaşılması için uydu görüntülerindeki bilgilerin analiz edilmesine yardımcı olur. Sınıflandırma işleminde kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olmak üzere iki teknik vardır. Kontrollü sınıflandırma yöntemleri arasında doğruluğu ve güvenilirliği bakımından en fazla kullanılan yöntem Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood) metodudur. Maksimum olabilirlik sınıflandırma, bir veri noktasının en yüksek olasılıkla hangi sınıfa ait olduğunu tahmin etmek için kullanılan bir sınıflandırma yöntemidir (Adem, 2012). MLC, veri setinde belirli bir sınıfı tanımlayan bir olasılık fonksiyonunu kullanır ve veri noktasının bu olasılık fonksiyonuna göre en yüksek olasılığa sahip sınıfı seçer. Bu tez kapsamında, Maksimum Olabilirlik yöntemi kullanarak piksel tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma algoritmasından güvenilir sonuçlar elde etmek için, çalışma alanı üzerinde doğru bir şekilde toprak, şehir, orman ve su sınıfları için örnekler toplanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Arazi örtüsü ve kullanımı sınıfları ve temsil ettikleri alanlar

Sınıf	Sınıf Açıklaması
Toprak	Boş ve yapılandırma olmamış arazileri kapsamaktadır.
Şehir	Şehir ve kentleşme meydana gelmiş alanları kapsamaktadır.
Orman	Değişimi göz ardı edebilecek kadar az olan ağaçlık alanlarını göstermektedir.
Su	Su olan alanları göstermektedir.

2.6.4. Doğruluk Analizi

Sınıflandırma işlemi uygulandıktan sonra istatistiksel olarak güvenilirliğini ve doğruluğunu belirlemek için belirlenen dört arazi kullanım sınıfı için doğruluk analizi yapılmıştır. Bu işlem yapılırken ENVI programında, zenginleştirilmiş uydu görüntü ile sınıflandırma işlemi yapılmış uydu görüntüsü karşılaştırılmıştır. Maksimum Olabilirlik yöntemi kullanılarak zenginleştirilmiş görüntüdeki dört farklı sınıf ile sınıflandırma yapılmış görüntüdeki dört sınıf karşılaştırılarak genel doğruluk ve kappa katsayısı elde edilmiştir.

2.7. Arazi Kullanımı Modellemesi

Çalışmada gelecekteki arazi kullanım haritalarını tahmin etmek için TerrSet programındaki LCM modu kullanılmıştır. TerrSet, Markov Zincir modeli ile farklı yıllara ait arazi kullanım haritasından geçiş alan ve geçiş olasılık matris dosyasını oluşturmaktadır. Markov Zincir modeli, mekansal dağılımdaki değişimleri simüle etme hususunda işlevsiz olması nedeniyle Hücresel Otomat modelinde Markov Zincir sonuçları kullanılarak gelecekteki yıllar için arazi kullanım haritası tahmin edilmiştir.

2.8. Taşkın Yayılım Haritaları

Suyun akışı, doğal bir ortamda sayısal yöntemler kullanılarak hesaplanabilmektedir. Akışkanı, bir kontrol hacmine giren ve çıkan kütle olarak değerlendiren Euler yaklaşımı veya akışkan daneciğinin hareketini izleyerek değerlendiren Langrange yaklaşımı, akımın sayısal olarak temsil edilmesinde ve yöntemin belirlenmesinde önemlidir (Marangoz, 2020).

2.9. HEC-RAS (2B) Modeli İle Taşkın Modellemesi

HEC-RAS programı'nda kullanıcının isteğine bağlı olarak kararlı, kararsız veya yarı kararlı akım durumlarında analiz yapılabilmektedir. Taşkın analizlerinin yapıldığı bu çalışmada kararsız akım durumu kullanılmıştır. Programdaki "RASMapper" aracılığıyla akım alanları iki boyutlu olarak haritalandırılmıştır. Kullanıcının tercihinine bağlı olarak, "Saint-Venant" veya "difüzyon dalga denklemleri" kullanılabilen programda, denklem seti olarak difüzyon dalga denklemleri seçilmiştir. Analizlerin daha hızlı ve stabil bir şekilde sonuçlanması için bu denklem veri seti seçilmiştir.

Çalışmada, iki boyutlu HEC-RAS programı'nda Trabzon İl merkezinin koordinat sistemi belirlenmiş sayısal yükseklik modeli ve taşkın alanın türü ve miktarının belirlenmesinde önemli etkisi olan sürtünme katsayısı için uzaktan algılama ile tahmin edilen arazi örtüsü ve kullanım haritası ve iklim değişimi dikkate alınarak elde edilen 100, 200, 500 ve 1000 yıllık tekerrür süreli taşkın hidrografları kullanılarak, yayılım alanı, su derinliği, su hızı, derinlik*hız ve pike ulaşma süresi gibi taşkın parametreleri tahmin edilerek taşkın haritaları oluşturulmuştur.

2.9.1. HEC-RAS (2B) Programına DEM Haritasının Aktarılması

HEC-RAS (2B) programında RAS Mapper arayüzünden temin edilen 5 m uzamsal çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli (SYM) dosyasının koordinatlarını temsil eden projeksiyon dosyası tanımlanmıştır ve daha sonra “.tif” formatlı sayısal yükseklik dosya yüklenmiştir. Bu işlem sonucunda program “.hdf (hierarchical data format)” formatında yeni bir dosya oluşturmuştur. Arazi modeli oluşturulduktan sonra iki Boyutlu hesaplamaların yapılacağı alan sınırları poligon şeklinde belirlenmiştir. Bu poligon, iki boyutlu akışın meydana geleceği alanın sınırlarını ifade etmektedir.

2.9.2. Hesap Ağlarının Oluşturulması

İki boyutlu modellemede hesaplamaları sağlayan hesap ağları vardır ve suyun hareketi bu ağ içerisinde kontrol edilmektedir. Modellemede, sonlu hacimlere dayalı bir çözüm şeması kullanılmaktadır. Bu algoritma, yapılandırılmış veya yapılandırılmamış bir hesaplama ağının kullanımına izin vermek için geliştirilmiştir. Bu sayede hesap ağları oluşturulmaktadır. Hesap ağlarının boyutları kullanıcı tarafından programa tanımlanmaktadır. İki boyutlu HEC-RAS modelinin stabil bir şekilde çalışması için hesap ağlarının boyutları uygun bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Tanımlanan boyut, simülasyon süresine ve modelin stabil çalışmasına doğrudan etki etmektedir. Hesap şebekesi genişliği ve uzunluğu ne kadar az olursa o kadar yüksek çözünürlük sağlanmaktadır. Bu maksatla, çalışma alanı, 15 ile 20 kilometre uzunluğunda ise 15 metre, daha küçük ise 10 metre ve 500 metreden az ise 5 metre ve 100 metreden az ise 1 metre olarak tanımlanmalıdır. Bu tez kapsamında, Değirmendere Havzası’nın özellikleri ve simülasyon süresi göz önünde bulundurularak hesap ağları $DX = 10$ ve $DY = 10$ olarak tanımlanmıştır. Bu aralık, hesap ağında oluşan ızgaralar içerisindeki her bir hücre merkezleri arasındaki mesafeyi tanımlamaktadır. Yazılım, bu hücre merkezleri için bir dizi X ve Y koordinatını hesaplamaktadır.

2.9.3. Pürüzlülük Katsayısının Tanımlanması

İki boyutlu olarak modellenen taşkın yayılacağı arazideki sürtünme etkilerinin tanımlanabilmesi için Manning katsayısı kullanılmaktadır. Bu sebeple, çalışma bölgesini içeren kısımları kapsayacak şekilde Manning haritası oluşturulmuştur. Pürüzlülük katsayısı haritasını

oluşturmak amacıyla tahmini arazi kullanım haritası öncelikle CBS yazılımında poligonlardan oluşan katmana oluşturulması gerekmektedir. Bu katmandaki poligonların her birine belirli bir pürüzlülük katsayısı atfedilebilmesi için poligonların her biri belirli bir arazi kullanım sınıfını göstermesi gerekmektedir. Çalışmada dört sınıftan oluşmuş 2040, 2070 ve 2100 yılı tahmini arazi örtüsü ve kullanım haritaları CBS yazılımında Poligonlardan oluşan ve her poligon için farklı renk tanımlanmış katmanlar (Shapefile formatında) olarak hazırlanmıştır.

CBS yazılımı'nda pürüzlülük katsayısı hazırlandıktan sonra "RASMapper" ara yüzünden HEC-RAS programına girilerek her sınıfa karşılık gelen pürüzlülük katsayısı değerleri tanımlanmıştır. Pürüzlülük katsayısı değerleri ve hücre boyutları raster katmanına tanımlandıktan sonra, iki boyutlu alan için pürüzlülük katsayısı haritası oluşturulmuştur.

2.9.4. Memba ve Mansaptaki Sınır Şartlarının Tanımlanması

Arazi meşlere ayrıldıktan sonra, kararsız akımın sınır koşulları (boundary conditions), belirlenmiştir. Çoğu zaman akarsuyun mansabında spesifik bilgi eksikliği nedeniyle su yüzeyi eğim'in zemin eğimine eşit olduğu varsayılır. Modellemede Havza çıkış sınırına "normal derinlik (Normal Depth)" tanımlanmıştır. Bu çalışmada, 2B alanın çıkış noktası, Sanayi Mahallesi'nin denize bağlandığı yer ile sınırlandırılmıştır. HEC-RAS modelinde bu kısım "Downstream" olarak isimlendirilmiştir. Sürtünme eğimi iki boyutlu akış alanı sınır koşulu çizgisinin yakınındaki arazi eğimine dayalı olarak yaklaşık 0.04 olarak belirlenmiştir. Bir diğer sınır koşulu olarak da "akım hidrografi (Flow Hydrograph)" tanımlanmıştır. HEC-RAS modelinde bu kısım "Upstream" olarak isimlendirilmiştir.

2.9.5. HEC-RAS (2B) Model'in Analiz Edilmesi

İlk adımda analizi gerçekleştirmek için simülasyonun başlangıç ve bitiş zamanlarının belirtilmesi gerekmektedir. Model üzerinde simülasyonun başlangıç süresi 01JAN2023 00:00 olarak tanımlanmıştır. Bu süre baz alındığında sistem 1 Ocak 2023 gece 12:00 saatinde simülasyonun başlayacağını referans almaktadır. Bununla birlikte 3 saatlik zaman aralığı dikkate alındığından dolayı simülasyonun bitiş zamanı 02JAN2023 akşam 18:00 olarak tanımlanmıştır. Bu durumda toplam simülasyon süresi 18 saat olarak tanımlanmıştır.

Hesap ve simülasyonlarda kullanılmak üzere dört ayrı zaman aralığı parametresi tanımlanmıştır. Hesap aralığının maksimum 1 dakika olması gerekmektedir. Hesap aralığı, model stabilitesi ve literatürde yer alan seçim kriterleri değerlendirildiğinde 20 saniye olarak tanımlanmıştır.

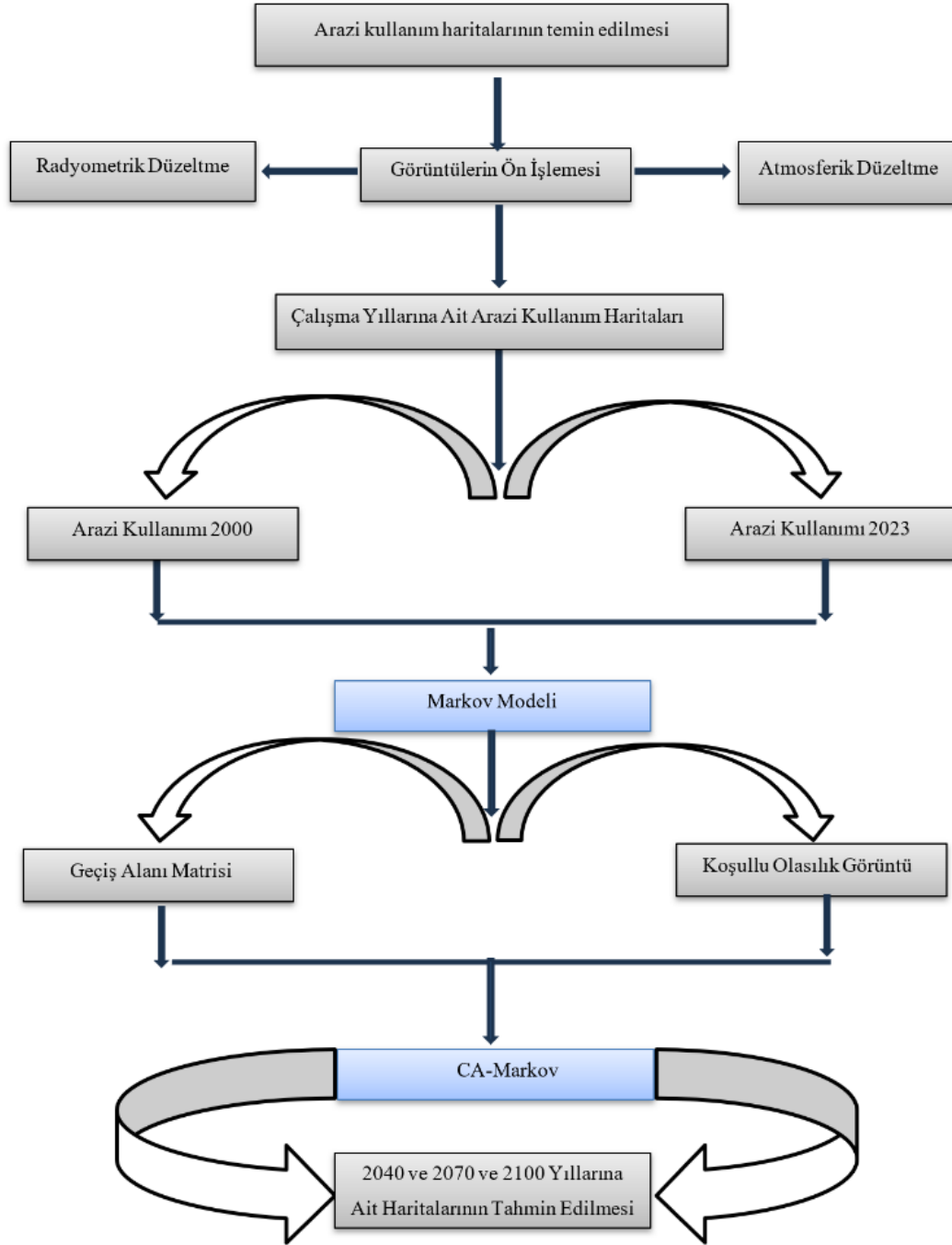
Hidrograf çıktı aralığı, ötelenmiş hidrografın zamansal aralığının karşılığıdır. Dolayısıyla modelde ani yükselmelerin ve değişimlerin olduğu durumlarda veya modelde tanımlanan sınır şartlarının birbirlerine olan mesafesinin ve taşkın seyahat süresinin kısa olduğu durumlarda, olabildiğince küçük seçilmelidir. Taşkın yayılım modelinde, bu değer 5 dakika olarak tanımlanmıştır.

Detaylı çıktı aralığı kararsız akım koşullarında, 1 dakika olarak sınırlandırılmıştır. Bu değer, hidrograf çıktı aralığıyla aynı seçilmesi, elde edilecek profillerin, paralel olarak değerlendirilebilmesine imkân sağlamaktadır. Bu yüzden, ilgili değer 5 dakika olarak tanımlanmıştır.

Haritalama çıktı aralığı, simülasyonun görsel olarak yürütülmesinden sorumludur. Bu değer, çok küçük seçilmesi, simülasyonun ayrıntısını artırarak, hesap süresini uzatmaktadır. Taşkın yayılım modelinde bu değer, diğer parametreler ile benzer seçilerek 5 dakika olarak tanımlanmıştır.

2.10. Arazi Sınıflandırması

Arazi sınıflandırması tahmini için yapılan işlemlerin akış şeması Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 8. Arazi sınıflandırması tahmini akış şeması

3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu bölümde, ayrıntıları 2. Bölümde sunulan çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular sunulmuştur.

3.1. Taşkın Debilerinin Tahmini Bulguları

3.1.1. Noktasal Taşkın Frekans Analizi Bulguları

Noktasal Taşkın Frekans Analizi (Bölüm 2.4.1)'de sunulan açıklamalar ışığında (15) nolu eşitliğe göre hesaplanan çeşitli tekerrür süreli taşkın debileri Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Çeşitli tekerrür süreli taşkın debileri

T (yıl)	F	Q_T (m^3 / s)
2	0.5	97.425
5	0.8	140.68
10	0.9	164.61
25	0.96	187.84
50	0.98	200.69
100	0.99	210.52
200	0.995	218.04
500	0.998	225.34
1000	0.999	229.38

3.1.2. Taşkın Debilerinin Çalışma Alanına Taşınması Bulguları

Taşkın Debilerinin Çalışma Alanına Taşınması (Bölüm 2.4.2)'de sunulan (16) nolu eşitliğe göre elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur:

a. Yıllık Ortalama Debi ile Havza Alanı Arasındaki İlişkinin Elde Edilmesi:

Değirmendere Havzasına ait ortalama debiyi tahmin etmek için Q_{ort} ile A arasındaki denklemler ve eşitlikler ile ilgili sonuçlar (regresyon katsayıları, korelasyon katsayıları ve rölatif hatalar) Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 6. Kullanılan denklemlerin sonuçları

Denklem No	Denklem	Katsayılar		a	b	r	RH (%)
17	$Q_{ort} = a + bA$	a		5.2	0.0086	0.675	36.0
18	$Log(Q_{ort}) = a + bLog(A)$	b		0.0235	0.336	0.604	38.4
19	$Q_{ort} = a + bLog(A)$	c		-9.17	7.15	0.552	42.2

Elde edilen denklemlerin korelasyon katsayıları ve rölatif hataları dikkate alındığında 17 nolu denklem en uygun denklem olduğundan, Değirmendere Havzası’nın yıllık ortalama debisi şöyle hesaplanmıştır:

$$Q_{ort} = 5.2 + 0.0086 * 1054 = 14.26 m^3 / s \quad (18)$$

b. İklim Değişimi Dikkate Alınmış Mansaptaki Debilerin Tahmin Edilmesi:

Çalışma sonucunda, iklim değişimi etkileri, 2040 (P1), 2070 (P2) ve 2100 (P3) yılları için incelenmiştir. Yıllık ortalama debilerdeki artış oranları 2040 (P1), 2070 (P2) ve 2100 (P3) yılları için sırasıyla %8.68, %13.337 ve %9.82’dir. Bu yıllara ait yıllık ortalama debilerin sırasıyla $14.26 * 1.0868 = 15.50 m^3/s$, $14.26 * 1.1333 = 16.16 m^3/s$ ve $14.26 * 1.0982 = 15.66 m^3/s$ olduğu tahmin edilmiştir.

c. Q_T/Q_{ort} Kullanılarak Taşkın Debilerinin Tahmini:

Değirmendere Öğütlü Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) yıllık ortalama debi $Q_{ort} = 11.4 m^3/s$ olduğundan, $Q_T / Q_{ort} = Q_T / 11.4$ değerleri farklı aşılımla olasılıklarına göre Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Farklı aşılma olasılıklarına göre Q_T / Q_{ort} değerleri

T (yıl)	F	$Q_T (m^3 / s)$	Q_T/Q_{ort}
2	0.5	97.425	8.55
5	0.8	140.68	12.34
10	0.9	164.61	14.44
25	0.96	187.84	16.48
50	0.98	200.69	17.60
100	0.99	210.52	18.47
200	0.995	218.04	19.12
500	0.998	225.34	19.76
1000	0.999	229.38	20.12

Çeşitli tekerrür süreli (T) taşkın debilerini tahmin etmek için Q_T/Q_{ort} değerleri ve F arasında bir ilişki elde etmek gerekmektedir. Çalışmada çeşitli türde denklemler önerilmiştir (Seçkin, 2009). EViews 10 programında önerilen bu denklemlerin katsayıları, ayrıca çalışılan alan için korelasyon katsayıları (r) ve rölatif hatalar (RH) elde edilerek Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. $Q_T/Q_{ort} - F$ ilişkisi için önerilen denklemlerin özeti

No	Denklem	a	b	c	r	RH (%)
21	$\frac{Q_T}{Q_{ort}} = a + bF$	-3.65	22.13	-	0.939	7.7
22	$Log\left(\frac{Q_T}{Q_{ort}}\right) = a + bLog(F)$	1.26	1.189	-	0.957	6.8
23	$\frac{Q_T}{Q_{ort}} = a + b\left(\frac{1-F}{F}\right)^c$	0.111	0.789	-0.266	0.869	85.2
24	$\frac{Q_T}{Q_{ort}} = a + b\left(\frac{1-F}{F}\right)^c$	-188.4	198.65	-0.008	0.963	5.9

Tablodan da görüleceği üzere, en yüksek r ve en düşük RH değerini veren denklem 24 nolu eşitliktir. Ancak a, b ve c katsayılarını bulmak için bazı iterasyonlar yapılmış ve en büyük korelasyon katsayısına (0.963) ve en az rölatif hataya (%5.9) sahip en uygun denklem EViews 10 programında deneme yanılma yoluyla şöyle elde edilmiştir ve kullanılmıştır:

$$\frac{Q_T}{Q_{ort}} = -188.4 + 198.65 \left(\frac{1-F}{F} \right)^{-0.008} \quad (19)$$

d. İklim Değişimi Dikkate Alınmış Farklı Tekerrür Süreli Debilerin Tahmin Edilmesi:

Doğu Karadeniz Havzası'ndaki Değirmendere Havzası için ve Genelleştirilmiş Pareto dağılımına göre yukarıdaki eşitlik yardımıyla, iklim değişimi dikkate alınmış debiler ($\bar{Q}$) kullanılarak farklı tekerrür süreli taşkın debileri elde edilmiştir ve Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9. İklim değişimi dikkate alınmış taşkın tahminlerinin sonuçları

T (yıl)	F	Q_T/Q_{ort}	$Q_T (m^3/s) = Q_{ort} * (Q_T/Q_{ort})$			
			M (2023)	P1 (2040)	P2 (2070)	P3 (2100)
100	0.990	17.69	252.24	274.2	285.9	277.0
200	0.995	18.84	268.84	292.0	304.5	295.0
500	0.998	20.37	290.52	315.7	329.2	319.0
1000	0.999	21.54	307.20	333.9	348.1	337.3

3.2. Akım Hidrografi Bulguları

Bölüm 2.5'teki 17 nolu eşitlik kullanılarak akım hidrografi değerleri hesaplanmıştır. Örneğin, T = 3 saat için $T/T_p = 3/12 = 0.25$, boyutsuz BH tablosundan $Q/Q_p = Q/122.72 = 0.145$ ve bu zamana karşılık gelen debi $0.145 * Q_p$ olur.

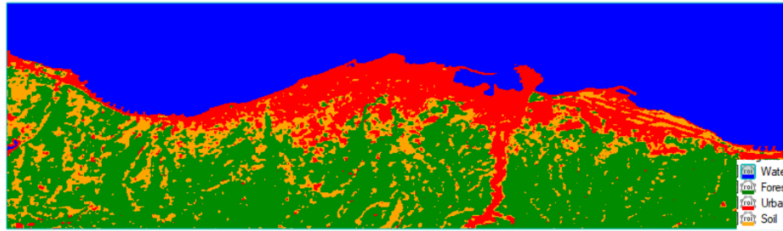
Örneğin T = 100 yıl ve P₁ zamanı (2040 yılı) için $Q_p = 274.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ve debi ise $0.145 * 274.2 = 39.76 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak elde edilir. Bu T ve P için hesaplanan akış hidrografi değerleri Tablo 10'da sunulmuştur. Benzer işlemler tüm P zamanları ve tüm T tekerrür süreleri için hesaplanıp Ek Tablo 1-16'de sunulmuştur.

Tablo 10. 2040 (P1) yılı ve 100 yıllık tekerrür süresi için taşkın hidrografı

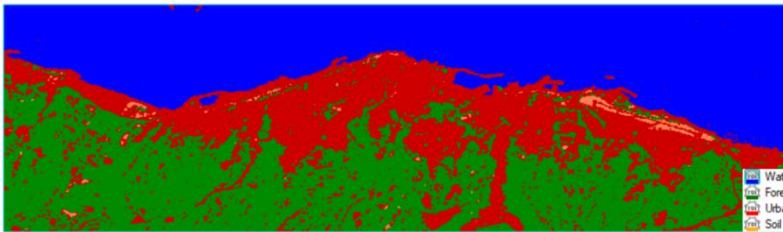
Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)	
T/T _p	Q/Q _p	T (saat)	Q (m ³ /s)	T/T _p	Q/Q _p	T (saat)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	76.78
0.25	0.145	3	39.76	2.25	0.192	27	52.65
0.50	0.470	6	128.87	2.50	0.127	30	34.82
0.75	0.875	9	239.92	2.75	0.085	33	23.31
1.00	1.000	12	274.20	3.00	0.055	36	15.1
1.25	0.895	15	245.41	3.25	0.037	39	10.14
1.50	0.680	18	186.46	3.50	0.025	42	6.86
1.75	0.425	21	116.53				

3.3. Arazi Sınıflandırması Bulguları

2000 tarihli Landsat 7 ETM+ ve 2023 tarihli Landsat 8 OLI görüntüsüne Maksimum Olabilirlik yöntemi kullanarak yapılan sınıflandırma sonuçları Şekil 9 ve Tablo 11’de sunulmuştur.



a. 2000 Yılı



b. 2023 Yılı

Şekil 9. 2020 ve 2023 yıllarına ait arazi sınıflandırması haritaları

Tablo 11. Arazi sınıflandırma bulguları

Yıllar	2000		2023	
Kullanım Sınıfı	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Toprak	1384.3714	11.191	89.1937	0.72
Şehir	1529.6727	12.366	3273.5511	26.46
Orman	4492.5062	36.317	4387.3784	35.47
Su	4963.6578	40.126	4620.2146	37.35
Toplam	12370.2082	100	12370.3379	100

TerrSet modelinin uygulanması sonucunda 2040, 2070 ve 2100 yılları için tahmin edilen arazi kullanımı sonuçları Tablo 12’de sunulmuştur.

Tablo 12. 2040 ve 2070 ve 2100 yılları arazi sınıfları

2040			2070		2100	
Sınıf	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)	Alan (ha)	Oran (%)
Toprak	92.14109	0.7278	91.88051	0.72492	93.4961	0.73767
Şehir	3392.804	26.768	3399.544	26.8219	3376.509	26.6401
Orman	4445.373	35.0733	4439.397	35.02619	4464.326	35.2228
Su	4744.189	37.4309	4743.685	37.42697	4740.176	37.3992
Toplam	12674.51	100	12674.51	100	12674.51	100

3.4. Taşkın Yayılım Haritaları Bulguları

3.4.1. İncelenen Parametreler

Daha önceki çalışmalarda, taşkın zararlarını etkileyen çok çeşitli parametreler ifade edilmiştir. Bu parametrelerin en önemlileri olarak su derinliği, akış hızı, su derinliği*akış hızı ve varış zamanıdır. (Jonkman, 2007; Serencam, 2013). Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen iklim değişimi ve arazi kullanımı değerlerine göre HEC-RAS programı kullanılarak incelenen taşkın haritaları parametreleri, tekerrür süresine (T = 100, 200, 500 ve 1000 yıl) ve yıllara (2023, 2040, 2070 ve 2100) göre belirlenip şekil ve tablolar halinde sunulmuştur. Yapılan çalışmalar,

taşkın zararları üzerinde etkin olan çok sayıda parametre olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada, bu parametrelerin en önemli 5 tanesi incelenmiş olup aşağıda bunlar hakkında kısa bilgi sunulmuştur.

a. Yayılım Alanı (A , ha): Taşkın sularının yayıldığı, başka bir ifadeyle taşkından etkilenecek alanın büyüklüğü ve taşkın sularının hangi bölgelere yayıldığı, taşkın zararlarının (can ve mal kaybı) tahmini ve sonuç olarak taşkın yönetimi açısından büyük bir öneme sahiptir.

b. Su Derinliği (d , m): Taşkın zararı hesaplarında ortalama akım hızı ile birlikte su derinliğinin de çok büyük bir öneme sahip olduğu literatürdeki çeşitli çalışmalarda vurgulanmıştır. Su derinliği arttıkça barınak olasılığı azaldığı için su derinliği önemli bir parametredir. Daha büyük su derinlikleri ile suların hızlı yükselişinin birleşimi özellikle tehlikelidir. Bu durumlarda insanların daha yüksek katlara ve barınaklara ulaşmak için çok az zamanı olur ve binaların içinde sıkışıp kalabilir (Jonkman, 2007).

c. Ortalama Akım Hızı (V , m/s): Taşkın sonucunda oluşacak akımın ortalama hızı, taşkın zararlarında çok önemli bir parametre olup, çeşitli araştırmalarda hız arttıkça taşkın zararlarının büyüyeceği sonucuna ulaşılmıştır. Büyük akım hızı nedeniyle insanlar dengesini kaybedebilir, suya düşebilir ve boğulabilir ve ayrıca binalar çökebilir (Jonkman vd., 2008).

d. Su Derinliği*Ortalama Akım Hızı ($d*V$, m^2/s): Hız ve derinlik değerlerinin çarpımının taşkın zararları üzerindeki etkisi ve bu değerın kritik bir değere ulaşması halinde zararların önemli ölçüde büyüyeceği çeşitli çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur. Akım hızı ve su derinliği kombinasyonu nedeniyle oluşacak can ve mal kaybı tahmini, suda yürüyen insanlar, akıntıdaki arabalar ve akan suda binalar için verilmektedir (Jonkman vd., 2008).

Araştırmacılar tarafından geliştirilen teoride, taşkın ölümlerinde hem hız ve hem derinlik faktörlerinin tek başına ve ayrıca kombinasyon halinde diğer faktörlerden daha etkili olduğunu göstermektedir (Penning-Rowsell ve Jonkman, 2008). Bu iki araştırmacı tarafından yapılan değerlendirmede, insan dengesizliğine yol açan iki temel etkenin devrilme ve kayma olduğu ortaya çıkmıştır. Çok sayıda araştırmacı, kayıpların simülasyonu için derinlik ve hızın bir kombinasyonunu önermektedir. Japonya'da taşkın sularının içinden yürümenin mümkün olup olmadığını belirlemek amacıyla deneyler yapılmış, $d*v$ değerinin $0.5 m^2/s$ 'nin üzerinde olduğunda kişilerin yürümesinin zorlaştığı belirlenmiştir (Suetsugi, 1998). Bazı çalışmalarda (Abt vd., 1989; Karvonen vd., 2000), kritik değerin $1.35 m^2/s$ olduğu, diğer çalışmalarda ise (Penning-Rowsell vd., 2005; Ramsbottom vd., 2004) $0.6 m^2/s$ ile $1.2 m^2/s$ arasında değiştiği ifade edilmektedir.

e. Varış Zamanı (t, saat): Varış zamanı taşkın başlangıç anı ile ilk suyun belirli bir yere geldiği an arasındaki zamandır. Bu sürenin uzun olması, taşkın kurtarma çalışmalarında önemli bir yer tutan tahliye faaliyetleri için yeterli süre olması anlamına gelir ve varış zamanı parametresi taşkın zararları üzerinde etkin bir faktördür. Bu süre kısa olduğunda, ayrılmak için çok az zaman kalır ve daha fazla insan taşkına maruz kalır (Jonkman 2008).

3.4.2. Yayılım Alanı Bulguları

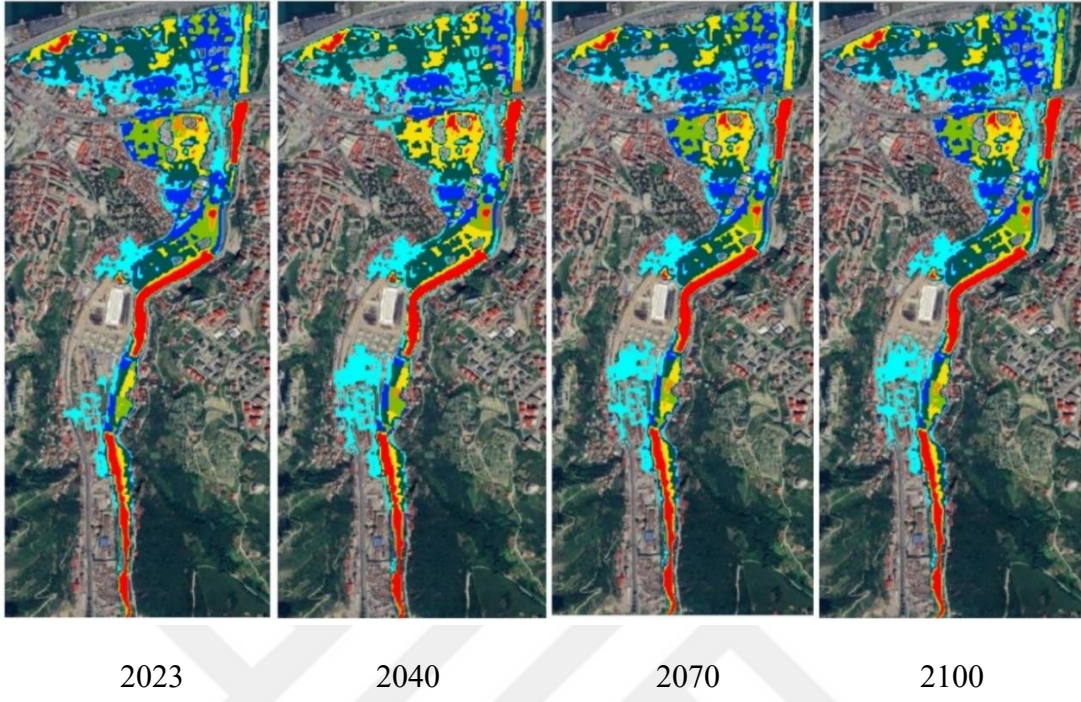
Taşkından etkilenecek alan bulguları, Tablo 13'te sunulmuştur.

Tablo 13. Taşkın yayılım alanları (hektar)

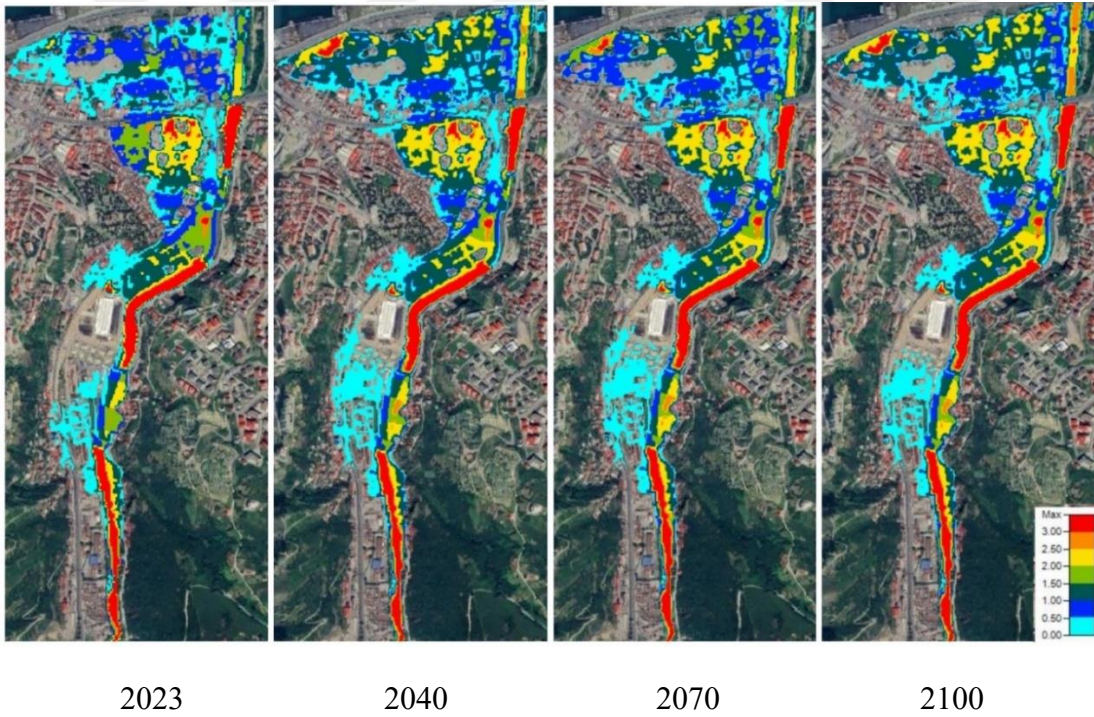
Tekerrür/Yıl	2023	2040	2070	2100	TOPLAM
100	652,975	709,075	719,575	690,525	2,772,150
200	635,275	730,925	711,750	726,825	2,804,775
500	730,950	739,325	731,600	763,175	2,965,050
1000	734,850	763,050	769,125	764,450	3,031,475
TOPLAM	2,754,050	2,942,375	2,932,050	2,944,975	

3.4.3. Su Derinliği Bulguları

Su derinliği bulguları hem tekerrür süresine hem de yıla göre hesaplanmıştır. Derinlik değerlerinin tekerrür süresine göre değişimi Şekil 10 ve Tablo 14'te, yıllara göre değişimi ise Şekil 11 ve Tablo 15'te sunulmuştur:



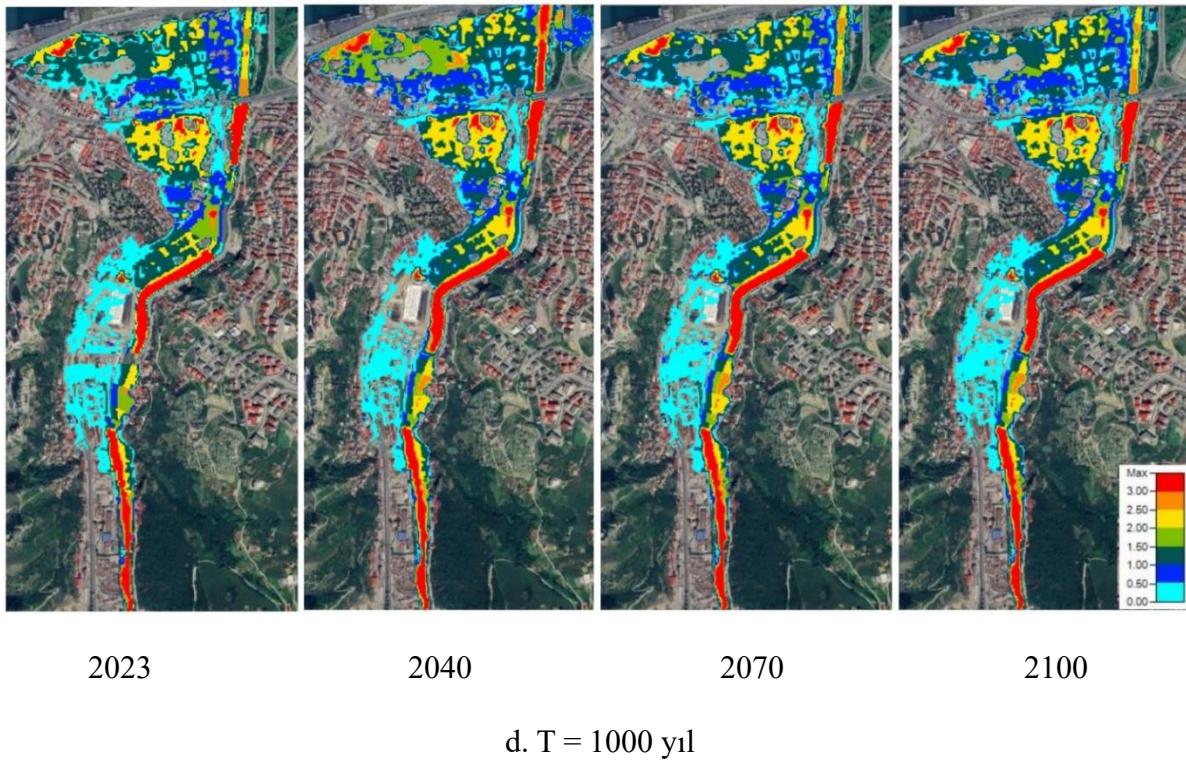
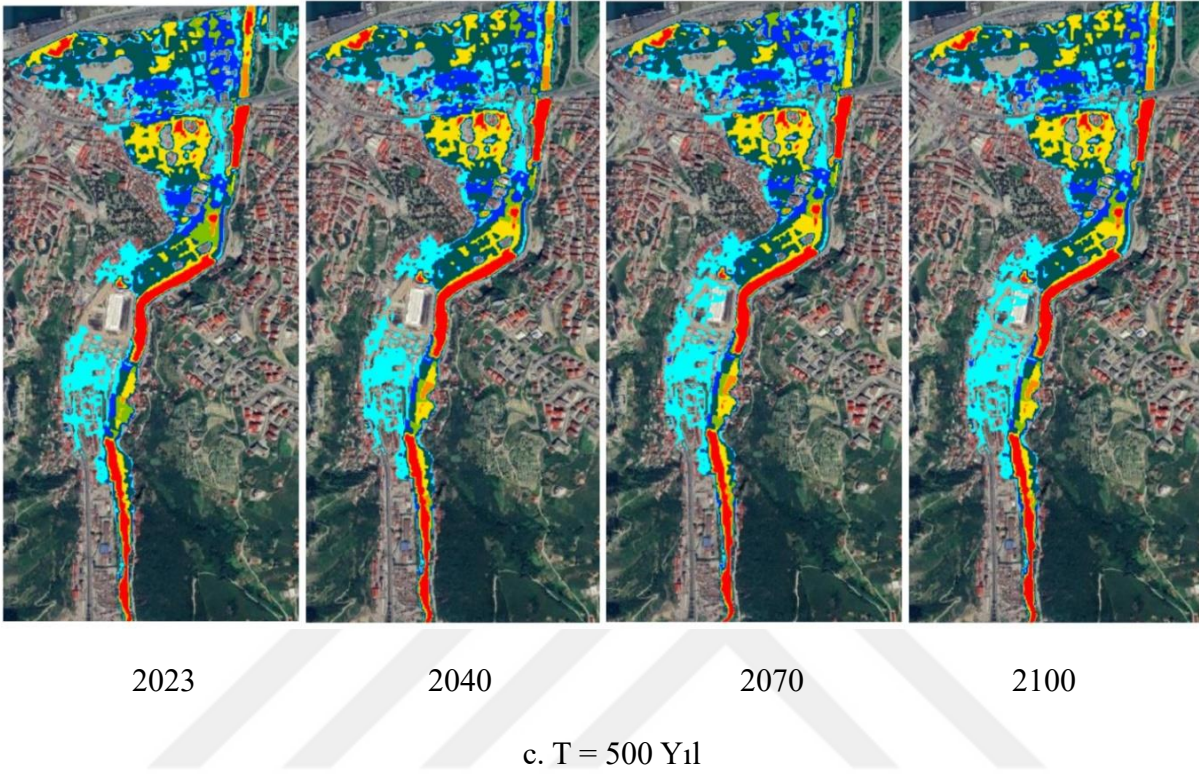
a. T = 100 Yıl



b. T = 200 Yıl

Şekil 10. Tekerrür süresine göre su derinlikleri (m)

Şekil 10'un devamı



Tablo 14. Tekerrür süresine göre su derinlikleri (m)

Yıl	2023	2040	2070	2100
d	%	%	%	%
0 - 0.5	24.69	27.49	27.48	28.71
0.5 - 1	16.34	10.99	10.33	13.51
1 - 1.5	25.19	28.95	29.06	25.30
1.5 - 2	10.06	5.06	5.21	8.45
2 - 2.5	11.16	14.65	14.36	11.22
2.5 - 3	1.94	2.14	2.70	2.11
3 <	10.61	10.73	10.86	10.71

a. T = 100 yıl

Yıl	2023	2040	2070	2100
d	%	%	%	%
0 - 0.5	29.71	29.13	28.08	27.76
0.5 - 1	19.69	9.80	15.69	10.34
1 - 1.5	18.92	28.79	22.97	29.01
1.5 - 2	9.20	4.91	7.32	4.82
2 - 2.5	9.47	14.61	12.97	14.56
2.5 - 3	1.93	2.26	2.68	2.871
3 <	11.08	10.51	10.29	10.65

b. T = 200 yıl

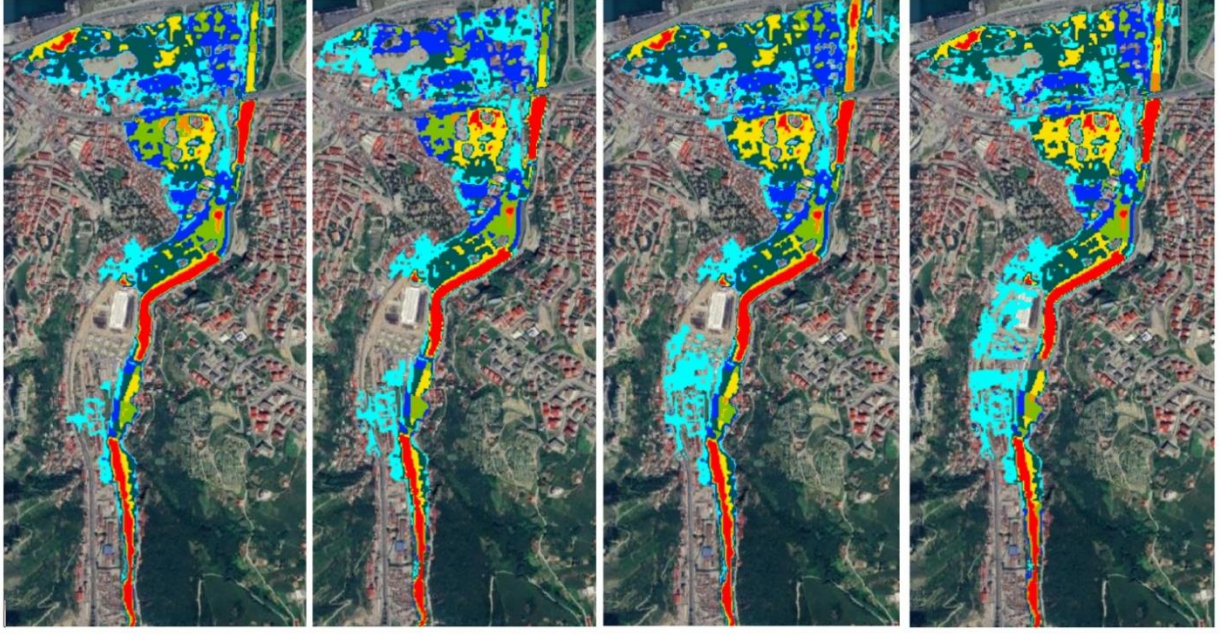
Tablo 14'ün devam

Yıl	2023	2040	2070	2100
d	%	%	%	%
0 - 0.5	29.49	28.39	31.03	30.40
0.5 - 1	11.99	10.98	12.66	10.09
1 - 1.5	26.42	27.41	24.37	27.54
1.5 - 2	6.16	5.93	6.05	5.10
2 - 2.5	12.83	13.79	12.72	14.02
2.5 - 3	2.56	3.14	2.66	2.83
3 <	10.54	10.35	10.50	10.02

c. T = 500 yıl

Yıl	2023	2040	2070	2100
d	%	%	%	%
0 - 0.5	30.00	23.22	27.97	28.82
0.5 - 1	11.40	14.12	12.33	11.60
1 - 1.5	26.99	21.98	25.34	26.09
1.5 - 2	5.90	12.09	7.16	6.63
2 - 2.5	13.17	12.51	13.37	13.64
2.5 - 3	2.27	4.50	3.44	3.08
3 <	10.29	11.58	10.39	10.14

d. T = 1000 yıl



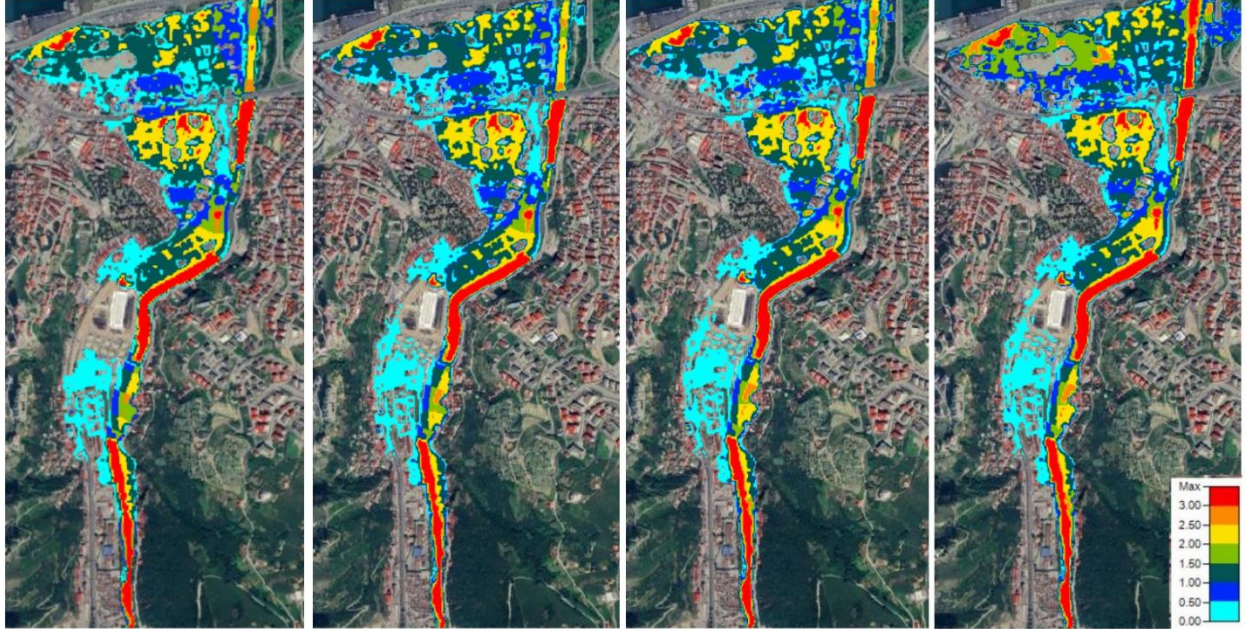
T = 100 yıl

T = 200 yıl

T = 500 yıl

T = 1000 yıl

a. 2023 Yılı



T = 100 yıl

T = 200 yıl

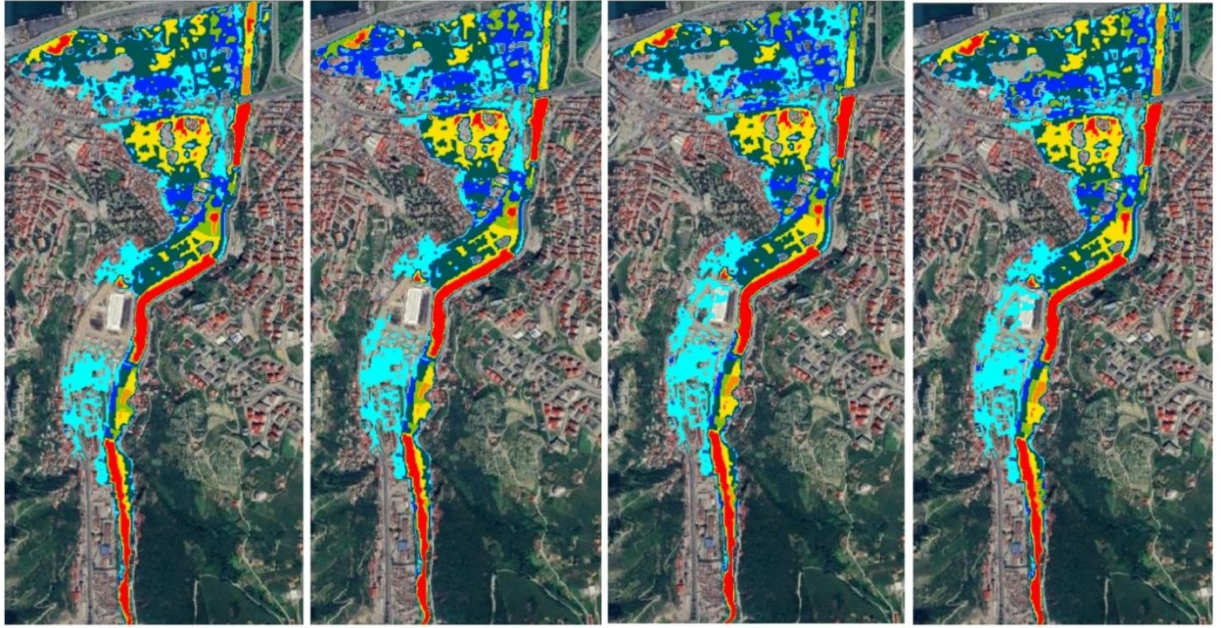
T = 500 yıl

T = 1000 yıl

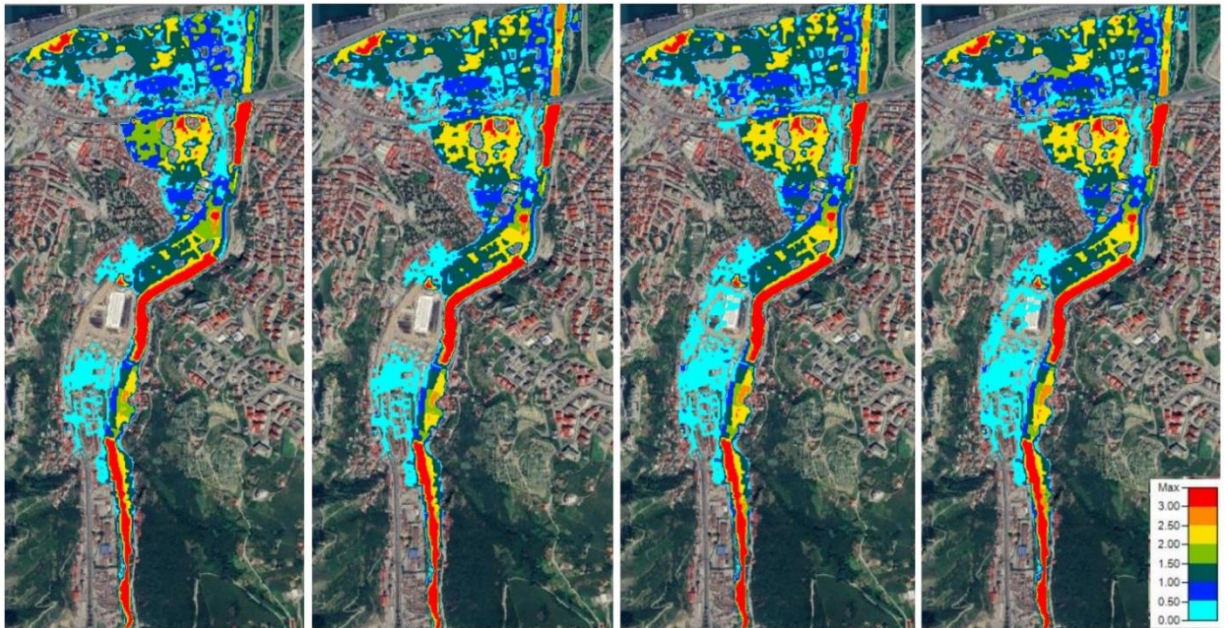
b. 2040 Yılı

Şekil 11. Yıllara göre su derinlikleri (m)

Şekil 11'in devamı

 $T = 100$ yıl $T = 200$ yıl $T = 500$ yıl $T = 1000$ yıl

c. 2070 Yılı

 $T = 100$ yıl $T = 200$ yıl $T = 500$ yıl $T = 1000$ yıl

d. 2100 Yılı

Tablo 15. Yıllara göre su derinlikleri (m)

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
d	%	%	%	%
0 - 0.5	24.69	29.71	29.49	30.00
0.5 - 1	16.34	19.69	11.99	11.40
1 - 1.5	25.19	18.92	26.42	26.99
1.5 - 2	10.06	9.20	6.16	5.90
2 - 2.5	11.16	9.47	12.83	13.17
2.5 - 3	1.94	1.93	2.56	2.27
3 <	10.61	11.08	10.54	10.29

a. 2023 Yılı

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
d	%	%	%	%
0 - 0.5	27.49	29.13	28.39	23.22
0.5 - 1	10.99	9.80	10.98	14.12
1 - 1.5	28.95	28.79	27.41	21.98
1.5 - 2	5.06	4.91	5.93	12.09
2 - 2.5	14.65	14.61	13.79	12.51
2.5 - 3	2.14	2.26	3.14	4.50
3 <	10.73	10.51	10.35	11.58

b. 2040 yılı

Tablo 15'in devam

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
d	%	%	%	%
0 - 0.5	27.48	28.08	31.03	27.97
0.5 - 1	10.33	15.69	12.66	12.33
1 - 1.5	29.06	22.97	24.37	25.34
1.5 - 2	5.21	7.32	6.05	7.16
2 - 2.5	14.36	12.97	12.72	13.37
2.5 - 3	2.70	2.68	2.66	3.44
3 <	10.86	10.29	10.50	10.39

c. 2070 Yılı

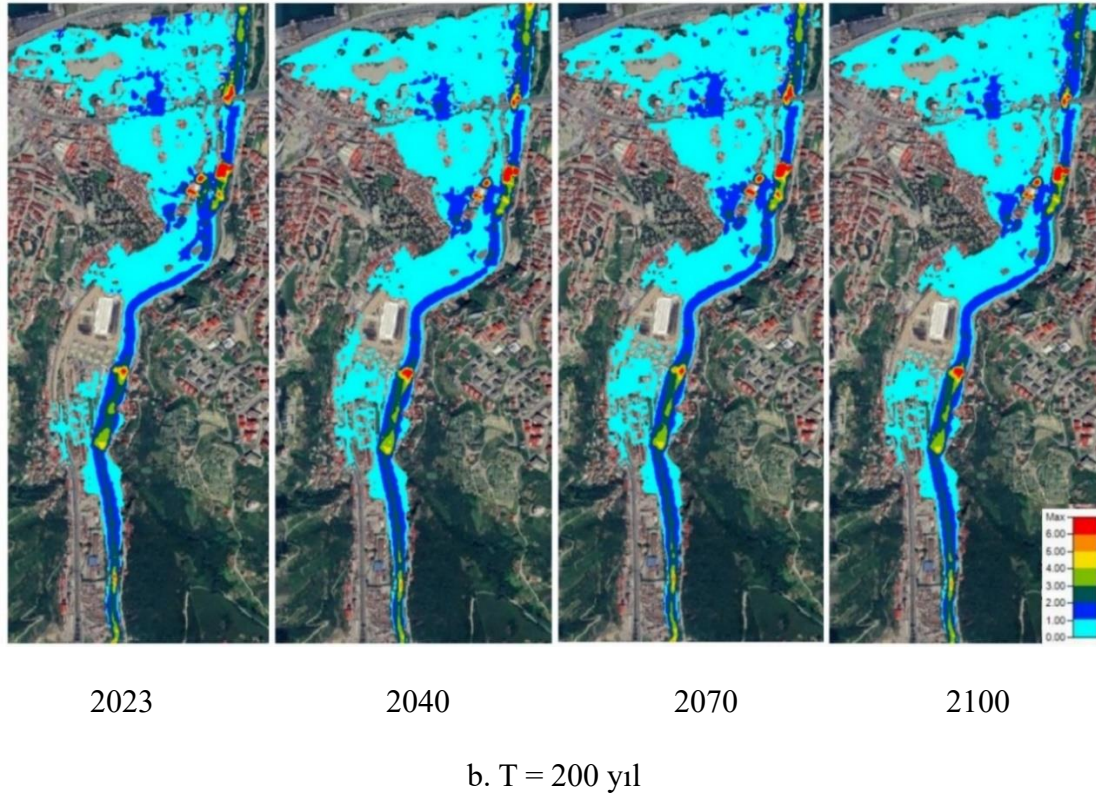
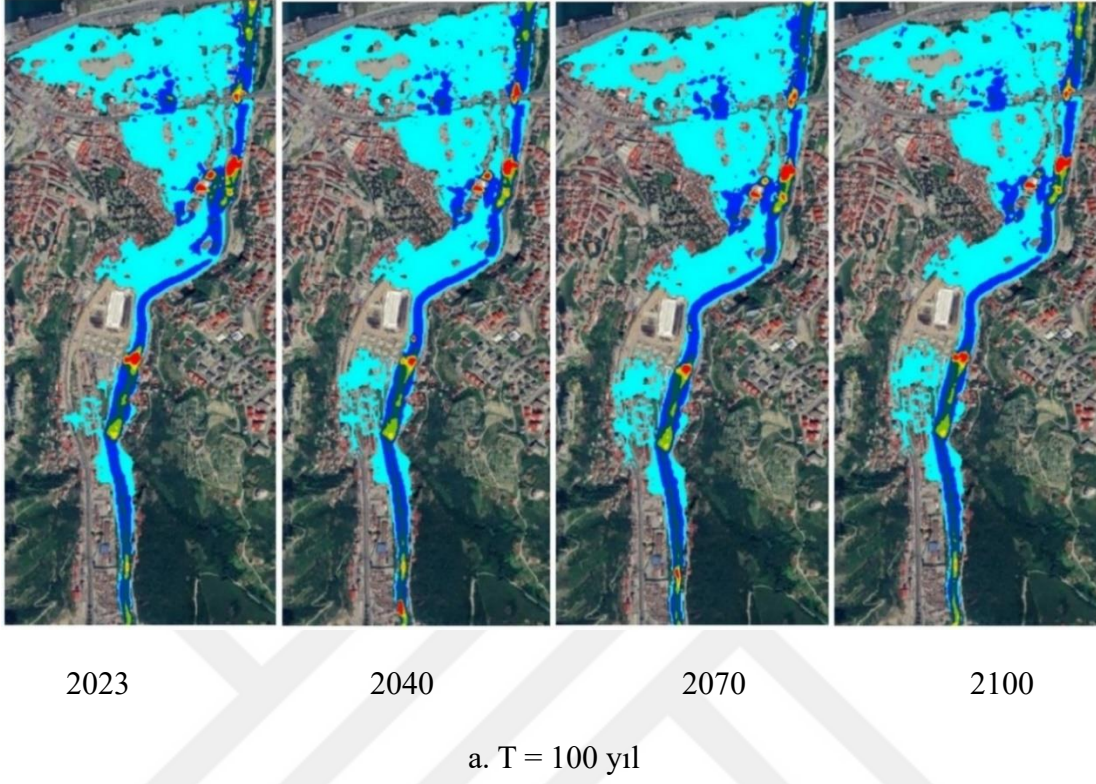
T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
d	%	%	%	%
0 - 0.5	28.71	27.76	30.40	28.82
0.5 - 1	13.51	10.34	10.09	11.60
1 - 1.5	25.30	29.01	27.54	26.09
1.5 - 2	8.45	4.82	5.10	6.63
2 - 2.5	11.22	14.56	14.02	13.64
2.5 - 3	2.11	2.871	2.83	3.08
3 <	10.71	10.65	10.02	10.14

d. 2100 Yılı

3.4.4. Ortalama Su Hızı Bulguları

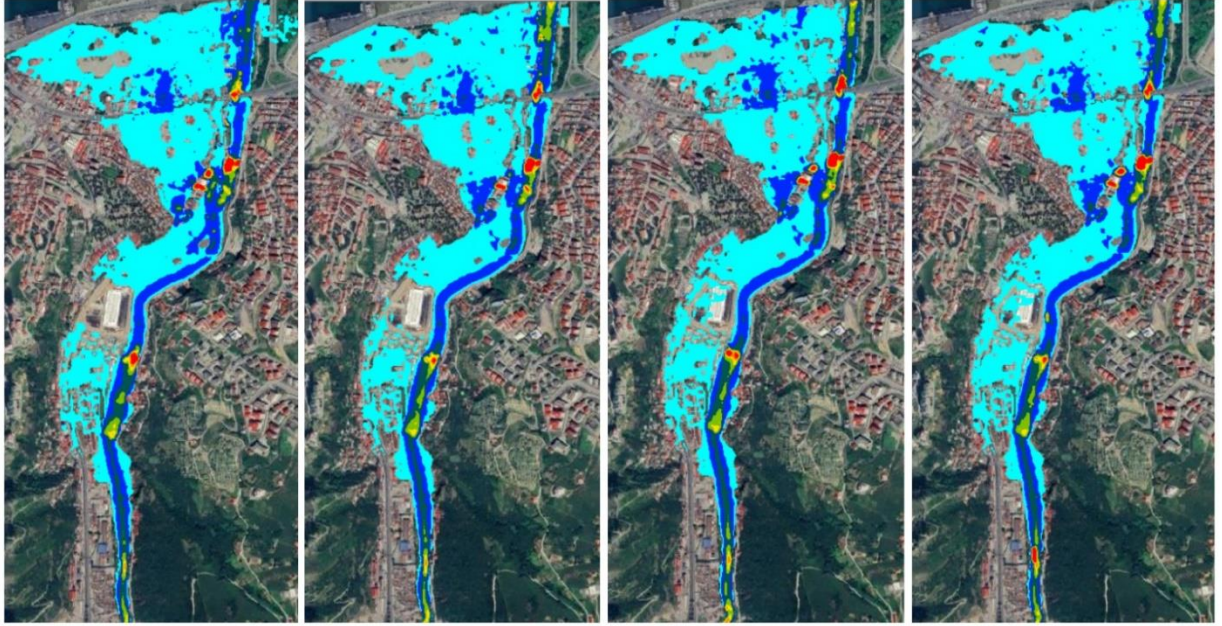
Ortalama su hızı bulguları hem tekerrür süresine hem de yıla göre hesaplanmıştır. Derinlik değerlerinin tekerrür süresine göre değişimi Şekil 12 ve Tablo 16’da, yıllara göre değişimi ise Şekil 13 ve Tablo 17’de sunulmuştur:





Şekil 12. Tekerrür süresine göre ortalama su hızları (m/s)

Şekil 12'nin devamı



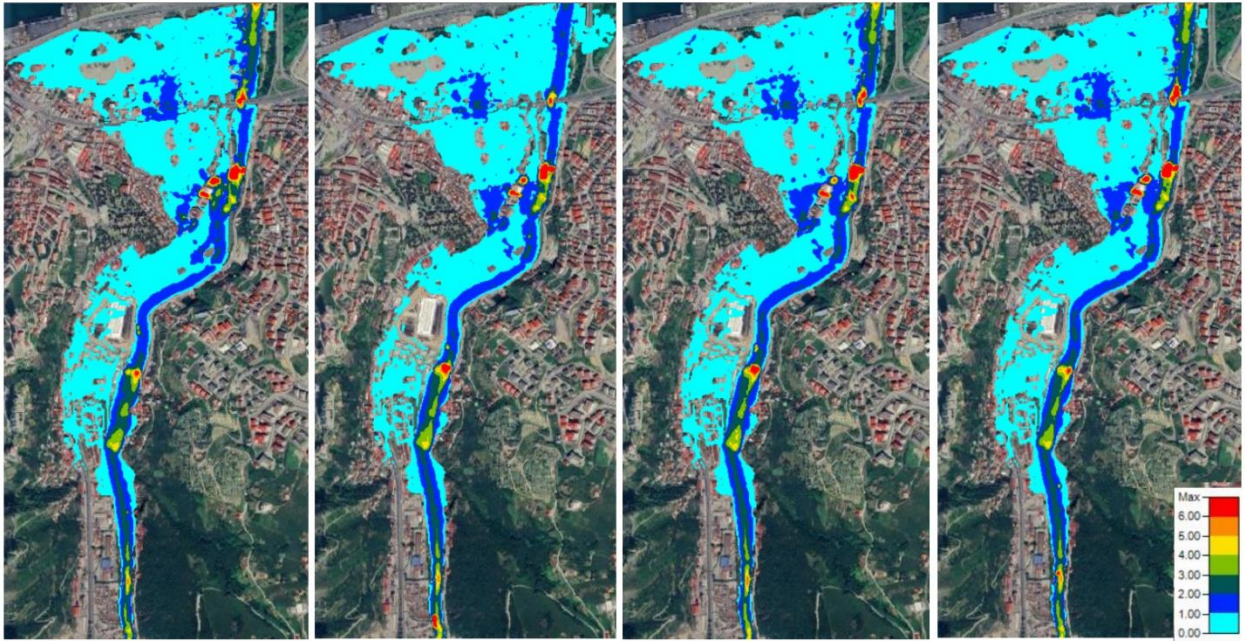
2023

2040

2070

2100

c. T = 500 yıl



2023

2040

2070

2100

d. T = 1000 Yıl

Tablo 16. Tekerrür süresine göre ortalama su hızları (m/s)

Yıl	2023	2040	2070	2100
V	%	%	%	%
0 - 1	68.04	68.68	68.95	69.32
1 - 2	17.24	16.60	17.06	16.90
2 - 3	8.05	7.88	8.00	7.69
3 - 4	3.05	3.13	2.59	2.84
4 - 5	1.13	1.18	1.06	1.15
5 - 6	0.61	0.59	0.57	0.63
6 <	1.87	1.92	1.76	1.45

a. T = 100 yıl

Yıl	2023	2040	2070	2100
V	%	%	%	%
0 - 1	65.61	69.47	67.70	69.30
1 - 2	18.54	16.25	17.70	16.52
2 - 3	9.08	7.91	8.30	8.07
3 - 4	3.35	3.03	3.05	2.87
4 - 5	1.38	1.20	1.40	1.17
5 - 6	0.70	0.59	0.66	0.55
6 <	1.33	1.54	1.19	1.51

b. T = 200 yıl

Tablo 16'nin devam

Yıl	2023	2040	2070	2100
V	%	%	%	%
0 - 1	68.22	68.38	66.88	69.21
1 - 2	17.39	16.79	17.59	16.26
2 - 3	8.45	8.37	8.68	8.17
3 - 4	2.80	3.20	3.32	3.15
4 - 5	1.32	1.39	1.38	1.38
5 - 6	0.67	0.74	0.67	0.65
6 <	1.14	1.12	1.46	1.17

c. T = 500 yıl

Yıl	2023	2040	2070	2100
V	%	%	%	%
0 - 1	68.25	69.23	67.55	68.30
1 - 2	16.33	17.24	16.87	16.40
2 - 3	8.99	7.05	8.68	8.65
3 - 4	3.34	2.92	3.26	3.28
4 - 5	1.41	1.33	1.30	1.45
5 - 6	0.59	0.59	0.67	0.75
6 <	1.08	1.63	1.67	1.17

d. T = 1000 yıl



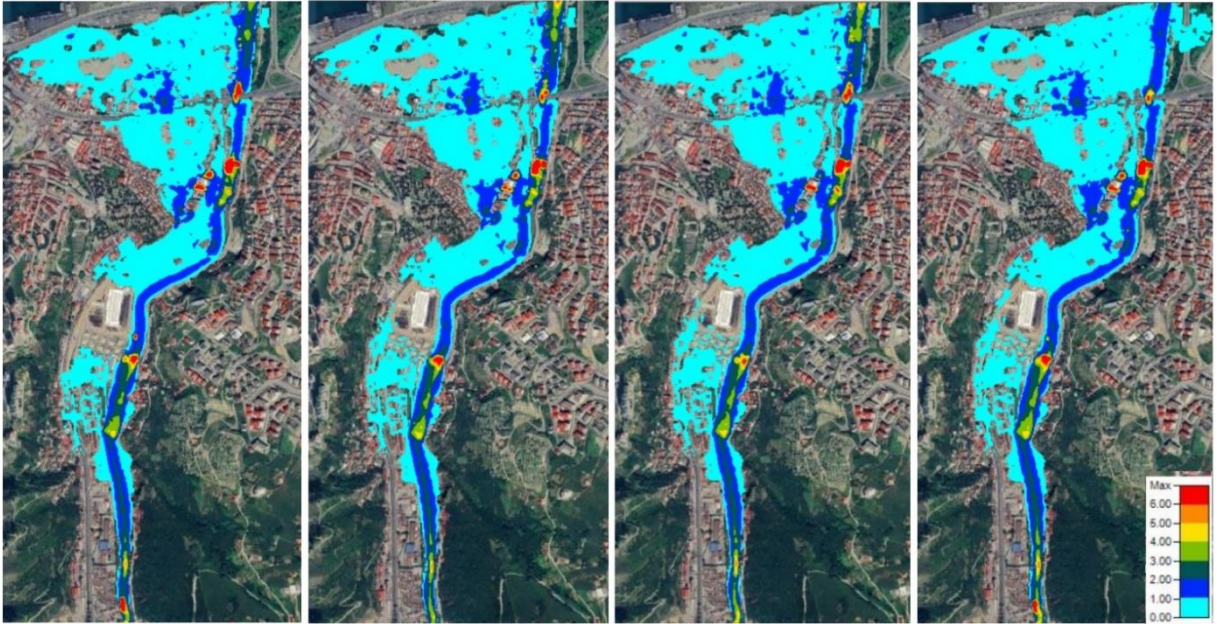
T = 100 yıl

T = 200 yıl

T = 500 yıl

T = 1000 yıl

a. 2023 Yılı



T = 100 yıl

T = 200 yıl

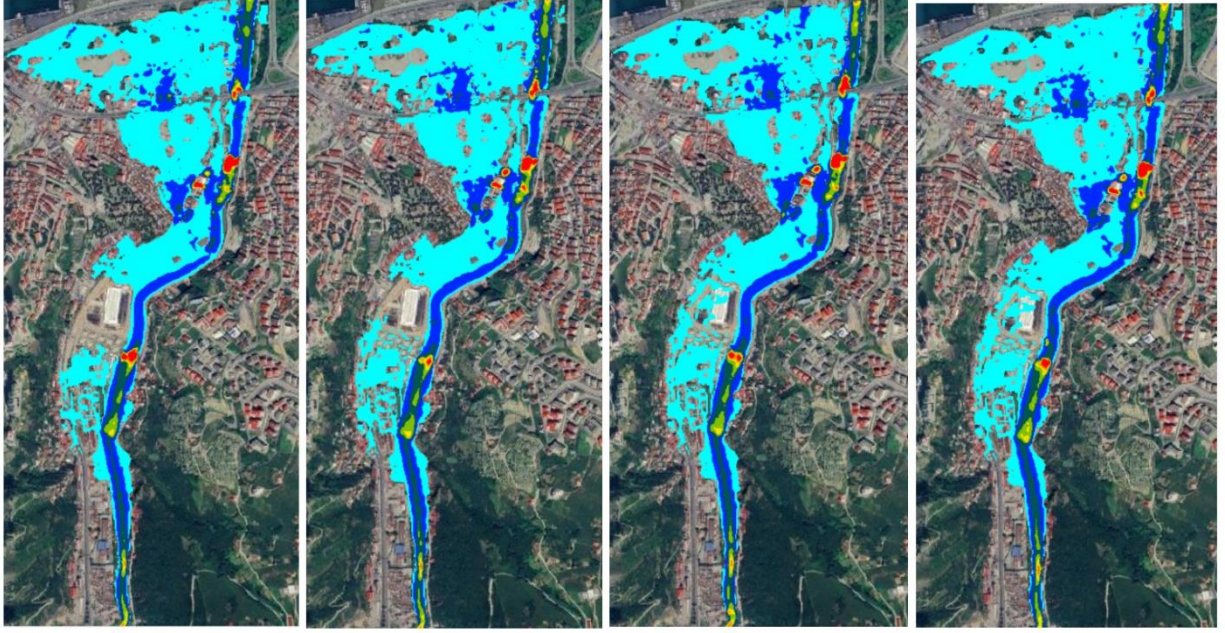
T = 500 yıl

T = 1000 yıl

c. 2040 Yılı

Şekil 13. Yıllara göre ortalama su hızları (m/s)

Şekil 13'ün devamı



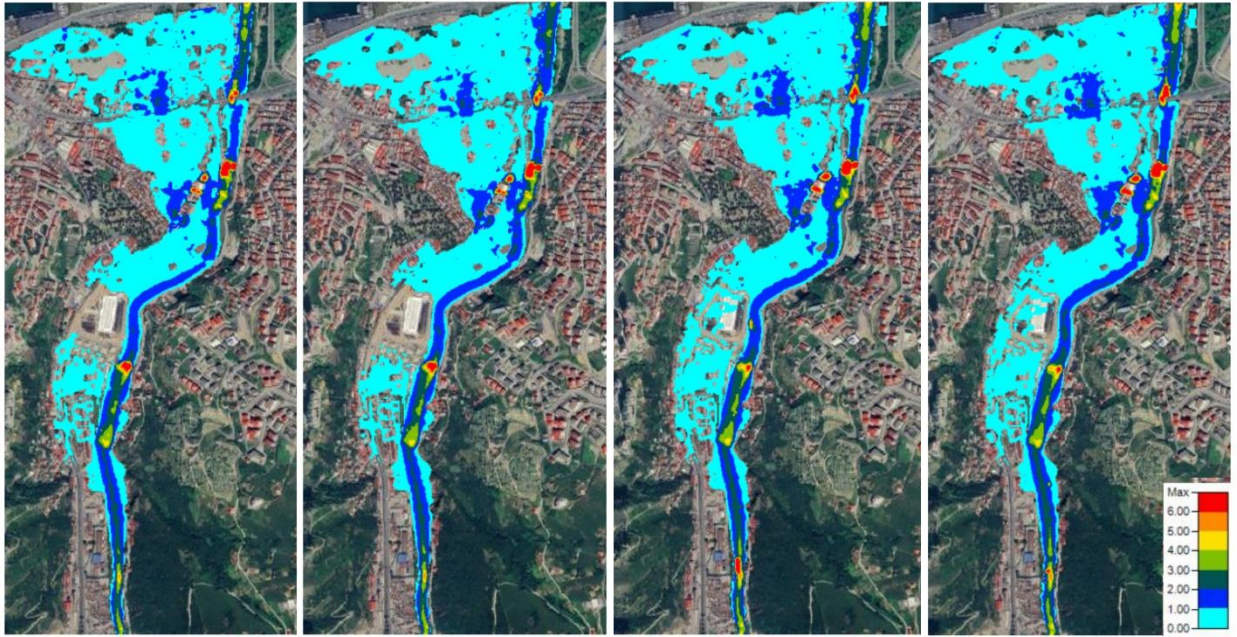
T = 100 yıl

T = 200 yıl

T = 500 yıl

T = 1000 yıl

c. 2070 Yılı



T = 100 yıl

T = 200 yıl

T = 500 yıl

T = 1000 yıl

d. 2100 Yılı

Tablo 17. Yıllara göre ortalama su hızları (m/s)

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
V	%	%	%	%
0 - 1	68.04	65.61	68.22	68.25
1 - 2	17.24	18.54	17.39	16.33
2 - 3	8.05	9.08	8.45	8.99
3 - 4	3.05	3.35	2.80	3.34
4 - 5	1.13	1.38	1.32	1.41
5 - 6	0.61	0.70	0.67	0.59
6 <	1.87	1.33	1.14	1.08

a. 2023 Yılı

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
V	%	%	%	%
0 - 1	68.68	69.47	68.38	69.23
1 - 2	16.60	16.25	16.79	17.24
2 - 3	7.88	7.91	8.37	7.05
3 - 4	3.13	3.03	3.20	2.92
4 - 5	1.18	1.20	1.39	1.33
5 - 6	0.59	0.59	0.74	0.59
6 <	1.92	1.54	1.12	1.63

b. 2040 Yılı

Tablo 17'nin devam

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
V	%	%	%	%
0 - 1	68.95	67.70	66.88	67.55
1 - 2	17.06	17.70	17.59	16.87
2 - 3	8.00	8.30	8.68	8.68
3 - 4	2.59	3.05	3.32	3.26
4 - 5	1.06	1.40	1.38	1.30
5 - 6	0.57	0.66	0.67	0.67
6 <	1.76	1.19	1.46	1.67

c. 2070 Yılı

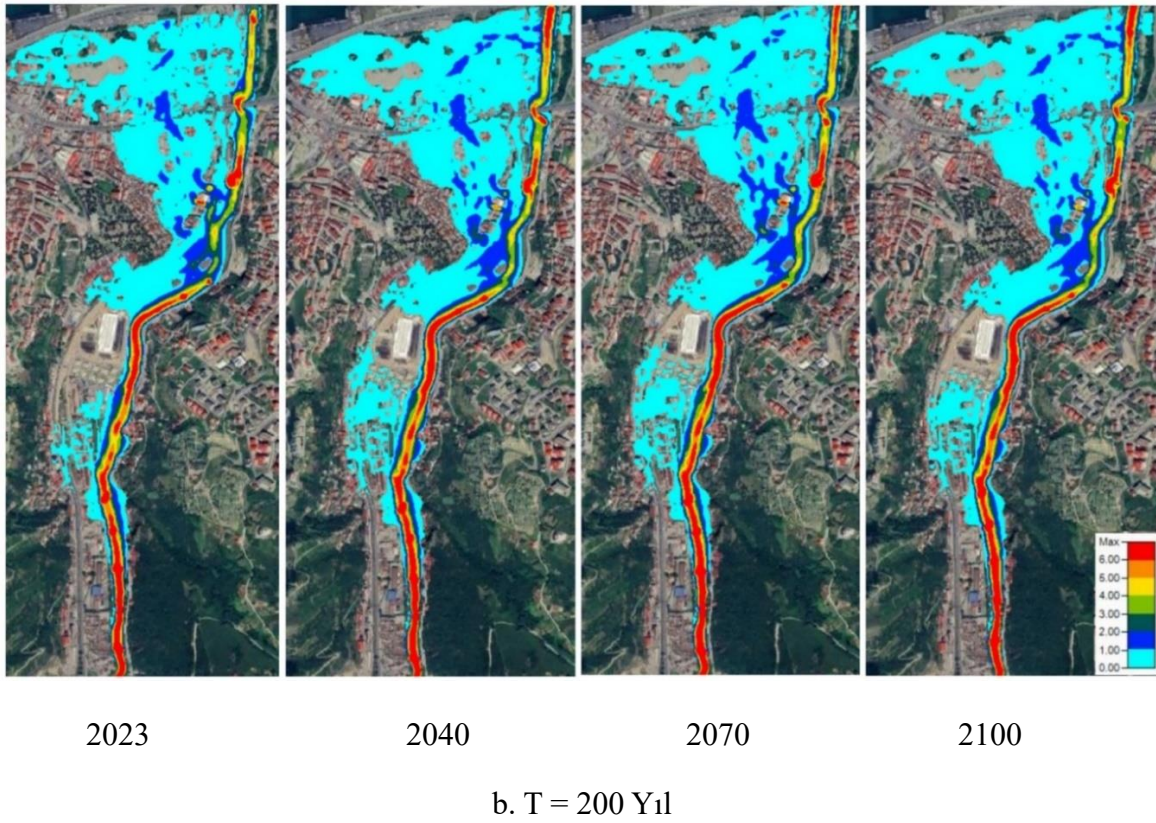
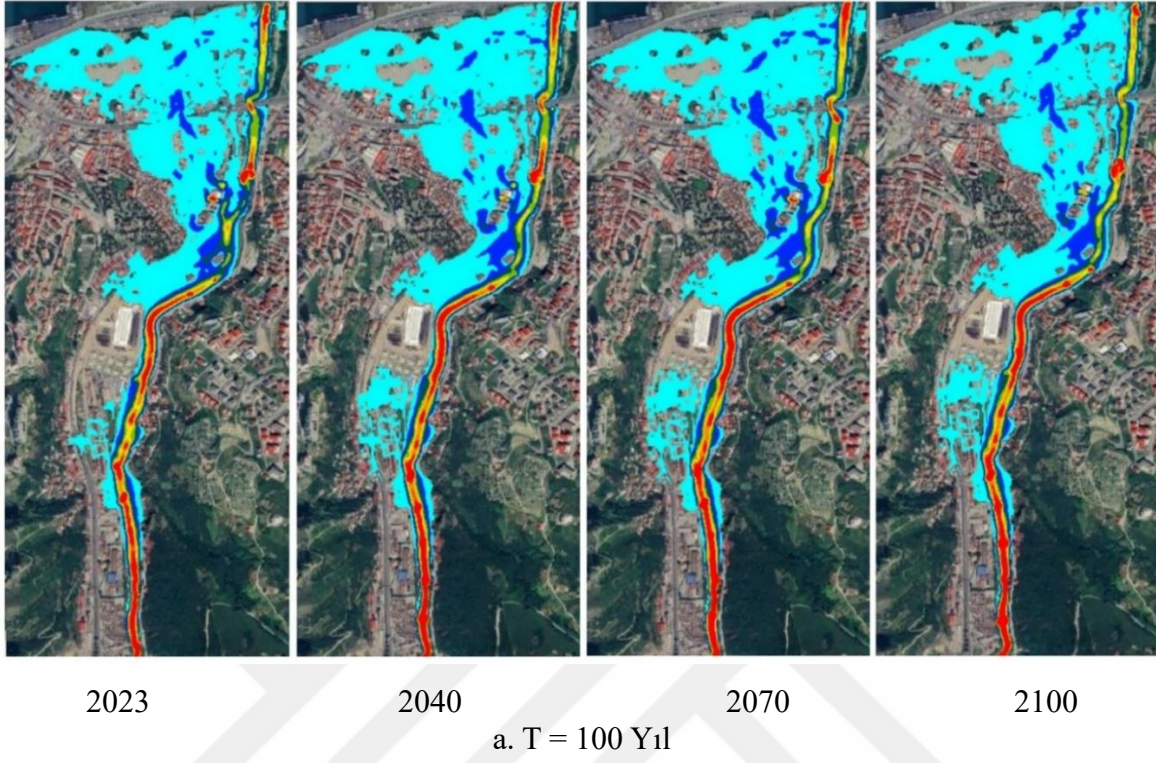
T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
V	%	%	%	%
0 - 1	69.32	69.30	69.21	68.30
1 - 2	16.90	16.52	16.26	16.40
2 - 3	7.69	8.07	8.17	8.65
3 - 4	2.84	2.87	3.15	3.28
4 - 5	1.15	1.17	1.38	1.45
5 - 6	0.63	0.55	0.65	0.75
6 <	1.45	1.51	1.17	1.17

d. 2100 Yılı

3.4.5. Su Derinliği*Ortalama Su Hızı Bulguları

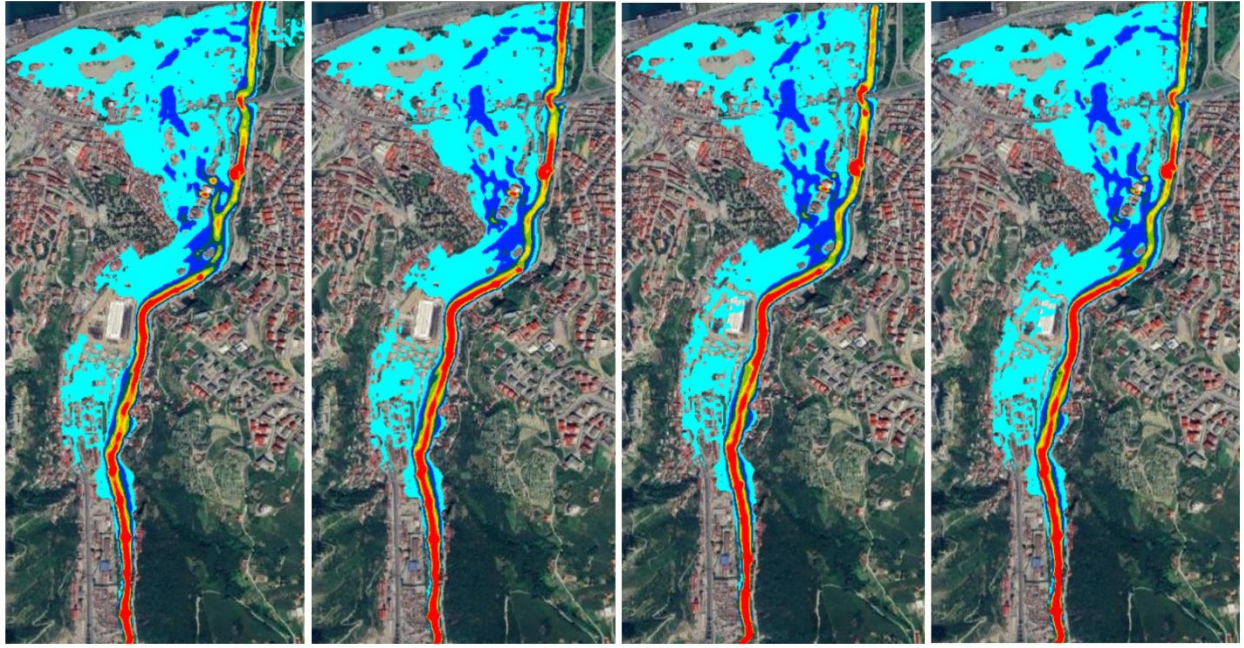
Su derinliği*ortalama su hızı bulguları hem tekerrür süresine hem de yıla göre hesaplanmış ve bu değerlerin tekerrür süresine göre değişimi Şekil 14 ve Tablo 18’de, yıllara göre değişimi ise Şekil 15 ve Tablo 19’da sunulmuştur:





Şekil 14. Tekerrür süresine göre ortalama su hızı*su derinliği değerleri (m^2/s)

Şekil 14'ün devamı



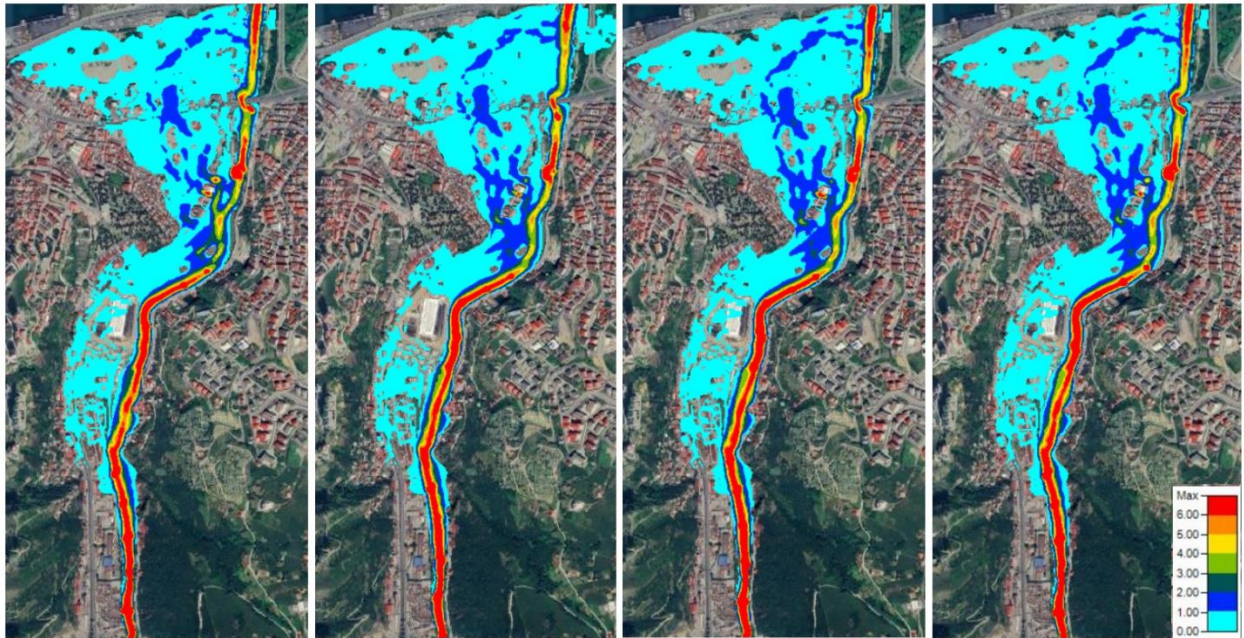
2023

2040

2070

2100

c. T = 500 Yıl



2023

2040

2070

2100

d. T = 1000 Yıl

Tablo 18. Tekerrür süresine göre su derinliği*ortalama su hızları (m²/s)

Yıl	2023	2040	2070	2100
d*V	%	%	%	%
0 - 1	66.13	66.16	65.08	66.30
1 - 2	10.04	10.48	11.47	10.64
2 - 3	5.63	4.89	4.70	4.79
3 - 4	4.65	4.35	4.31	4.33
4 - 5	3.74	3.45	3.41	3.61
5 - 6	3.04	3.21	2.95	2.79
6 <	6.77	7.46	8.08	7.54

a. T = 100 yıl

Yıl	2023	2040	2070	2100
d*V	%	%	%	%
0 - 1	63.75	65.87	63.92	65.30
1 - 2	10.46	10.94	12.01	11.06
2 - 3	5.86	4.53	4.65	4.49
3 - 4	4.70	3.99	3.97	4.04
4 - 5	4.10	3.47	3.56	3.56
5 - 6	3.29	2.90	3.00	2.92
6 <	7.84	8.30	8.88	8.63

b. T = 200 yıl

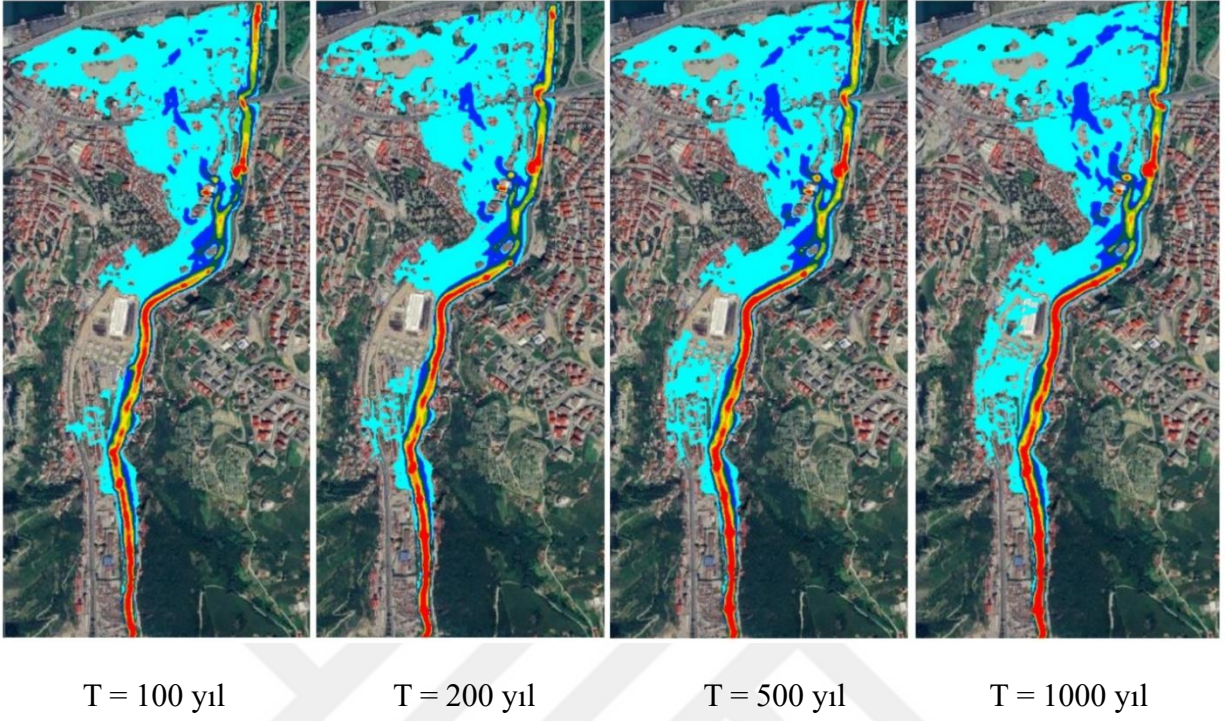
Tablo 18'in devam

Yıl	2023	2040	2070	2100
d*V	%	%	%	%
0 - 1	65.37	63.75	62.60	64.25
1 - 2	10.80	12.37	13.19	12.71
2 - 3	5.18	4.37	4.33	4.42
3 - 4	4.21	3.80	3.90	3.69
4 - 5	3.43	3.46	3.67	3.19
5 - 6	2.92	2.82	2.79	2.68
6 <	8.08	9.43	9.52	9.05

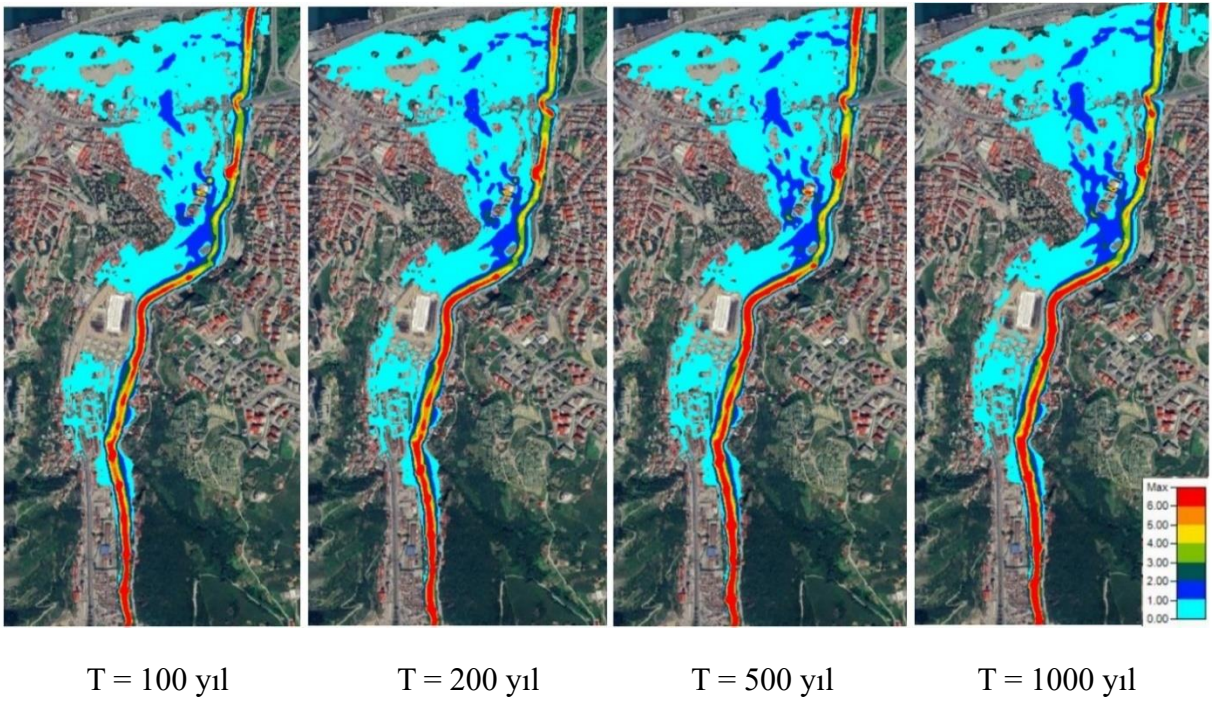
c. T = 500 yıl

Yıl	2023	2040	2070	2100
d*V	%	%	%	%
0 - 1	64.81	63.09	61.86	62.68
1 - 2	11.38	12.93	13.89	13.52
2 - 3	5.07	4.51	4.52	4.28
3 - 4	4.00	3.90	3.56	3.61
4 - 5	3.20	3.38	3.35	3.43
5 - 6	2.65	2.50	2.55	2.52
6 <	8.89	9.69	10.26	9.95

d. T = 1000 yıl



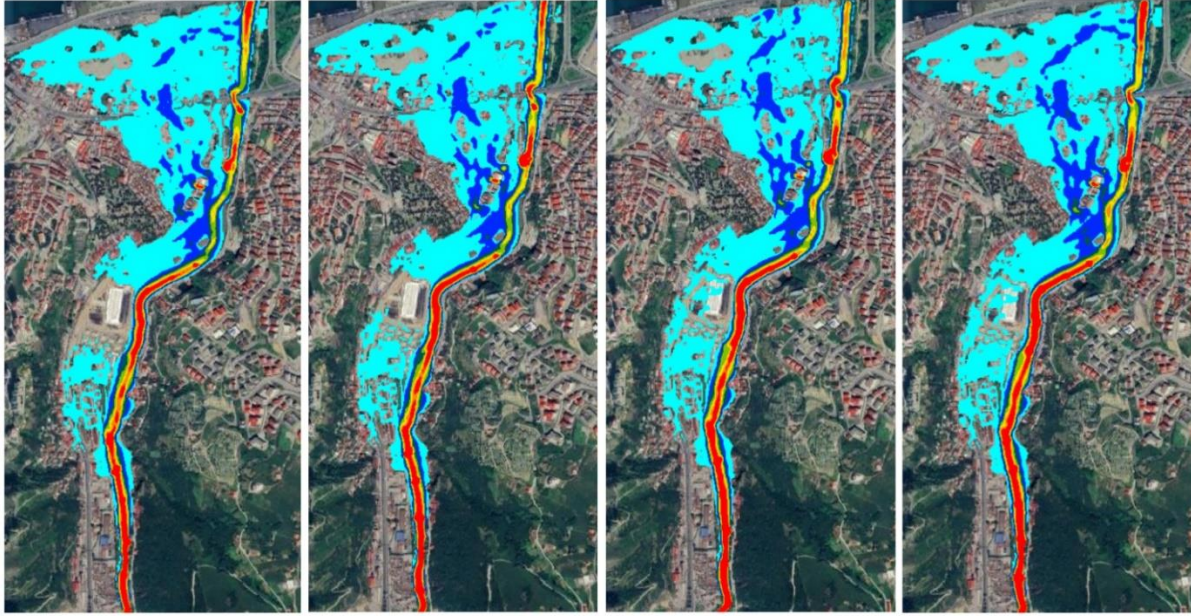
a. 2023 Yılı



b. 2040 Yılı

Şekil 15. Yıllara göre ortalama su hızı*su derinliği değerleri (m^2/s)

Şekil 15'in devamı



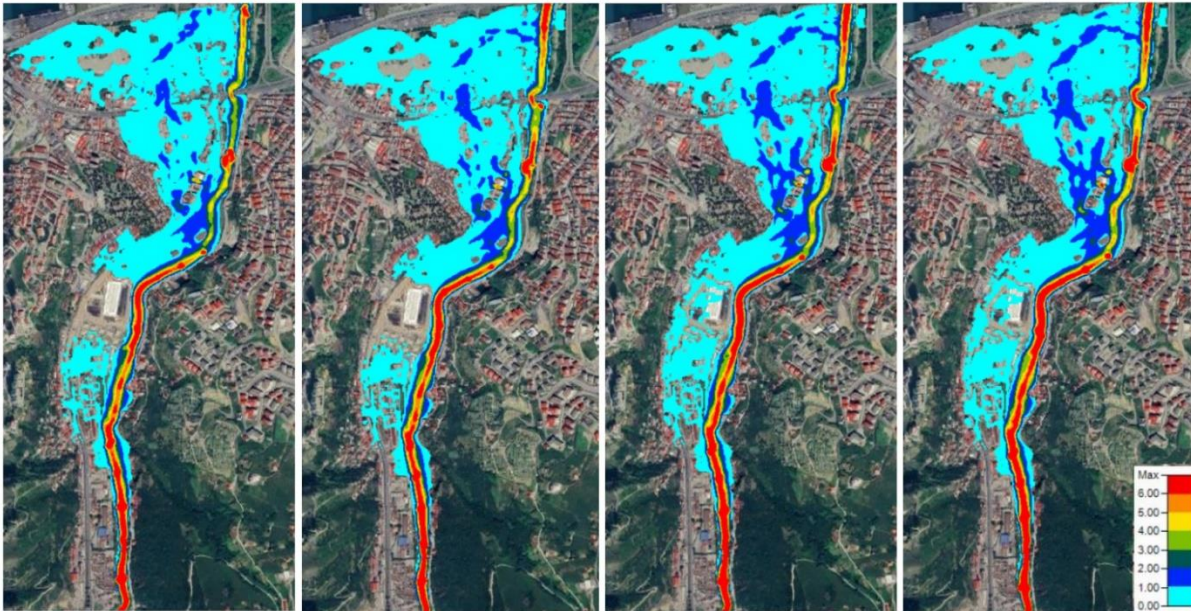
T = 100 yıl

T = 200 yıl

T = 500 yıl

T = 1000 yıl

c. 2070 Yılı



T = 100 yıl

T = 200 yıl

T = 500 yıl

T = 1000 yıl

d. 2100 Yılı

Tablo 19. Yıllara göre ortalama su hızı*su derinliği değerleri (m²/s)

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
d*V	%	%	%	%
0 - 1	66.13	63.75	65.36	64.81
1 - 2	10.04	10.46	10.80	11.38
2 - 3	5.63	5.86	5.18	5.07
3 - 4	4.65	4.70	4.21	4.00
4 - 5	3.74	4.10	3.43	3.20
5 - 6	3.04	3.29	2.92	2.65
6 <	6.77	7.84	8.08	8.89

a. 2023 Yılı

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
d*V	%	%	%	%
0 - 1	66.16	65.87	63.75	63.09
1 - 2	10.48	10.94	12.37	12.93
2 - 3	4.89	4.53	4.37	4.51
3 - 4	4.35	3.99	3.80	3.90
4 - 5	3.45	3.47	3.46	3.38
5 - 6	3.21	2.90	2.82	2.50
6 <	7.46	8.30	9.43	9.69

b. 2040 Yılı

Tablo 19'un devam

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
d*V	%	%	%	%
0 - 1	65.08	63.92	62.60	61.86
1 - 2	11.47	12.01	13.19	13.89
2 - 3	4.70	4.65	4.33	4.52
3 - 4	4.31	3.97	3.90	3.56
4 - 5	3.41	3.56	3.67	3.35
5 - 6	2.95	3.00	2.79	2.55
6 <	8.08	8.88	9.52	10.26

c. 2070 Yılı

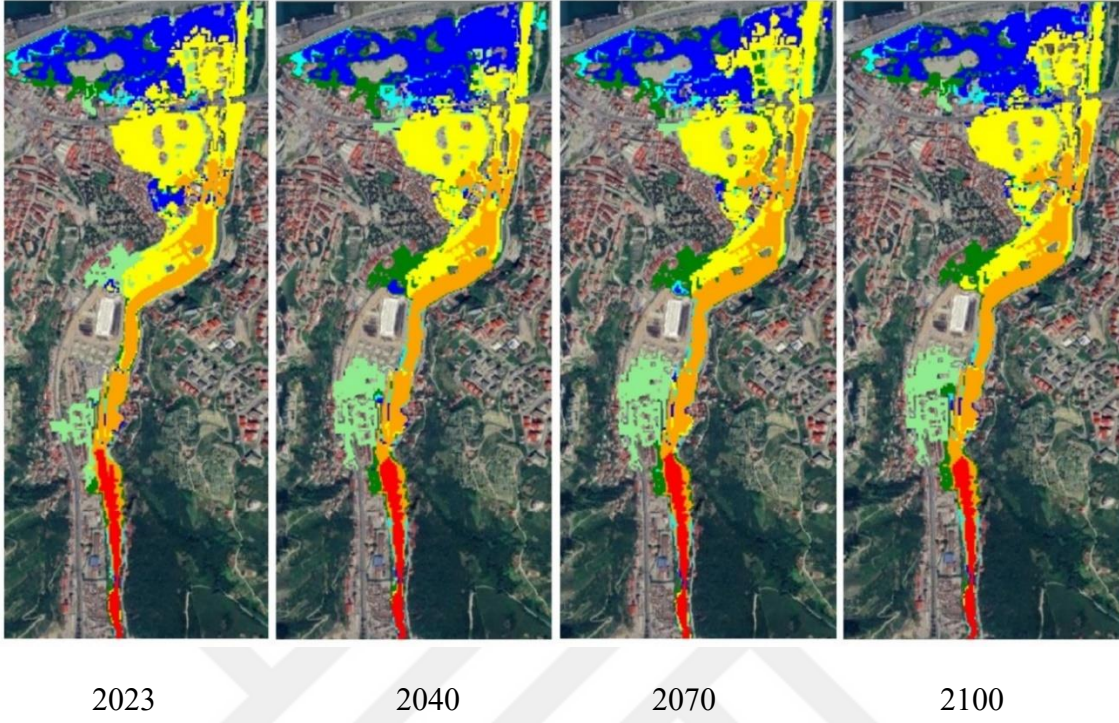
T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
d*V	%	%	%	%
0 - 1	66.30	65.30	64.25	62.68
1 - 2	10.64	11.06	12.71	13.52
2 - 3	4.79	4.49	4.42	4.28
3 - 4	4.33	4.04	3.69	3.61
4 - 5	3.61	3.56	3.19	3.43
5 - 6	2.79	2.92	2.68	2.52
6 <	7.54	8.63	9.05	9.95

d. 2100 Yılı

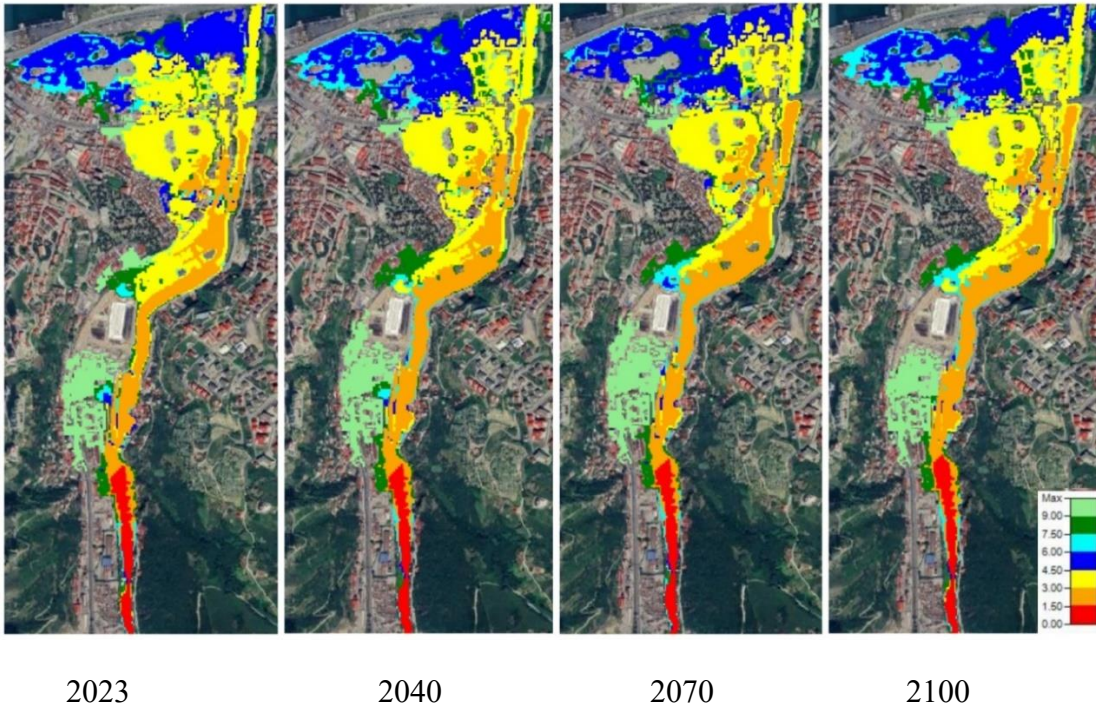
3.4.6. Varış Zamanı Bulguları

Varış zamanı bulguları hem tekerrür süresine hem de yıla göre hesaplanmış ve bu değerlerin tekerrür süresine göre değişimi Şekil 16 ve Tablo 20’de, yıllara göre değişimi ise Şekil 17 ve Tablo 21’de sunulmuştur:





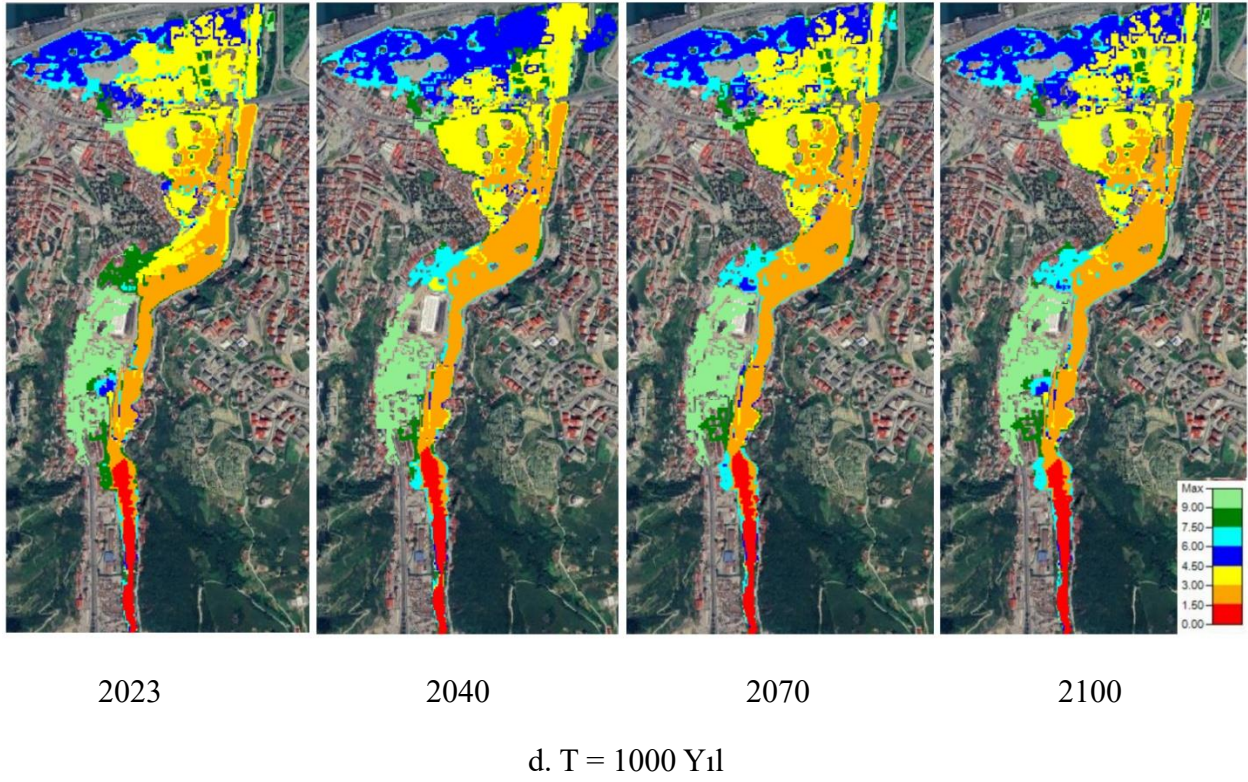
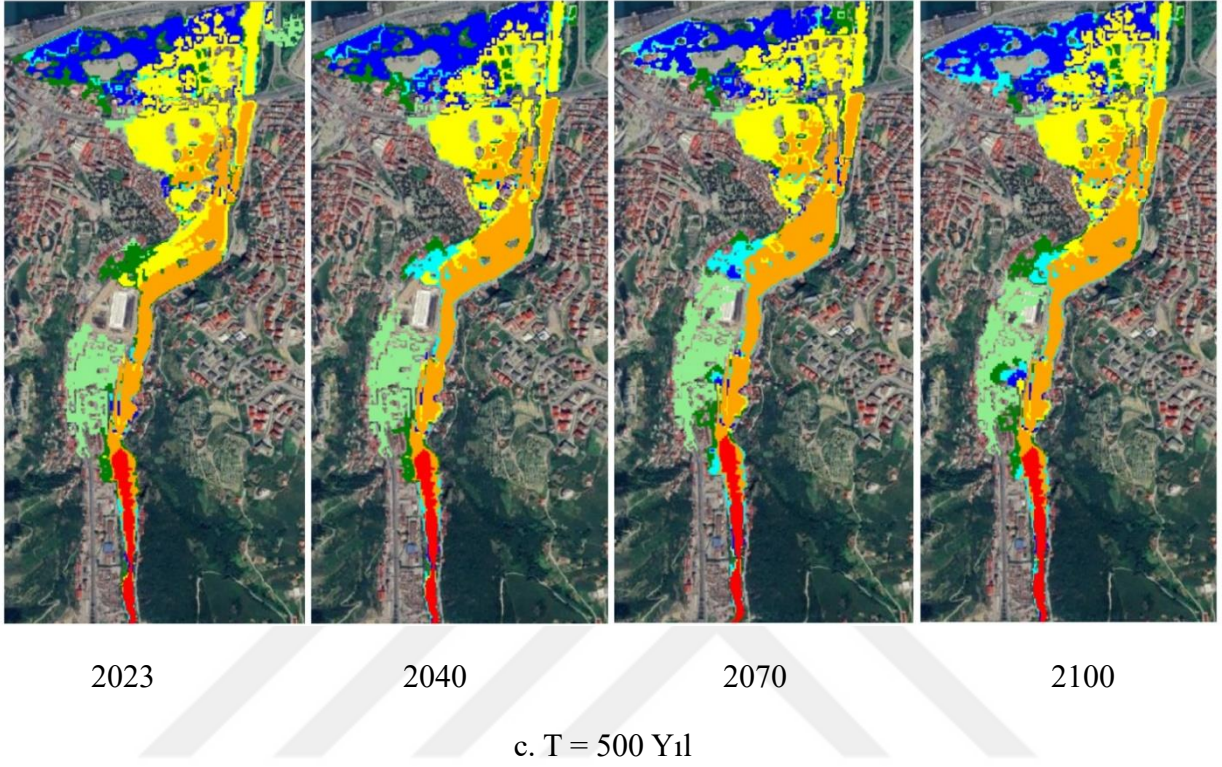
a. T = 100 Yıl



b. T = 200 Yıl

Şekil 16. Tekerrür süresine göre varış zamanı değerleri (saat)

Şekil 16'nın devamı



Tablo 20. Tekerrür süresine göre varış zamanı değerleri (saat)

Yıl	2023	2040	2070	2100
t	%	%	%	%
0 – 1.5	8.43	8.81	9.16	9.04
1.5 - 3	17.89	19.24	20.47	19.66
3 – 4.5	32.19	23.69	27.51	26.66
4.5 - 6	20.00	22.27	17.66	20.05
6 – 7.5	3.43	5.26	4.32	3.65
7.5 - 9	8.13	10.46	10.81	10.77
9 <	9.93	10.28	10.07	10.16

a = 100 yıl

Yıl	2023	2040	2070	2100
t	%	%	%	%
0 – 1.5	10.27	9.01	9.53	8.65
1.5 - 3	20.14	21.18	22.07	22.14
3 – 4.5	32.59	24.36	24.08	24.19
4.5 - 6	16.03	18.76	18.34	19.65
6 – 7.5	3.72	7.15	5.32	7.51
7.5 - 9	6.85	8.03	7.38	7.56
9 <	10.40	11.50	13.29	10.31

b = 200 yıl

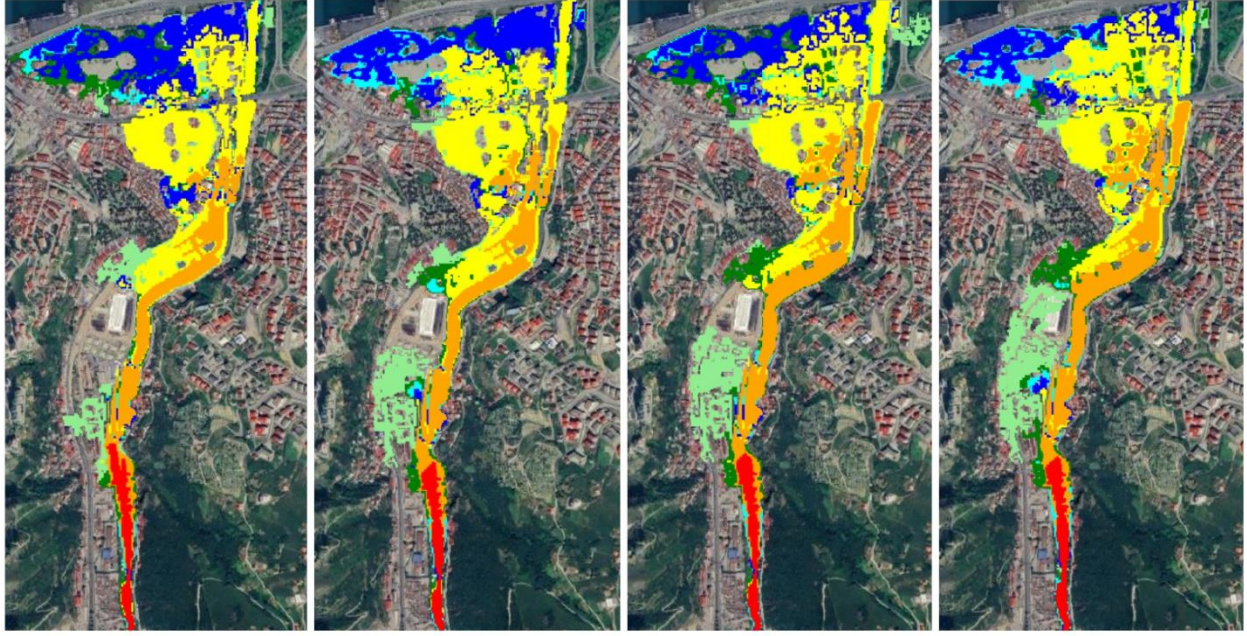
Tablo 20'nin devam

Yıl	2023	2040	2070	2100
t	%	%	%	%
0 – 1.5	8.72	9.28	9.47	8.94
1.5 - 3	20.57	22.58	24.01	22.34
3 – 4.5	29.44	23.12	23.61	24.05
4.5 - 6	14.02	16.10	13.34	15.36
6 – 7.5	3.75	6.88	7.08	9.28
7.5 - 9	10.84	9.27	9.18	7.30
9 <	12.67	12.77	13.32	12.69

c = 500 yıl

Yıl	2023	2040	2070	2100
t	%	%	%	%
0 – 1.5	8.99	9.34	9.63	9.43
1.5 - 3	21.38	22.93	23.98	22.80
3 – 4.5	29.49	22.84	25.14	23.74
4.5 - 6	11.78	18.54	12.22	14.74
6 – 7.5	7.28	9.75	10.23	10.69
7.5 - 9	8.11	5.91	6.33	6.19
9 <	12.97	10.68	12.46	12.41

d = 1000 yıl



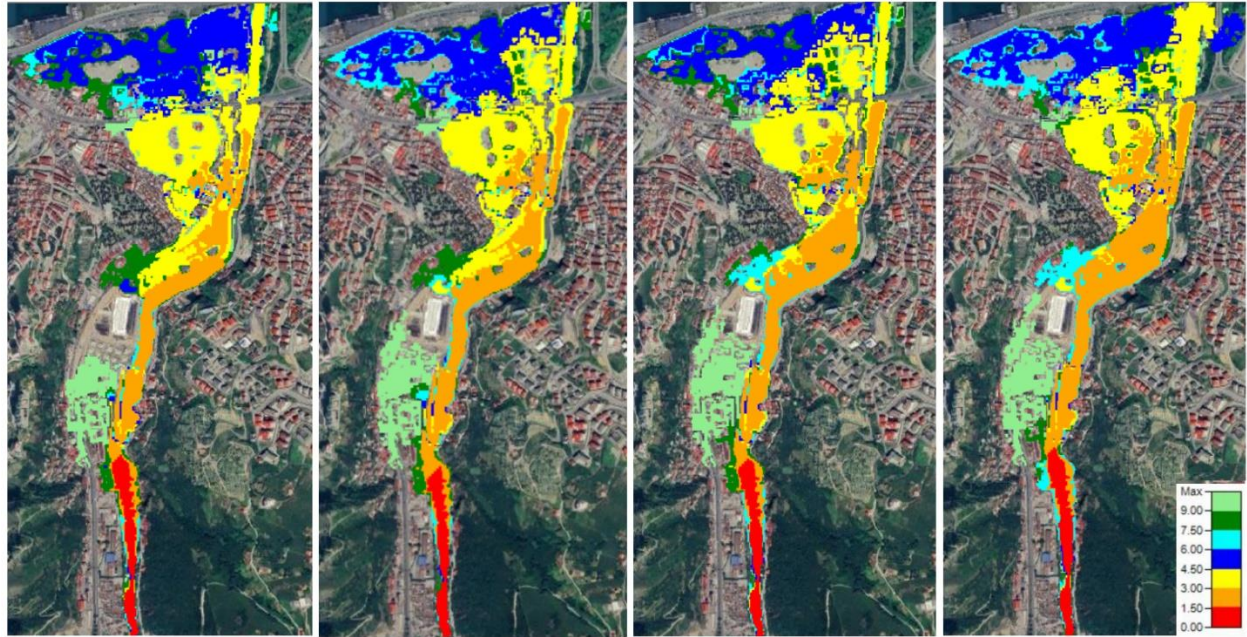
T = 100 yıl

T = 200 yıl

T = 500 yıl

T = 1000 yıl

a. 2023 Yılı



T = 100 yıl

T = 200 yıl

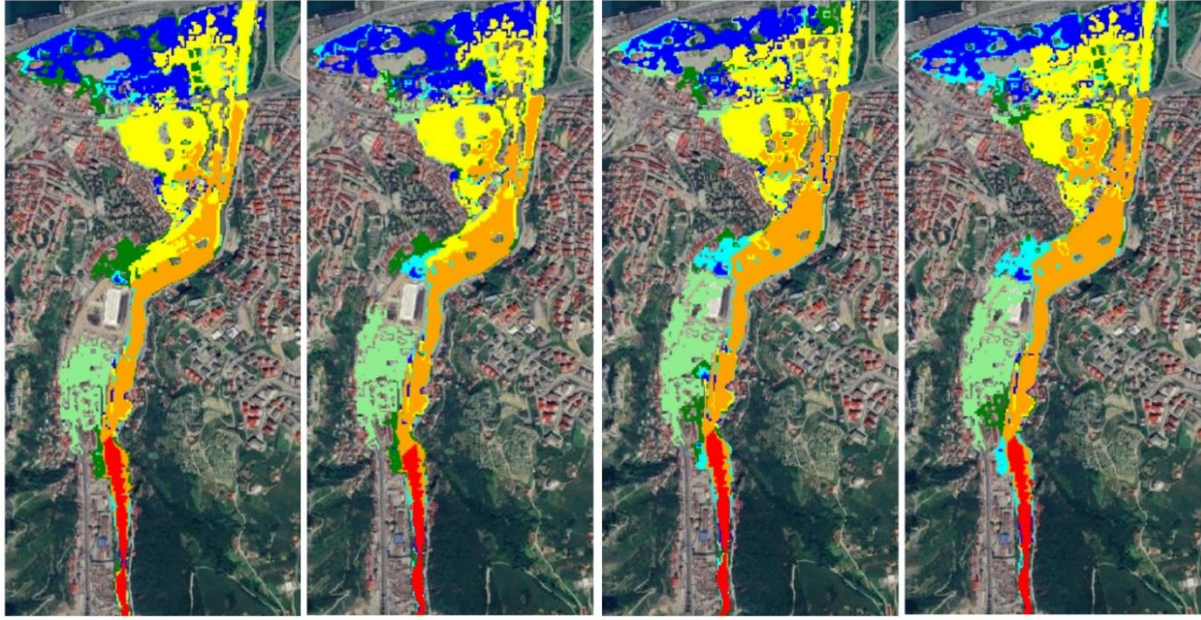
T = 500 yıl

T = 1000 yıl

c. 2040 Yılı

Şekil 17. Yıllara göre varış zamanı değerleri (saat)

Şekil 17'nin devamı



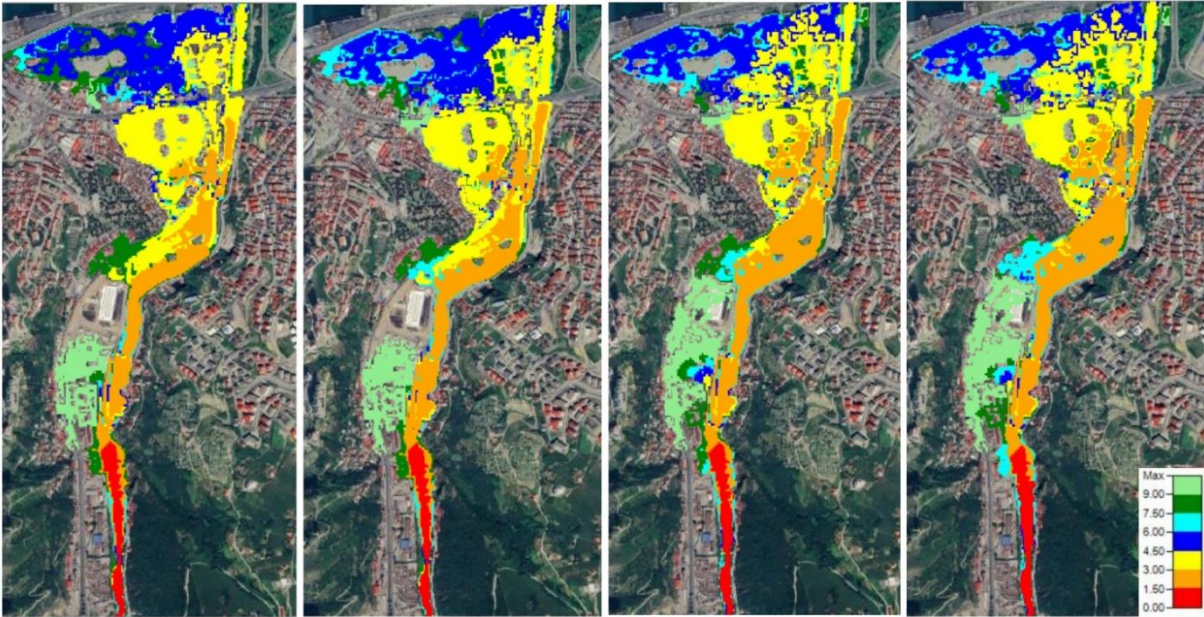
T = 100 yıl

T = 200 yıl

T = 500 yıl

T = 1000 yıl

c. 2070 Yılı



T = 100 yıl

T = 200 yıl

T = 500 yıl

T = 1000 yıl

d. 2100 Yılı

Tablo 21. Yıllara göre varış zamanı değerleri (saat)

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
t	%	%	%	%
0 – 1.5	8.43	10.27	8.72	8.99
1.5 - 3	17.89	20.14	20.57	21.38
3 – 4.5	32.19	32.59	29.44	29.49
4.5 - 6	20.00	16.03	14.02	11.78
6 – 7.5	3.43	3.72	3.75	7.28
7.5 - 9	8.13	6.85	10.84	8.11
9 <	9.93	10.40	12.67	12.97

a. 2023 Yılı

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
t	%	%	%	%
0 – 1.5	8.81	9.01	9.28	9.34
1.5 - 3	19.24	21.18	22.58	22.93
3 – 4.5	23.69	24.36	23.12	22.84
4.5 - 6	22.27	18.76	16.10	18.54
6 – 7.5	5.26	7.15	6.88	9.75
7.5 - 9	10.45	8.03	9.27	5.91
9 <	10.27	11.50	12.77	10.68

b. 2040 Yılı

Tablo 21'in devam

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
t	%	%	%	%
0 – 1.5	9.16	9.53	9.47	9.63
1.5 - 3	20.47	22.07	24.01	23.98
3 – 4.5	27.51	24.08	23.61	25.14
4.5 - 6	17.66	18.34	13.34	12.22
6 – 7.5	4.32	5.32	7.08	10.23
7.5 - 9	10.81	7.38	9.18	6.33
9 <	10.07	13.29	13.32	12.46

c. 2070 Yılı

T	100 yıl	200 yıl	500 yıl	1000 yıl
t	%	%	%	%
0 – 1.5	9.04	8.65	8.94	9.43
1.5 - 3	19.66	22.14	22.34	22.80
3 – 4.5	26.66	24.19	24.05	23.74
4.5 - 6	20.05	19.65	15.36	14.74
6 – 7.5	3.65	7.51	9.28	10.69
7.5 - 9	10.77	7.56	7.30	6.19
9 <	10.16	10.31	12.69	12.41

d. 2100 Yılı

3.5. İrdeleme

3.5.1. Giriş

Bu bölümde, “Bölüm 3 Bulgular” bölümünde sunulan bulgular değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, çalışmada taşkın parametrelerine olan etkiler açısından değerlendirilen 2 faktörün etkileri incelenmiştir:

2040, 2070 ve 2100 yılları için tahmin edilen taşkın parametrelerinin etkisi kapsamında, Tablo 9’da sunulan “iklim değişimi dikkate alınmış taşkın tahminlerinin sonuçları” ve buna göre hesaplanıp “3.2. Akım Hidrografi Bulguları” bölümünde Tablo 10 ve Ek Tablo 1-16’’da sunulan taşkın hidrografi değerleri kullanılmıştır. “3.1.2. Taşkın Debilerinin Çalışma Alanına Taşınması Bulguları” bölümünde de ifade edildiği gibi, yıllık ortalama debilerdeki artış oranları 2040 (P1), 2070 (P2) ve 2100 (P3) dönemleri için sırasıyla % 8.68, % 13.34 ve % 9.82’dir. Buna göre tahmin edilen ve Tablo 9’da sunulan çeşitli tekerrür süreli taşkın debileri ve akım hidrografi tahminleri kullanılarak yapılan hesaplar aşağıda sunulmuştur.

2040, 2070 ve 2100 yıllarında arazi kullanımlarında tahmin edilen değişimlerin etkisi kapsamında, “3.3. Arazi Sınıflandırması Bulguları” bölümünde sunulan Tablo 11 ve Tablo 12’deki tahmin değerleri kullanılmıştır. Buna göre, 2000-2023 arasında toprak değerlerinde çok önemli ölçüde azalma, buna karşılık şehir alanlarında yaklaşık 2 kat artış gözlenmiş, orman ve su alanlarında ise önemli değişiklikler gözlenmemiştir. 2040, 2070 ve 2100 yılları için yapılan tahminlere göre ise her dört değerde de önemli değişiklikler gözlenmemiştir.

Aşağıda, her iki faktörü de dikkate alarak hesaplanan taşkın parametreleri (yayılım alanı, su derinliği, ortalama su hızı, su derinliği*ortalama su hızı ve varış zamanı) ile ilgili değerlendirmeler, hem tekerrür süresine (T), hem de yıllara göre (M, P1, P2 ve P3) özet olarak sunulmuştur.

3.5.2. Yayılım Alanına (A) Etkileri

Tekerrür Süresine Göre Değişim: Tekerrür süresi büyüdükçe taşkın yayılım alanları da artmış olup, 100 yıl tekerrürlü debiye karşılık gelen alanlara göre 200, 500 ve 1000 yıl tekerrürlü

debilere karşılık gelen yayılım alanlarında sırasıyla % 1.18, % 6.96 ve % 9.35 artış tahmin edilmiştir. Tekerrür süresi büyüdükçe debiler de artacağından, bu artış değerleri normal olarak değerlendirilmiştir.

Yıllara Göre Değişim: 2023 yılındaki yayılım alanına göre, 2040, 2070 ve 2100 yıllarına karşılık gelen yayılım alanlarında sırasıyla % 6.84, % 6.46 ve % 6.93 artış tahmin edilmiştir. Bu artış oranları, ilgili yıllardaki taşkın debisi değerlerinde beklenen sırasıyla % 8.68, % 13.34 ve % 9.82 oranlarıyla uyumludur. Ancak, yayılım alanındaki artış oranlarının debilerdeki oranlardan daha küçük olmasının iki sebebi vardır. Bunlardan ilki, debi ile yayılım alanı arasında doğrusal bir ilişkinin mevcut olmaması, başka bir ifadeyle yayılım alanını etkileyen başka parametrelerin de mevcut olmasıdır. İkincisi ise yıllar geçtikçe arazi kullanımında beklenen değişimlerdir.

3.5.3. Su Derinliğine (d) Etkileri

Tekerrür Süresine Göre Değişim: Tekerrür süresi büyüdükçe su derinliği değerlerinde belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Ancak, özellikle (1.5-2.0), (2.0-2.5) ve (2.5-3) m su derinliklerinin mevcut olduğu alanlarda büyük tekerrür sürelerinde daha büyük alanlar tahmin edilmiştir. Bunun anlamı şudur: Tekerrür süresi, dolayısıyla debi arttıkça orta derinlikteki alanlarda artış gözlenirken, su derinliğinin çok az veya çok fazla olduğu alanlarda önemli bir değişiklik beklenmemektedir. Bunun sebebinin, debi ile su derinliği arasında doğrusal bir ilişki olmamasından, diğer bir ifadeyle, su derinliğini etkileyen başka faktörlerin de mevcut olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Yıllara Göre Değişim: Küçük su derinliği (0-2.0) m alanlarında yıllara göre önemli bir değişim beklenmezken daha büyük su derinliği (2.5-3>) m su derinliğinin tahmin edildiği alanlarda artış beklenmektedir. Bunun anlamı şudur: Yıllar geçtikçe su derinliğinin az olduğu alanlarda önemli bir değişiklik tahmin edilmezken, yüksek su derinliğinin olduğu alanlarda artış beklenmektedir. Buna göre, 2070 ve 2100 yıllarında su derinliklerinde bir artış eğilimi tahmin edilmektedir.

3.5.4. Ortalama Su Hızına (V) Etkileri

Tekerrür Süresine ve Yıllara Göre Değişim: Ortalama su hızı değerlerinde her iki faktöre de önemli bir bağımlılık belirlenmemiştir. Su hızlarının (0-1) ve (1-2) m/s aralıklarında olduğu küçük hızların toplam alanların yaklaşık % 85’inde meydana geleceği, daha yüksek hızların beklendiği alanların çok daha küçük olacağı kanaatine varılmıştır. Bu durumda, sadece su hızının kriter olarak dikkate alınması durumunda önemli bir tehlike beklenmediği değerlendirilmiştir.

3.5.5. Su Derinliği*Ortalama Su Hızı (d*V) Değerlerine Etkileri

Taşkın hasarlarının tahmininde çok önemli bir faktör olan bu parametre (d*V) ile ilgili değerlendirme şöyledir:

Tekerrür Süresine Göre Değişim: d*V değerinin tekerrür süresine çok bağımlı olmadığı, ancak özellikle d değerlerinde de görüleceği gibi d*V’nin yüksek (6 m²/s ve daha büyük) değerlerinde tekerrür süresi arttıkça belirgin artışların olduğu görülmektedir.

Yıllara Göre Değişim: Yıllar ilerledikçe, özellikle d*v’nin yüksek (6 m²/s ve daha büyük) değerlerinde belirgin artışların olduğu değerlendirilmiştir.

3.5.6. Varış Zamanına (t) Etkileri

Tekerrür Süresine ve Yıllara Göre Değişim: Varış zamanının küçük değerlerine (0.0-1.5, 1.5-3.0, ve 3.0-4.5) saat karşılık gelen alanlar toplam alanların yaklaşık % 60’ını oluşturmaktadır. Bu durum da, taşkın uyarısı ve önlem alınması için hassas olan daha kısa süreli varış zamanı alanlarının önemli bir oranda olduğu, dolayısıyla bu alanlarda daha dikkatli olunması gerektiği anlamına gelmektedir. Varış zamanı parametresinin tekerrür süresi ve yıllara göre önemli bir değişim göstermediği değerlendirilmiştir.

3.5.7. Genel Değerlendirme

İklim ve arazi kullanımındaki değişimlerin taşkın hasarlarını etkileyen 5 parametrenin (taşkın yayılım alanı, su derinliği, ortalama su hızı, su derinliği*ortalama su hızı ve varış süresi)

üzerindeki etkilerinin ve bu parametrelerin yerel dağılımının incelendiği bu çalışma, her iki faktörün (iklim ve arazi kullanımı) birlikte değerlendirildiği Türkiye’deki ilk bilimsel çalışmadır.

Çalışma bulguları, hem iklim ve hem de arazi değişimlerinin taşkın parametreleri üzerindeki etkilerini birlikte kapsadığından, tekerrür süresi ve yıllara göre değişimlerin analizinde kesin sonuçlar elde edilememiştir. Ancak, elde edilen sonuçlar, çeşitli literatür çalışmaları ile uyumludur (Tamm vd., 2018; Chen vd., 2019; Ardiansyah vd., 2021; Sugianto vd., 2022; Anuthaman vd., 2023; Acuna-Alonso vd., 2024; Naderi vd., 2025).

Bu çalışmalarda, iklim değişimi ve arazi kullanımındaki değişimlerin taşkın parametreleri üzerindeki muhtemel etkileri irdelenmiş ve bu tezdeki bulgulara yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, iklim ve arazi değişimlerinin etkilerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi halinde daha kesin sonuçlara ulaşılacağı açıktır. Bununla birlikte, taşkın parametrelerinin yerel dağılımının tahmini ve haritalandırılması, taşkın yönetimi kapsamında taşkın hasarlarının ve bu hasarlara karşı alınacak önlemlerin belirlenmesinde oldukça büyük bir öneme sahiptir.

4. SONUÇLAR

Çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Ülkemizde, iklim ve arazi kullanımındaki değişimlerin taşkın hasarlarını etkileyen parametreler üzerindeki etkilerinin ve bu parametrelerin yerel dağılımının incelendiği ilk çalışma gerçekleştirilmiştir.

Değirmendere Havzası'nın mansabındaki bölgede meydana gelmesi beklenen taşkınların parametreleri, bölgenin hidrograf verileri girilerek tahmin edilmiştir.

Taşkın tekerrür süresi büyüdükçe ve yıllar ilerledikçe taşkın yayılım alanı da artmaktadır.

Tekerrür süresi ve arazi kullanım değişiminin su derinliğine etkisi çok belirgin olmamakla birlikte, her iki parametrenin artışının su derinliğini artırdığı belirlenmiştir.

Tekerrür süresi ve arazi kullanım değişiminin ortalama su hızına etkisi, diğer yayılım parametrelerine göre daha azdır.

Arazi kullanımındaki değişimlere bağlı olarak, tekerrür süresi büyüdükçe ve yıllar ilerledikçe su derinliği*ortalama su hızı değerlerinde artış beklenmektedir. Özellikle yüksek $d \cdot V$ değerlerinde bu artış daha da belirgindir.

Varış zamanı parametresi tekerrür süresi ve yıllara göre önemli bir değişim göstermemektedir Kısa süreli varış zamanı alanları önemli bir oranda olup, bu alanlarda daha dikkatli olunması gerekmektedir.

Değirmendere Havzası için elde edilen bu sonuçların, başka akarsular ve havzalar için geçerli olacağı ve taşkın yönetimi çalışmalarında önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar dikkate alınarak, taşkın zararlarının tahmininin yanı sıra, taşkın koruma önlemlerinin etkinliği de irdelenebilecektir. Bu ise, hem bilimsel açıdan ve hem de toplumsal katkı ve kamu yararı açısından oldukça faydalı ve önemlidir.

5. ÖNERİLER

Konu ile ilgili yapılacak çalışmalarda aşağıdaki hususların dikkate alınması önerilir:

İklim ve arazi değişimlerinin etkileri birlikte değerlendirildiğinden, sonuçların yorumlanmasında bazı zorluklarla karşılaşmıştır. Bu sebeple, bu iki parametrenin etkilerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi uygun olacaktır.

Noktasal taşkın frekans analizi yerine bölgesel taşkın frekans analizi yaparak Taşkın debilerini elde etmek önerilir.

Denklemlerin elde edilmesinde lineer yerine çok bilinmeyenli denklemler önerilir.

İklim değişiminin tahmini için, başka modeller de dikkate alınarak taşkın debilerinin tahmin edilmesi önerilir.

Çalışılacak arazinin en son görüntüleri drone yardımıyla elde edilirse, daha hassas sonuçlar elde edilebilecektir.

Daha doğru, hassas ve güvenilir kararlar verilmesi açısından, tezde kullanılan paket programların (HEC-RAS, ENVI, TerrSet vb) dışında başka programlarla analiz yapıp sonuçların karşılaştırılması ve değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

Taşkın hasarları üzerinde etkin olabilecek başka parametrelerin de değerlendirilmesi önerilir.

Taşkın zararlarının azaltılması maksadıyla alınabilecek çeşitli önlemlerin maliyetleri ve zarar azaltmadaki beklenen etkinlikleri birlikte değerlendirilerek, en iyi önlemin belirlenmesine katkı sağlanabilir.

Arazi kullanım değişiminin tahmini için kullanılan TerrSet programının güvenilirliği, geçmiş yıllara ait arazi kullanım verileri kullanılarak test edilebilir. Benzer şekilde, taşkın parametrelerinin tahmininde kullanılan HEC-RAS programının doğruluğunu test etmek için de ölçülmüş taşkın verileri kullanılabilir.

Ülkemizde giderek daha büyük bir sorun haline gelen taşkınları havza ölçeğinde yani bir akarsuyun sadece bir kısmını değil havzasının tamamını bir bütün olarak ele alıp kollarıyla birlikte değerlendirilmesi önerilir.

6. KAYNAKLAR

- Abt, SR., Wittler, RJ., Taylor, A. & Love, DJ. (1989). Human stability in a high flood hazard zone. *Water Resour Bull.*, 25(4):881–890.
- Acuna-Alonso, C., Alvarez X., Bezak, N., Zupanc, V. (2024). Modelling the impact land use change on flood risk: Umia (Spain) and Voglajna (Slovenia) case studies. *Ecological Engineering* 200 (2024) 107185. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107185>
- Adem, P. (2012). Adıyaman Civarındaki Hidrokarbon Sızıntılarının Landsat Tm Uydu Görüntüleriyle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, İstanbul.
- Al-shalabi, M., Billa, L., Pradhan, B., Mansor, S., AlSharif, A. A. (2013). Modelling urban growth evolution and land-use changes using GIS based cellular automata and SLEUTH models: the case of Sana'a metropolitan city, Yemen. *Environmental earth sciences*, 70(1), 425-437.
- Al-sharif, A. A. & Pradhan, B. (2014). Monitoring and predicting land use change in Tripoli Metropolitan City using an integrated Markov chain and cellular automata models in GIS. *Arabian journal of geosciences*, 7(10), 4291-4301.
- Alsharif, A. A., Pradhan, B. (2014). Urban sprawl analysis of Tripoli Metropolitan city (Libya) using remote sensing data and multivariate logistic regression model. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 42(1), 149-163.
- Anılan, T. (2014). Doğu Karadeniz Havzası'nın L-Momentlere Dayalı Taşkın Frekans Analizinde Yapay Zeka Yöntemlerinin Uygulanması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ansari, T.A., Katpatal, Y.B. & Vasudeo, A. D. (2016). Spatial evaluation of impacts of increase in impervious surface area on SCS-CN and runoff in Nagpur urban watersheds, India, *Arabian Journal of Geosciences*, 9(18), 1-15.
- Anuthaman, S.N., Ramasamy, S., Ramasubbu, B., Lakshminarayanan, B. (2023). Modelling and forecasting of urban flood under changing climate and land use land cover. *Journal of Water and Climate Change* (2023) 14 (12): 4314–4335.
- Ardiansyah, M., Nugraha, R.A., Iman, L.O.C., Djatmiko, S.D. (2021). Impact Of Land Use And Climate Changes On Flood Inundation Areas In The Lower Cimanuk Watershed, West Java Province. ISSN 1410-7333| e-ISSN 2549-2853.
- Arsanjani, J. J., Kainz, W. & Mousivand, A. J. (2011). Tracking dynamic land-use change using spatially explicit Markov Chain based on cellular automata: the case of Tehran. *International Journal of Image and Data Fusion*, 2(4), 329-345.

- Azizi, S., Ilderomi, A.R. & Noori, H. (2021). Investigating the effects of land use change on flood hydrograph using HEC-HMS hydrologic model (case study: Ekbatan Dam), *Natural Hazards*, 109(1), 145-160.
- Babacan, H.T. (2021). Investigation of Climate Change Effect on Streamflows: The Case of Eastern Black Sea Basin, Karadeniz Technical University Graduate School of Natural and Applied Science, Civil Engineering Graduate Program, Trabzon, Türkiye.
- Bae, S. & Chang, H. (2019). Urbanization and floods in the Seoul Metropolitan area of South Korea: What old maps tell us, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 37, 101186.
- Bakırcı, M. (2022). Taşkın Analizinde Kentleşme Etkisinin İncelenmesi: Alibeyköy Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Bayazıt, Y. (2021). Bilecik İlindeki Şehirleşmenin Taşkın Riski Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(1), 217-227.
- Bayazıt, Y., Bakış, R. (2015). Seydisuyu Çayının Havza Taşkın Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması, VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi, Şanlıurfa, 157-164.
- Beshore, G. (2015). Easyfit bilgisayar programındaki dağılımlar nelerdir?
- Bhandari, S., Kalra, A., Tamaddun, K. & Ahmad, S. (2018). Relationship between OceanAtmospheric Climate Variables and Regional Streamflow of the Conterminous United States, *Hydrology*, 5(2), 30.
- Brunner, G. W. (2016). HEC-RAS River Analysis System, 2D Modeling User's Manual Version 5.0, (CPD-68A), 1–171.
- Campana, N.A. & Tucci, C.E. (2001). Predicting floods from urban development scenarios: case study of the Dilúvio Basin, Porto Alegre, Brazil, *Urban water*, 3(1-2), 113-124.
- Chen, C., Kalra, A. & Ahmad, S. (2019). Hydrologic responses to climate change using downscaled GCM data on a watershed scale, *Journal of Water and Climate Change*, 10(1), 63-77.
- Chen, Q., Chen, H., Wang, J., Zhao, Y., Chen, J., Xu, C. (2019). Impacts of Climate Change and Land-Use Change on Hydrological Extremes in the Jinsha River Basin. *Water* 2019, 11(7), 1398.
- Clarkslabs. (n.d) Clarks Labs [Online]. Available: <https://clarklabs.org/about/> [Accessed 27 March 2022].

- Coppedge, B. R., Engle, D. M., Fuhlendorf, S. D. (2007). Markov models of land cover dynamics in a southern Great Plains grassland region. *Landscape Ecology*, 22(9), 1383-1393.
- Demir, V., Beden, N. & Keskin, A.Ü. (2021). Taşkın Modelleme Yöntemlerinin Gözden Geçirilmesi ve Karşılaştırılması, *European Journal of Science and Technology*, 28, 1013-1021.
- Dere, G. (2019). Kurtköy Deresi Taşkın Yayılım-Tehlike-Risk Haritalarının Belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- Doğan, S. & Buğday, E. (2018). Arazi örtüsü ve kullanımının zamansal ve mekânsal değişiminin yapay sinir ağları ile modellenmesi: Kastamonu Örneği, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 653-663.
- Doğanoğlu, V.İ. (2000). Coupling of GIS with a hydraulic model for flood inundation mapping. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment, *Remote sensing of environment*, 80 (1), 185-201.
- Forte, B., Cerreta, M., De Toro, P. (2019). The human sustainable city: challenges and perspectives from the habitat agenda: Routledge.
- Goodchild, M., Longley, P., Maguire, D. & Rhind, D. (2005). *Geographical Information Systems and Science*. 2nd ed. Chichester Press, England.
- Gumma, M. (2023). Değirmendere 1 Boyutlu Taşkın Modellemesi, Yüksek lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gülbaz, S. (2019). Sayısal Modeller ile Taşkın Yayılım Haritasının Oluşturulması ve Risk Altında olan Alanların Belirlenmesi: Türkköse Deresi Örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5, 2, 335-349.
- Hatipoğlu, Ş.C. & Bahadır, M. (2020). Turnasuyu Havzası'nda (Ordu) Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi, *Mavi Atlas*, 8(1), 169-188.
- Hussain, S. N., Zwain, H. M. & Nile, B. K. (2021). Modeling the effects of land-use and climate change on the performance of stormwater sewer system using SWMM simulation: case study, *Journal of Water and Climate Change*, 13(1), 125-138.
- Huthoff, F., Remo, J. W. F. & Pinter, N. (2015). Improving flood preparedness using hydrodynamic levee-breach and inundation modelling: Middle Mississippi River, USA. *Journal of Flood Risk Management*, 8(1), 2–18.

- Jonkman, S.N. (2007). Loss of life estimation in flood risk assessment—theory and applications. Ph.D. thesis.
- Jonkman, S.N., Vrijling, J.K. & Vrouwenvelder, A.C.W.M. (2008). Methods for the estimation of loss of life due to floods: a literature review and a proposal for a new method. *Journal of Natural Hazard*, 46(3): 353–389.
- Kahya, O. (2005). Landsat ETM Verisi Kullanılarak Arazi Örtüsünün Expert Sistem Yöntemiyle Sınıflandırılması, Yüksek lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karvonen, R.A., Hepojoki, A., Huhta, H.K. & Louhio, A. (2000). The use of physical models in dambreak analysis RESCDAM Final Report. Helsinki University of Technology, Helsinki.
- Kaşıkcı, Z., Çelik, N. & Sarıyılmaz, F. B. (2020). Çok zamanlı uydu görüntüleri ile arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişiminin belirlenmesi: Elmalı Havzası, İstanbul, Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2(1), 16-21.
- Kaya, Ç. M. (2022). 1B ve 2B Taşkın Modellemesinin Karşılaştırılması: Fol Deresi Örneği, *Afet ve Risk Dergisi* 5,1, 13-21.
- Kocaman, S. (2002). Baraj yıkılması analizi ve uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye, 157 s.
- Koday, S. & Kızıllan, Y. (2019). Çok Zamanlı Landsat Uydu Görüntülerinin LULC ve NDVI Analizleri ile Ünye İlçesinde Arazi Kullanımları Değişimlerinin Belirlenmesi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 1301-1312.
- Lendering, K.T., Jonkman, S.N., Ledden, M. & Vrijling, J. K. (2019). Defend or raise? Optimising flood risk reduction strategies, *Journal of Flood Risk Management*, 13, e12553.
- Li, C., Liu, M., Hu, Y., Zong, M., Zhao, M. & Todd Walter, M. (2019). Characteristics of impervious surface and its effect on direct runoff: a case study in a rapidly urbanized area, *Water Supply*, 19(7), 1885-1891.
- Liu, M., Xu, Y., Hu, Y., Li, C., Sun, F. & Chen, T. (2014). A century of the evolution of the urban area in Shenyang, China, *Plos one*, 9(6), e98847.
- Marangoz, H. M. (2020). Baraj Yıkılma Sonrası Oluşacak Taşkın Dalgasının Difüzyon ve Momentum Dalga Yaklaşımlarıyla Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- McLin, S. G., Springer, E. P. & Lane, L. J. (2001). Predicting Floodplain Boundary Changes Following the Cerro Grande Wildfire. *Hydrological Processes*, 15,15, 2967-2980.

- Meyer, W.B. (1995). Past and Present Land Use and Land Cover in the USA. *Consequences* 1(1).
- Monaghan, J. J. (1994). Simulating Free Surface Flows with SPH. *Journal of Computational Physics*, 110(2), 399–406.
- Muhara, G. (2001). Selection of Flood Frequency Model in Tanzania Using L-moments and Region of Influence Approach. 2nd WARFSA/WaterNet Symposium: Integrated Water Resources Management: Theory, Practice, Cases; Cape Town, 1-13.
- Naderi, M., Talebi Ardeh, F., Abedi, F., Masoumi, Z. (2025). Impact of land-use and climate change on future extreme flows: a study for three dam watersheds in Alborz and Tehran provinces of Iran. *Applied Water Science* (2025).
- Nirupama, N. & Simonovic, S. P. (2007). Increase of flood risk due to urbanization: a Canadian example, *Natural Hazards*, 40(1), 25-41.
- Nyaupane, N., Thakur, B., Kalra, A. & Ahmad, S. (2018). Evaluating future flood scenarios using CMIP5 climate projections, *Water*, 10(12), 1866.
- Oğraş, S. (2018). Dicle Nehri'nin Taşkın Analizinin Hec-Ras Programıyla Yapılması, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özdamar, K. (2009). Paket programlar ile istatistiksel veri analizi 1, Eskişehir kaan Kitabevi, 273-277.
- Penning-Rowsell, E., Floyd, P., Ramsbottom, D. & Surendran, S. (2005). Estimating injury and loss of life in floods: A deterministic framework. *Journal of Natural Hazard*, 36(1–2):43–64.
- Poudel, U., Ahmad, S. & Stephen, H. (2020). Impact of urbanization on runoff and infiltration in Walnut Gulch Experimental Watershed, Watershed Management Conference 2020, May 20-21, Handerson, Nevada, 2019-232.
- Ramsbottom, D., Wade, S., Bain, V., Hassan, M., PenningRowsell, E., Wilson, T., Fernandez, A., House, M. & Floyd, P. (2004). R&D outputs: flood risks to people. Phase 2. FD2321/IR2. Department for the Environment, Food, and Rural Affairs/ Environment Agency.
- Rangari, V.A., Unamehesh, N.V. & Bhatt, C.M. (2019). Assesment of inundation risk in urban floods using HEC RAS 2D, *Modeling Earth Systems and Environment*, 5, 1839-1851.
- Saghafian, B., Farazjoo, H., Bozorgy, B. & Yazdandoost, F. (2008). Flood intensification due to changes in land use, *Water resources management*, 22(8), 1051-1067.

- Saka, F., Babacan, H.T. (2019). Doğu Karadeniz Havzası, Türkiye'deki 2251 Akım Ölçüm İstasyonu için Bazı Belirli Deşarjlarda Drenaj Alan Oranı Yöntemiyle Deşarj Tahmini, Mühendislik ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi, Cilt 2, Sayı 1, 31.08.2019 ISSN : 2687-3052.
- Santillan, J.R., Amora, A.M., Makinano-Santillan, M., Gingo, A.L. & Marqueso, J.T. (2019). Analyzing the impacts of land cover change to the hydrologic and hydraulic behaviours of the Philippines' third largest river basin, ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 4(3), 41-48.
- Sarıyılmaz, F.B., Musaoğlu, N., Tanık, A. & Kılıç, F.G. (2015). İstanbul Sazlıdere Havzısı' nın zamansal değişim analizi, TUFUAV VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs, Konya.
- Schowengerdt, R.A. (2012). Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing. Academic Press (AP).
- Seçkin, N. (2002). Ceyhan ve Seyhan Havzaları'nın Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Seçkin, N. (2009). "L-Moments Tabanlı Endeks Taşkın Yöntemi Kullanılarak Bölgesel Taşkın Frekans Analizi", Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Seçkin, N., Haktanır, T. & Yurtal, R. (2011). Flood Frequency Analysis of Turkey Using L Moments Method, Hydrological Processes, 25, 3499–3505.
- Senseman, G.M., Bagley, C.F. & Tweddale, S.A. (1995). Accuracy Assessment of the Discrete Classification of Remotely-Sensed Digital Data for Landcover Mapping. DTIC Document.
- Serencam, U. (2013). Taşkın Zararları ve Zarar Görebilirlik Analizi: Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi Örneği, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Seto, K.C. & Kaufmann, R.K. (2009). Urban growth in South China and impacts on local precipitation, Proceedings of the 5th Urban Research Symposium, June, Marseille, France, pp. 28-30.
- Shuster, W.D., Bonta, J., Thurston, H., Warnemuende, E. & Smith, D.R. (2005). Impacts of impervious surface on watershed hydrology: A review, Urban Water Journal, 2(4), 263-275.

- Suetsugi, K. (1998). Control of floodwater and improvements of the evacuation system for floodplain management. In: Fukuoka S (ed) Floodplain risk management, Proceedings of an international workshop. Hiroshima, 11–13 November 1996, pp 191–207.
- Sugianto, S., Deli, A., Miswar, E., Rusdi, M., Irham, M. (2022). The Effect of Land Use and Land Cover Changes on Flood Occurrence in Teunom Watershed, Aceh Jaya. *Land* 2022, 11(8), 1271.
- Tamaddun, K.A., Kalra, A. & Ahmad, S. (2019). Spatiotemporal variation in the continental U.S. streamflow in association with large-scale climate signals across multiple spectral bands, *Water Resources Management*, 33(6), 11947-1968.
- Tamm, O., Maasikamäe, S., Padari, A., Tamm, T. (2018). Modelling the effects of land use and climate change on the water resources in the eastern Baltic Sea region using the SWAT model. *Catena* 167 (2018) 78–89.
- Tanrıverdi, O. (2021). Sentetik Birim Hidrograf Metotlarının Karşılaştırılması ve Trabzon Değirmendere Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Tardie, P. S. & Congalton, R. G. (2002). A change detection analysis: Using remotely sensed data to assess the progression of development in Essex County, Massachusetts from 1990 to 2001, *ACSM/ASPRS annual conference*.
- Taş, E., İçağa, Y., Zorluer, İ. (2016). Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Taşkın Zarar Analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği. *AKÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16,711-721,2016.
- Taşkın, S. (2021). CBS Kullanılarak Çeşneli Deresi'nin Taşkın Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Taha, H. (1995). *Operations Reserch*. New Delhi: Prentice Hall of India.
- Teng, J., Jakeman, A. J., Vaze, J., Croke, B. F. W., Dutta, D. & Kim, S. (2017). Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. *Environmental Modelling and Software*, 90, 201–216.
- Tu, H.M. & Chen, H. M. (2020). Effects of flood-control engineering on morbidity, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 52, 1018235.
- Türkkan, G. & Korkmaz, S. (2015). Kaplıkaya Deresinin sayısal model ile taşkın analizi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi, Şanlıurfa, 62-69.
- Ülke, A. (2003). Muskingum metodu kullanılarak taşkın ötelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Verburg, P. H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., Mastura, S. S., 2002. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUES model. *Environmental management*, 30(3), 391-405.
- Yang X, Zheng X-Q & Lv L-N (2012). A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata. *Ecological modelling*, 233, 11-19.
- Ye, J., McCorquodale, J., 1998. Simulation of Curved Open Channel Flows by 3D Hydrodynamic Model. *Journal of Hydraulic Engineering*, 124, 687–698.
- Yüksek, Ö., Kankal, M. ve Üçüncü, O., 2013. Assessment of Big Floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 1, 797–814.

7. EKLER

Bu bölümde, açıklamaları “3.2. Akım Hidrografi Bulguları” bölümünde verilen, çeşitli yıllar ve tekerrür süreleri için tahmin edilen taşkın hidrografi verileri sunulmuştur.



EK Tablo 1. 2023 (M) Yılı ve 100 Yıllık Tekerrür Süresi için Taşkın Hidrografı

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	70.65
0.25	0.145	3	36.58	2.25	0.192	27	48.44
0.50	0.470	6	118.58	2.50	0.127	30	32.04
0.75	0.875	9	220.76	2.75	0.085	33	21.45
1.00	1.000	12	252.24	3.00	0.055	36	13.89
1.25	0.895	15	225.81	3.25	0.037	39	9.33
1.50	0.680	18	171.57	3.50	0.025	42	6.31
1.75	0.425	21	107.22				

EK Tablo 2. 2023 (M) Yılı ve 200 Yıllık Tekerrür Süresi için Taşkın Hidrografı

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	75.28
0.25	0.145	3	38.98	2.25	0.192	27	51.62
0.50	0.470	6	126.35	2.50	0.127	30	34.15
0.75	0.875	9	235.24	2.75	0.085	33	22.85
1.00	1.000	12	268.84	3.00	0.055	36	14.79
1.25	0.895	15	240.61	3.25	0.037	39	9.95
1.50	0.680	18	182.81	3.50	0.025	42	6.72
1.75	0.425	21	114.26				

EK Tablo 3. 2023 (M) Yılı ve 500 Yıllık Tekerrür Süresi için Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	81.34
0.25	0.145	3	42.14	2.25	0.192	27	55.76
0.50	0.470	6	136.55	2.50	0.127	30	36.90
0.75	0.875	9	254.14	2.75	0.085	33	24.66
1.00	1.000	12	290.52	3.00	0.055	36	16.01
1.25	0.895	15	260.03	3.25	0.037	39	10.76
1.50	0.680	18	197.55	3.50	0.025	42	7.27
1.75	0.425	21	123.48				

EK Tablo 4. 2023 (M) Yılı ve 1000 Yıllık Tekerrür Süresi için Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	86.01
0.25	0.145	3	44.54	2.25	0.192	27	58.98
0.50	0.470	6	144.39	2.50	0.127	30	39.01
0.75	0.875	9	268.81	2.75	0.085	33	26.11
1.00	1.000	12	307.20	3.00	0.055	36	16.89
1.25	0.895	15	274.94	3.25	0.037	39	11.36
1.50	0.680	18	208.89	3.50	0.025	42	7.68
1.75	0.425	21	130.57				

EK Tablo 5. 2040 (P1) Yılı ve 100 Yıllık Tekerrür Süresi için Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	76.78
0.25	0.145	3	39.76	2.25	0.192	27	52.65
0.50	0.470	6	128.87	2.50	0.127	30	34.82
0.75	0.875	9	239.92	2.75	0.085	33	23.31
1.00	1.000	12	274.20	3.00	0.055	36	15.1
1.25	0.895	15	245.41	3.25	0.037	39	10.14
1.50	0.680	18	186.46	3.50	0.025	42	6.86
1.75	0.425	21	116.53				

EK Tablo 6. 2040 (P1) Yılı ve 200 Yıllık Tekerrür Süresi için Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	81.81
0.25	0.145	3	42.37	2.25	0.192	27	56.10
0.50	0.470	6	137.32	2.50	0.127	30	37.11
0.75	0.875	9	255.66	2.75	0.085	33	24.83
1.00	1.000	12	292.18	3.00	0.055	36	16.07
1.25	0.895	15	261.50	3.25	0.037	39	10.81
1.50	0.680	18	198.68	3.50	0.025	42	7.30
1.75	0.425	21	124.18				

EK Tablo 7. 2040 (P1) Yılı ve 500 Yıllık Tekerrür Süresi için Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	88.4
0.25	0.145	3	45.8	2.25	0.192	27	60.6
0.50	0.470	6	148.4	2.50	0.127	30	40.1
0.75	0.875	9	276.2	2.75	0.085	33	26.8
1.00	1.000	12	315.7	3.00	0.055	36	17.4
1.25	0.895	15	282.6	3.25	0.037	39	11.7
1.50	0.680	18	214.7	3.50	0.025	42	7.9
1.75	0.425	21	134.2				

EK Tablo 8. 2040 (P1) Yılı ve 1000 Yıllık Tekerrür Süresi için Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	93.48
0.25	0.145	3	48.41	2.25	0.192	27	64.10
0.50	0.470	6	156.92	2.50	0.127	30	42.40
0.75	0.875	9	292.14	2.75	0.085	33	28.38
1.00	1.000	12	333.87	3.00	0.055	36	18.36
1.25	0.895	15	298.81	3.25	0.037	39	12.35
1.50	0.680	18	227.03	3.50	0.025	42	8.35
1.75	0.425	21	141.90				

EK Tablo 9. 2070 (P2) Yılı ve 100 Yıllık Tekerrür Süresi İçin Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	80.04
0.25	0.145	3	41.45	2.25	0.192	27	54.88
0.50	0.470	6	134.36	2.50	0.127	30	36.30
0.75	0.875	9	250.14	2.75	0.085	33	24.30
1.00	1.000	12	285.87	3.00	0.055	36	15.72
1.25	0.895	15	255.85	3.25	0.037	39	10.58
1.50	0.680	18	194.40	3.50	0.025	42	7.15
1.75	0.425	21	121.50				

EK Tablo 10. 2070 (P2) Yılı ve 200 Yıllık Tekerrür Süresi İçin Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	85.29
0.25	0.145	3	44.17	2.25	0.192	27	58.48
0.50	0.470	6	143.17	2.50	0.127	30	38.68
0.75	0.875	9	266.54	2.75	0.085	33	25.89
1.00	1.000	12	304.62	3.00	0.055	36	16.75
1.25	0.895	15	272.63	3.25	0.037	39	11.27
1.50	0.680	18	207.14	3.50	0.025	42	7.61
1.75	0.425	21	129.46				

EK Tablo 11. 2070 (P2) Yılı ve 500 Yıllık Tekerrür Süresi İçin Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	92.17
0.25	0.145	3	47.73	2.25	0.192	27	63.20
0.50	0.470	6	154.71	2.50	0.127	30	41.80
0.75	0.875	9	288.03	2.75	0.085	33	27.98
1.00	1.000	12	329.18	3.00	0.055	36	18.10
1.25	0.895	15	294.61	3.25	0.037	39	12.18
1.50	0.680	18	223.84	3.50	0.025	42	8.23
1.75	0.425	21	139.90				

EK Tablo 12. 2070 (P2) Yılı ve 1000 Yıllık Tekerrür Süresi İçin Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	97.46
0.25	0.145	3	50.47	2.25	0.192	27	66.83
0.50	0.470	6	163.60	2.50	0.127	30	44.21
0.75	0.875	9	304.57	2.75	0.085	33	29.59
1.00	1.000	12	348.08	3.00	0.055	36	19.14
1.25	0.895	15	311.53	3.25	0.037	39	12.88
1.50	0.680	18	236.70	3.50	0.025	42	8.70
1.75	0.425	21	147.93				

EK Tablo 13. 2100 (P3) Yılı ve 100 Yıllık Tekerrür Süresi İçin Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	77.56
0.25	0.145	3	40.17	2.25	0.192	27	53.19
0.50	0.470	6	130.20	2.50	0.127	30	35.18
0.75	0.875	9	242.40	2.75	0.085	33	23.55
1.00	1.000	12	277.02	3.00	0.055	36	15.24
1.25	0.895	15	247.93	3.25	0.037	39	10.25
1.50	0.680	18	188.37	3.50	0.025	42	6.92
1.75	0.425	21	117.73				

EK Tablo 14. 2100 (P3) Yılı ve 200 Yıllık Tekerrür Süresi İçin Taşkın Hidrografi

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografi Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	82.66
0.25	0.145	3	42.80	2.25	0.192	27	56.68
0.50	0.470	6	138.74	2.50	0.127	30	37.50
0.75	0.875	9	258.3	2.75	0.085	33	25.10
1.00	1.000	12	295.20	3.00	0.055	36	16.24
1.25	0.895	15	264.20	3.25	0.037	39	10.92
1.50	0.680	18	200.74	3.50	0.025	42	7.38
1.75	0.425	21	125.46				

EK Tablo 15. 2100 (P3) Yılı ve 500 Yıllık Tekerrür Süresi İçin Taşkın Hidrografı

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	89.32
0.25	0.145	3	46.25	2.25	0.192	27	61.25
0.50	0.470	6	149.93	2.50	0.127	30	40.51
0.75	0.875	9	279.12	2.75	0.085	33	27.11
1.00	1.000	12	318.99	3.00	0.055	36	17.54
1.25	0.895	15	285.50	3.25	0.037	39	11.80
1.50	0.680	18	216.92	3.50	0.025	42	7.97
1.75	0.425	21	135.6				

EK Tablo 16. 2100 (P3) Yılı ve 1000 Yıllık Tekerrür Süresi İçin Taşkın Hidrografı

Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)		Boyutsuz BH Değerleri		Akım Hidrografı Değerleri (m ³ /s)	
$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)	$\frac{t}{t_p}$	$\frac{Q}{Q_p}$	t (h)	Q (m ³ /s)
0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	0.280	24	94.45
0.25	0.145	3	48.91	2.25	0.192	27	64.76
0.50	0.470	6	158.54	2.50	0.127	30	42.84
0.75	0.875	9	295.15	2.75	0.085	33	28.67
1.00	1.000	12	337.32	3.00	0.055	36	18.55
1.25	0.895	15	301.90	3.25	0.037	39	12.48
1.50	0.680	18	229.38	3.50	0.025	42	8.43
1.75	0.425	21	143.36				

ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta ve lise öğrenimini İran’da tamamladı. 2005 yılında başladığı Mahabad Azad Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 2009 yılında mezun oldu. 2011 yılında kazandığı Mahabad Azad Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Hidrolik Mühendisliği bölümünde yüksek lisans öğrenimini 2014 yılında tamamladı. 2019 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. Tez süresince çeşitli yazılımlar konusunda deneyim kazanan Saeid JOUDI SANI İngilizce ve Türkçe ve Farsça bilmektedir.