

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKIM ÖLÇÜMÜ OLMAYAN NEHİRLERDE TAŞKIN  
YAYILIM HARİTALARININ OLUŞTURULMASI VE  
HASAR OLASILIK EĞRİLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuğçe HIRCA**

**Enstitü Anabilim Dalı** : **İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı** : **HİDROLİK**  
**Tez Danışmanı** : **Dr. Öğr. Üyesi Osman SÖNMEZ**

**Kasım 2018**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKIM ÖLÇÜMÜ OLMAYAN NEHİRLERDE TAŞKIN  
YAYILIM HARİTALARININ OLUŞTURULMASI VE  
HASAR OLASILIK EĞRİLERİNİN İNCELENMESİ

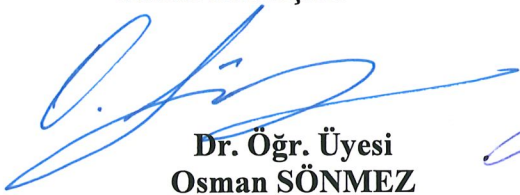
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğçe HIRCA

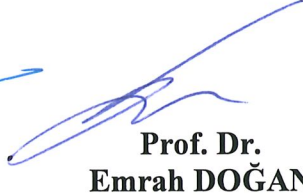
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

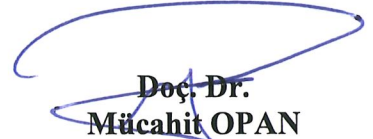
Bu tez 23.11.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Dr. Öğr. Üyesi  
Osman SÖNMEZ  
Jüri Başkanı



Prof. Dr.  
Emrah DOĞAN  
Üye



Doç. Dr.  
Mücahit OPAN  
Üye

## BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.



Tuğçe HIRCA

17.10.2018

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, hiçbir desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Osman SÖNMEZ'e,

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve birikimlerinden faydalandığım Sayın Prof. Dr. Emrah DOĞAN'a,

Tez çalışmam boyunca birikim ve önerilerinden sürekli destek aldığım Arş. Gör. Fatma DEMİR'e,

Çalışmam boyunca gerekli verileri temin etmemi sağlayan D.S.İ Sakarya 32. Şube Müdürlüğü ve Sakarya Meteoroloji Genel Müdürlüğü çalışanlarına,

Hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli annem Nahide HIRCA'ya, babam Cemalettin HIRCA'ya, ablam Tuğba Nur HIRCA'ya, kardeşim Oğuzcan HIRCA'ya ve tez çalışmalarım sırasında verdikleri yüksek motivasyon nedeniyle arkadaşlarım Hatice ALGAN'a, Sevim AKYILDIZ'a çok teşekkür ederim.

Bu yüksek lisans tezini rahmetli babaannem Ruhinaz HIRCA, anneannem Zehra ERTİRYAKİ, dedem Sabri ERTİRYAKİ ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen büyükbabam Nizamettin HIRCA'ya ithaf ediyorum...

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	ix
ÖZET .....	xi
SUMMARY .....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
TAŞKIN KAVRAMI .....	2
2.1. Türkiye'nin Su Potansiyeli .....	2
2.2. Taşkın Tanımı .....	5
2.3. Taşkın Oluşum Nedenleri .....	9
2.3.1. Taşkınların meteorolojik oluşum nedenleri .....	10
2.3.1.1. Yağış .....	10
2.3.1.2. Sıcaklık .....	13
2.3.1.3. Rüzgarlar ve fırtınalar .....	13
2.3.2. Taşkınların hidrolojik oluşum nedenleri .....	14
2.3.2.1. Toprağın nem durumu .....	14
2.3.2.2. Yeraltı su seviyesi .....	14
2.3.2.3. Yüzeyin doğal sızma oranı .....	14
2.3.2.4. Su geçirmez alanların varlığı .....	14

2.3.2.5. Kanal kesit şekli ve pürüzlülüğü .....	14
2.3.2.6. Havza özellikleri .....	15
2.3.3. Taşkınların insan kaynaklı oluşum nedenleri .....	16
2.3.3.1. Arazi kullanım şekilleri .....	16
2.3.3.2. Taşkın yatağının işgal edilmesi .....	17
2.3.3.3. İklim değişikliği .....	17
2.3.3.4. Altyapı olmaması/yetersiz/bakımsız olması .....	18
2.4. Taşkın Türleri .....	19
2.4.1. Meteorolojik etkiler bakımından taşkın türleri .....	20
2.4.2. Oluşum yerleri bakımından taşkın türleri .....	20
2.4.3. Oluşum süreleri bakımından taşkın türleri .....	22
2.5. Taşkından Korunma Yolları .....	22
2.5.1. Yapısal önlemler .....	23
2.6. Türkiye’de Taşkından Korunmak İçin Alınan Önlemler .....	29
2.7. Farklı Ülkelerde Taşkından Korunmak İçin Alınan Önlemler .....	31
2.7.1. İngiltere .....	31
2.7.2. Amerika.....	32
2.7.3. Hollanda.....	33
2.8. Taşkınlardan Meydana Gelebilecek Zararlar .....	34
2.9. Taşkınım Faydaları .....	35
2.10. Türkiye’de Meydana Gelen Tarihi Taşkınlar .....	36
2.11. Dünyada Meydana Gelen Tarihi Taşkınlar .....	38
<b>BÖLÜM 3.</b>	
LİTERATÜR ÖZETİ .....	39
3.1. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar .....	39
3.2. Dünyada Yapılan Çalışmalar .....	47
<b>BÖLÜM 4.</b>	
ÇALIŞMANIN ÖNEMİ .....	52

## BÖLÜM 5.

ÇALIŞMA ALANI .....	53
5.1. Çalışma Alanına Ait Doğal Faktörler .....	54
5.1.1. Coğrafi faktörler .....	54
5.1.2. Jeolojik yapısı .....	54
5.1.3. İklim .....	54
5.2. Ekonomik ve Sosyal Faktörler .....	57
5.3. Son Yıllarda Bölgede Yaşanan Taşkınlar .....	58

## BÖLÜM 6.

MATERYAL VE YÖNTEM .....	60
6.1. Uygulanan Yöntem Üzerine Genel Bilgi .....	60
6.2. Farklı Yağış Akış Modelleri Kullanılarak Tekerrürlü Taşkın Debisi Hesap Yöntemleri.....	60
6.2.1. Debi hesabında kullanılan istatistiki yöntemler .....	60
6.2.1.1. Normal dağılım .....	60
6.2.1.2. Log normal dağılım .....	62
6.2.1.3. Gumbel dağılım .....	63
6.2.1.4. Pearson dağılım .....	64
6.2.1.5. Log pearson dağılım .....	64
6.2.2. Debi hesabında kullanılan deterministik yöntemler .....	67
6.2.2.1. D.S.İ sentetik yöntemi .....	67
6.2.2.2. Mockus yöntemi .....	69
6.2.2.3. Sneyder yöntemi .....	70
6.2.2.4. Rasyonel yöntem .....	72
6.3. Hidrolik Modelleme .....	74
6.3.1. Hec-RAS hakkında genel bilgiler .....	75
6.3.2. Hec-Georas hakkında genel bilgiler.....	75
6.3.3. Verilerin Hec-Georas' tan hec-ras'a aktarılması.....	76
6.3.4. Hidrolik analizlerin hec-ras'ta gerçekleştirilmesi.....	77
6.4. Hasar Faktörü Fonksiyonu Kullanılarak Yapılarda Meydana Gelebilecek Ekonomik Kaybın Belirlenmesi.....	79

6.5. Islah Sonrası Derenin Taşıma Kapasitesi Hesabı .....	81
BÖLÜM 7.	
UYGULAMA .....	82
7.1. Günlük Maksimum Yağışların Ekstrem Dağılım Hesabı .....	82
7.2. Farklı Yağış Akış Modelleri İle Tekerrürlü Taşkın Debisi Hesabı .	87
7.2.1. Küçücek deresi anakola ait debilerin hesaplanması.....	87
7.2.2. Karaca deresine ait debilerin hesaplanması .....	90
7.3. Küçücek Deresi'nin ArcGIS Ortamında Sayısallaştırılması .....	91
7.4. Küçücek Deresi'nin Islah Edilmeden Önceki Hali İçin Hidrolik Analizler .....	92
7.5. Hasar Faktörü Fonksiyonu Kullanılarak Taşkın Zarar Analizi .....	95
7.6. Küçücek Deresi'nin Islah Edildikten Sonraki Hali İçin Hidrolik Analizler .....	97
7.7. Küçücek Deresi'nin Islah Edildikten Sonraki Halinin Taşıma Kapasitesi Hesabı .....	99
BÖLÜM 8	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	100
KAYNAKLAR .....	104
EKLER.....	113
ÖZGEÇMİŞ .....	114



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

1D	: Bir Boyutlu Model
2D	: İki Boyutlu Model
ASFPM	: Association of State Flood Plain Managers
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Dijital Elevation Model
DEFRA	: Department for Environment Food & Rural Affairs (İngiltere)
DSİ	: Devlet Su İşleri
EEA	: Europe Enviroment Agency
EM-DAT	: The international disasters database
FEMA	: Federal Emergency Management Agency (Amerika)
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
LIDAR	: Laser Imaging Detection and Ranging
LLFA	: The Lead Local Flood Authority
MAFA	: Maksimum Anlık Feyezan Akımı
MGİ	: Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
RFCC	: The Regional Flood and Coastal Committees
SKDS	: Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TIN	: Triangulated Irregular Network
UA	: Uzaktan Algılama
UNEP	: UN Environment Programme
USACE	: The U.S. Army Corps of Engineers
WMO	: World Meteorological Organization

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Seçilen ülkeler için falkenmark su stres indeksi .....	4
Şekil 2.2.	Nehir taşkınlarının arazide (a) ve şehirde (b) şematik olarak gösterimi .....	6
Şekil 2.3.	1980-2010 yıllarında Avrupa’da meydana gelen taşkın sayısı...	7
Şekil 2.4.	2017'nin ilk yarısında meydana gelen doğal afetlerin yüzdelik dilimleri .....	8
Şekil 2.5.	Cephe yağışları (Frontal).....	11
Şekil 2.6.	Yamaç yağışları (Orografik).....	11
Şekil 2.7.	Yükselim yağışları (Konveksiyonel) .....	12
Şekil 2.8.	Yağış ile oluşan havza hidrolojisi .....	12
Şekil 2.9.	Aynı havzaya ait meydana gelebilecek farklı taşkın hidrografları .....	13
Şekil 2.10.	Drenaj alanı şeklinin pik akımlara etkisi.....	16
Şekil 2.11.	Nehir yatağına (a) ve nehir üzerine (b) yapılan konutlar .....	17
Şekil 2.12.	Deprem sonrası meydana gelen kıyısal alan taşkını Japonya/ 2011 .....	21
Şekil 2.13.	Taşkın geciktirme havuzu .....	25
Şekil 2.14.	Çakıt çayı havzası kontrol çalışması .....	27
Şekil 2.15.	a) Yarım ay şeklinde ve b) Sürekli teraslama .....	28
Şekil 2.16.	Osmaniye- Karaçay tersip bendi .....	29
Şekil 2.17.	İngiltere’de hazırlanan taşkın riskinin olasılığına göre etkileri..	32
Şekil 2.18.	Amasya’da 1948 taşkınında taşkının getirmiş olduğu taş ve sediment taşınımı.....	37
Şekil 2.19.	İstanbul’da meydana gelen 2009 yılı taşkını .....	37
Şekil 2.20.	Sarı nehir 1887 seli ve taşkını .....	38

Şekil 2.21.	Büyük Çin felaketi .....	38
Şekil 5.1.	Çalışma alanı .....	53
Şekil 5.2.	Akyazı aylık maksimum sıcaklık .....	54
Şekil 5.3.	Akyazı aylık minimum sıcaklık .....	55
Şekil 5.4.	Akyazı aylık ortalama sıcaklık .....	55
Şekil 5.5.	Akyazı aylık ortalama nispi nem .....	56
Şekil 5.6.	Akyazı aylık toplam yağış .....	56
Şekil 5.7.	Taşkın sonrası Çak Teksil fabrikası civarı .....	58
Şekil 5.8.	Taşkın sonrası Orthaus Trailers Taşıt araçları fabrikası civarı .....	58
Şekil 5.9.	Taşkın sonrası Küçücek Deresi .....	59
Şekil 6.1.	Sneyder' in sentetik birim hidrografi .....	72
Şekil 6.2.	Çalışma diyagramı .....	74
Şekil 6.3.	Sayısal Yükseklik Modeli' nin hücresel boyutu .....	75
Şekil 6.4.	HEC-GeoRAS ana menüleri ve alt menüler .....	76
Şekil 6.5.	Taşkın derinliği-hasar faktörü ilişkisi .....	80
Şekil 7.1.	17069 no'lu MGİ verileri ile farklı dağılımlara ve tekerrür dönemlerine göre hesaplanan sonuçların grafiksel olarak gösterimi .....	87
Şekil 7.2.	Küçücek Deresinin ArcGIS ortamında sayısallaştırılması .....	92
Şekil 7.3.	ArcGIS' ten gönderilen örnek bir topoğrafik veri .....	93
Şekil 7.4.	Km 0+980 bulunan enkesitin autocad çizimi .....	94
Şekil 7.5.	Km 0+980 bulunan enkesitin hecras ile düzenlenmiş hali .....	94
Şekil 7.6.	Derenin mevcut hali için oluşturulan taşkın yayılım haritaları..	95
Şekil 7.7.	Taşkın riskine maruz kalan fabrikalar .....	96
Şekil 7.8.	Örnek bir enkesitin öngörülen ölçülere göre düzenlenmiş hali .....	98
Şekil 7.9.	Küçücek Deresi' nin düzenlenmiş halinin 500 yıllık debi için taşkın yayılım haritası .....	98

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli .....	2
Tablo 2.2.	Geleneksel yöntem .....	3
Tablo 2.3.	Falkenmark indeksi .....	3
Tablo 2.4.	Su fakirliği indeksine göre ülkelerin su zenginliği .....	5
Tablo 2.5.	2017'nin ilk yarısında meydana gelen doğal afetler ve can kaybı sayısı .....	8
Tablo 2.6.	2013-2017'nin ilk yarısında meydana gelen doğal afetler ve etkilenen insan sayısı .....	9
Tablo 2.7.	Taşkın oluşum nedenleri .....	10
Tablo 2.8.	Taşkın türleri .....	19
Tablo 2.9.	Taşkın koruma kanunları .....	23
Tablo 2.10.	Hollanda için taşkın stratejileri .....	34
Tablo 2.11.	Ülkemizde meydana gelen yıkıcı taşkınlar .....	37
Tablo 2.12.	Dünyada meydana gelen tarihi taşkınlar ve yaşanan can kayıpları .....	38
Tablo 6.1.	Log Pearson Tip III dağılımı için frekans faktör değerleri .....	66
Tablo 6.2.	Açık kanal akımların sınıflandırılması .....	78
Tablo 6.3.	Açık kanallarda oluşabilecek akım tipleri .....	78
Tablo 7.1.	17069 no'lu MGİ'ye ait yağış verileri yağış verileri .....	82
Tablo 7.2.	Olasılık dağılımlarında kullanılan istatistiki parametreler .....	84
Tablo 7.3.	17069 no'lu MGİ verileri Normal dağılımına göre hesaplanan ekstrem yağışlar .....	85
Tablo 7.4.	17069 no'lu MGİ verileri Log Normal dağılımına göre hesaplanan ekstrem yağışlar .....	85
Tablo 7.5.	17069 no'lu MGİ verileri Log Pearson Tip III dağılımına göre hesaplanan ekstrem yağışlar .....	86

Tablo 7.6.	17069 no'lu MGİ verileri Gummel dağılımına göre hesaplanan ekstrem yağışlar .....	86
Tablo 7.7.	17069 no'lu MGİ verileri Pearson dağılımına göre hesaplanan ekstrem yağışlar .....	87
Tablo 7.8.	Deterministik yöntemlerin kullanım şartları .....	88
Tablo 7.9.	Çalışma alanına ait bilgiler .....	88
Tablo 7.10.	Havza alanında ait arazi kullanımına göre eğri no belirlenmesi ....	88
Tablo 7.11.	Bölgenin 24 saatlik yağış- süre- tekerrür değerleri .....	89
Tablo 7.12.	Küçücek Deresi Anakolu DSİ yöntemi için yağış değerlerini düzenleme katsayısı .....	89
Tablo 7.13.	DSİ Yöntemi ile hesaplanan Küçücek Deresi Anakol tekerrürlü taşkın debileri .....	89
Tablo 7.14.	Küçücek Deresi Anakolu Mockus yöntemi için yağış değerlerini düzenleme katsayısı .....	89
Tablo 7.15.	Mockus Yöntemi ile hesaplanan Küçücek Deresi Anakol tekerrürlü taşkın debileri .....	90
Tablo 7.16.	Karaca Deresi DSİ yöntemi için yağış değerlerini düzenleme katsayısı .....	90
Tablo 7.17.	DSİ Yöntemi ile hesaplanan Karaca Deresi tekerrürlü taşkın debileri .....	90
Tablo 7.18.	Karaca Deresi Mockus yöntemi için yağış değerlerini düzenleme katsayısı .....	90
Tablo 7.19.	Mockus yöntemi ile hesaplanan Karaca Deresi tekerrürlü taşkın debileri .....	91
Tablo 7.20.	Hidrolik analizlerde kullanılan Küçücek Deresine ait debiler .....	91
Tablo 7.21.	Küçücek Deresi taşkın bilgileri .....	96
Tablo 7.22.	Taşkın riskine maruz yapıların alansal miktarı ve taşkın zararları.	97
Tablo 7.23.	Küçücek Deresi'nin taşıyabileceği maksimum debi .....	99

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Tekerrürlü taşkın debisi, Taşkın yayılım haritası, Küçücek Deresi, Hec-RAS

Taşkınlar, meydana getirmiş oldukları maddi ve manevi kayıplar nedeniyle insanoğlunun en fazla etkilendiği doğal afetlerden birisidir. Dünyanın hızlı bir şekilde değişmesi ve nüfus artışına bağlı olarak taşkın yataklarında çoğu kez kontrolsüz yapılaşma meydana gelmiştir. Bu durum ise taşkınlar neticesinde meydana gelen ekonomik kayıplarda artış gözlenmesine neden olmuştur. Ülkemizde Devlet Su İşleri (DSİ) ortaya çıkan bu kayıpların en aza indirilmesi için bir takım yapısal önlemleri almakla yükümlüdür.

Taşkınlardan en çok etkilenen bölgelerden birisi de Sakarya'nın önemli sanayi bölgelerinden olan Akyazı-Küçücek Sanayi Bölgesidir. Bu nedenle bölge, çalışma sahası olarak belirlenmiştir. Bu çalışma 5 aşamadan oluşmaktadır. 1. aşamada; farklı yağış akış modelleri kullanılarak tekerrürlü taşkın debisi hesaplanmıştır. 2. aşamada; olası bir taşkında Akyazı-Küçücek Sanayi Bölgesi'nde halihazırda bulunan dere yatağı yapısına bağlı olarak taşkın yayılım haritaları hazırlanmıştır. 3. aşamada; üretilen yayılım haritalarına bağlı olarak meydana gelebilecek yapısal hasar kaynaklı ekonomik kayıp, taşkın derinliği-hasar faktörü kullanılarak hesaplanmıştır. 4. aşamada; DSİ tarafından ekonomik kayıpların en aza indirilmesi amacıyla ön görülen ıslah projesi değerlendirilmiştir. 5. ve son aşamada ise; ıslah sonrası için derenin taşıma kapasitesi hesaplanmıştır.

Taşkın risk haritaları oluşturulurken Küçücek Deresi'nden km 0+150 ile km 1+600 arasında sanayi bölgesinde kalan kısmı için 39 adet enkesit alınmıştır. ArcGIS ortamında nehir, kıyı çizgileri, akış yolları ve enkesitler sayısallaştırılmıştır. Elde edilen veriler Hec-RAS programına aktarılmıştır. Kesit ve kesitlerdeki manning pürüzlülük değerleri düzenlenmiştir. Hidrolojik veriler kullanılarak 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın debileri hesaplanmıştır. Bu debiler için taşkın yayılım analizleri, ekonomik zarar tayini yapılmıştır. Islah projesinin değerlendirilmesi ile bölgenin taşkın analizleri ortaya çıkmıştır.

# **ESTIMATION OF FLOOD INUNDATION MAPS AND DAMAGE PROBABILITY CURVES FOR NON-EXISTING CREEK FLOW DISCHARGE**

## **SUMMARY**

**Keywords:** Return-Period Discharge, Flood inundation maps, Küçücek Stream, HEC-RAS

Flooding is one type of natural disaster that often has the greatest effect on humans owing to the material and spiritual losses it causes. Because of the rapid change in the world's and the increase in population, often uncontrolled settlement in floodplain. This leads to a significant increase in economic losses due to flooding. In Turkey, the DSİ (State Hydraulic Works) is responsible for taking certain structural measures designed to reduce and minimise the losses and damage caused by these flooding events.

One of the regions most affected by flooding is the Akyazı-Küçücek Industrial Zone, which is one of the important industrial areas in Sakarya Province, and for this reason, it was chosen as our study area. This study consists of 5 steps. (1) Repeated flood discharge was calculated using different rainfall flow models. (2) Risk analysis was performed on creek bed structures in the Akyazı-Küçücek Industry Zone. (3) Economic losses because of structural damage likely to occur based on our estimated inundation map were calculated using a flood depth-damage factor. (4) The proposed improvement project was evaluated by DSİ to determine how much it would minimise the economic losses caused by a flooding event. (5) Carrying capacity is calculated for post-breeding.

To create flood risk maps in this study, 39 cross sections were taken for the portions of the study area in the industrial zone between 0–150 km and 1–600 km in Küçücek Creek. River, banklines, flow paths and cross sections are digitized in ArcGIS. The obtained data was transferred to the Hec-RAS program. Manning roughness values were assigned to each section, and the sections were rehabilitated. Using hydrological data, recurring flood events of 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 and 500 years were calculated. Flood risk analysis and economic damage estimation were conducted for these events, and our subsequent evaluation of the improvement project provided a comprehensive flood evaluation for the region.

## 1.GİRİŞ

Dünyanın hızla değişmesi ve nüfus artışı kontrolsüz yapılaşma, atmosferik emisyonlar, küresel çapta meydana gelen iklim değişimleri ve su sıkıntısı gibi birtakım sorunları da beraberinde getirmektedir. Toplamda 1.4 milyar km<sup>3</sup> su miktarına sahip olan dünyamızdaki suyun, % 97.5'i denizlerde ve okyanuslarda tuzlu su olarak bulunmaktadır. Kalan %2.5'i ise tatlı su olarak göllerde çeşitli ihtiyaçları karşılamak üzere bulunmaktadır. Tatlı su kaynaklarının % 90'lık bir kısmının yeraltında ve kutuplarda bulunması insanoğlunun kolaylıkla ulaşabileceği kullanılabilir durumdaki su kaynaklarının azlığını ortaya koymaktadır. Sanayi ve teknolojinin hızlı gelişmesi ve çevre bilincinin yerleşmemesi ya da yaygınlaşmaması gibi nedenler mevcut haldeki kullanılabilir su kaynaklarının giderek azalmasına neden olmaktadır. Bu durum ise su kaynakları yönetiminin önemini ortaya koymaktadır. Su kaynakları yönetimi; doğal döngüde insanların çevresel, sosyal ve ekonomik fayda sağlayarak sistematik kullanımı anlamına gelmektedir. Su kaynaklarının kullanımında tüm ülkelerin önceliği yaşam sürdürülebilirliği için temel prensiplerinin karşılanması olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda, ülkelerin mevcut su potansiyelleri ve bunlara karşın yönetim planlamaları gelecekteki konumları için hayati bir öneme sahip olmaktadır. Mevcut su potansiyelinin belirleyici unsurlarından biri olan yağışların havzalara iletim kapasitesinden fazla düşmesi taşkınları meydana getirmektedir (Meriç, 2004; Kundzewicz ve Menzel, 2005; Akın ve Akın, 2007; DSİ, 2017).



## BÖLÜM 2. TAŞKIN KAVRAMI

### 2.1. Türkiye'nin Su Potansiyeli

Nüfus artışı, kuraklık, küresel çapta meydana gelen iklim değişikliği gibi nedenlerle insanoğlunun suya olan ihtiyacı artmaktadır. Tarih boyunca yerüstü su kaynakları, kolay erişilebilirliği nedeniyle insanların tüketimi için en uygun kaynak olarak görülmüştür (Bear ve Cheng, 1999). Gelecekte yaşanabilecek olası su sıkıntısının önüne geçilebilmesi için mevcut yerüstü ve yeraltı su potansiyeli belirlenmelidir. Türkiye'ye yılda 501 milyar m<sup>3</sup> yağış düşmektedir. Bu yağış miktarının yaklaşık %37'si olan 186 milyar m<sup>3</sup> su akışa geçmekte ve sadece 95 milyar m<sup>3</sup> su ekonomik olarak kullanılabilir durumda bulunmaktadır. Komşu ülkelerden gelen akarsulardan 3 milyar m<sup>3</sup> olmak üzere yılda ortalama 98 milyar m<sup>3</sup> yerüstü ve 14 milyar m<sup>3</sup> yeraltı olmak üzere toplamda 112 milyar m<sup>3</sup> çeşitli amaçlarla teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir su kaynağımız bulunmaktadır. Tablo 2.1.'de DSİ'nin mevcut verilerine göre hazırlanmış olan Türkiye'nin su potansiyeli gösterilmiştir (DSİ,2012).

Tablo 2.1. Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli (DSİ, 2012)

Yıllık ortalama yağış	643 mm/yıl
Türkiye'nin yüzölçümü	783.577 km <sup>2</sup>
Yıllık yağış miktarı	501 milyar m <sup>3</sup>
Buharlaşma	274 milyar m <sup>3</sup>
Yeraltına sızma	41 milyar m <sup>3</sup>
<b>Yüzeysel Su</b>	
Yıllık yüzey akışı	186 milyar m <sup>3</sup>
Kullanılabilir yüzey suyu	98 milyar m <sup>3</sup>
<b>Yeraltı Suyu</b>	
Yıllık çekilebilir su miktarı	14 milyar m <sup>3</sup>
<b>Toplam Yerüstü ve Yeraltı Suyu</b>	
Kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda toplam	112 milyar m <sup>3</sup>
<b>Kullanım Yerleri</b>	
Tarımda kullanılan	32 milyar m <sup>3</sup>
İçme suyu için kullanılan	7 milyar m <sup>3</sup>
Sanayide kullanılan	5 milyar m <sup>3</sup>
Toplam Kullanılan Su	44 milyar m <sup>3</sup>

Ülkeler, gelecekte günümüzden çok daha fazla öneme sahip olacak olan ve sürdürülebilir yaşamın temel prensibi olarak görülen suyun, varlığına göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Bu bölümde 3 tip sınıflandırma üzerinde durulmuştur. Bu sınıflandırmalar;

- a) Geleneksel Yöntem
- b) Falkenmark İndeksi
- c) Su Fakirliği İndeksi

- a) Geleneksel Yöntem; ülkelerin su varlıklarına ilişkin kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı dikkate alınarak oluşturulmuştur. Tablo 2.2.'de geleneksel sınıflandırma için kullanılan sınır şartlara yer verilmiştir (DPT, 2007).

Tablo 2.2. Geleneksel yöntem (DPT, 2007)

<b>Su (m<sup>3</sup>/kişi/yıl)</b>	<b>Sınıflandırma</b>
<1000	Su Fakiri
1000-2000	Su Azlığı
8000-10000	Su Zengini

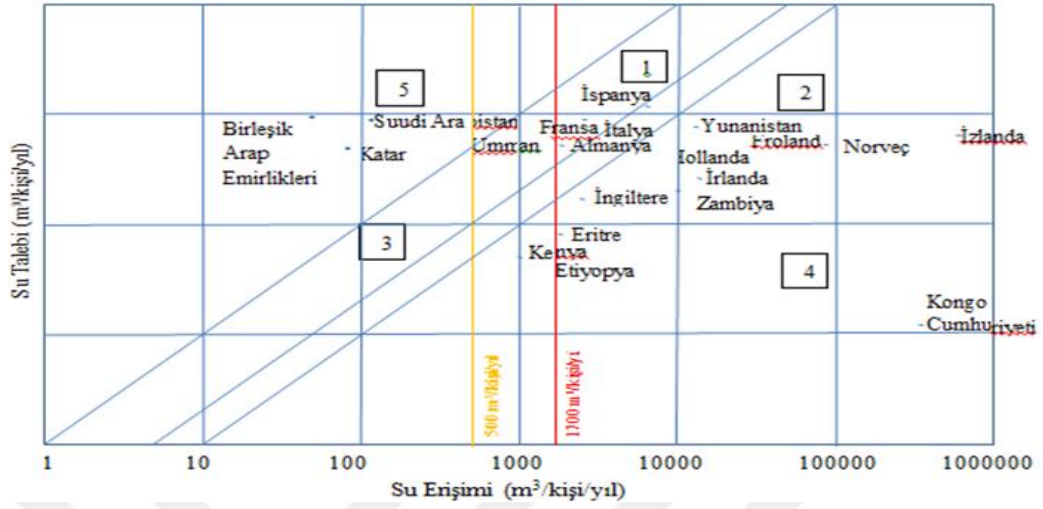
- b) Falkenmark İndeksi; Malin Falkenmark tarafından 1989 yılında ülkelerin toplam su miktarı ve toplam nüfusu ilişkilendirilerek oluşturulan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmada, doğal sistemin ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, nüfusun su kaynakları üzerindeki baskısı ifade edilmektedir. Tablo 2.3'de Falkenmark İndeksinde kullanılan eşik değerler verilmiştir.

Tablo 2.3. Falkenmark indeksi (DSİ, 2016)

<b>Su (m<sup>3</sup>/kişi/yıl)</b>	<b>Sınıflandırma</b>
1700 ve üstü	Su Baskısı Yok
1700-1000	Su Sıkıntısı
1000-500	Su Kıtlığı
500 ve altı	Mutlak Su Kıtlığı

Falkenmark İndeksinde yapılan sınıflandırmada, Türkiye “su sıkıntısı çeken” ülkelerden birisidir (DSİ/AR-GE, 2015). Ülke nüfusunun 100 milyonu aşması durumunda ise kişi başına düşecek yıllık kullanılabilir su miktarı 1120 m<sup>3</sup>'e düşecektir ve önlem alınmadığı takdirde su kıtlığı yaşanabilecektir. Şekil 2.1.'de bazı ülkeler için

Falkenmark İndeksi göz önünde bulundurularak yapılan grupelemaya yer verilmiştir.



Şekil 2.1. Seçilen bazı ülkeler için Falkenmark su stres indeksi (URL 1)

Şekil 2.1.'de görülebileceği üzere Suudi Arabistan, Katar ve Birleşik Arap Emirlikleri mutlak su kıtlığı ile karşı karşıya kalırken, Kenya su sıkıntısı çeken Yunanistan, Almanya ve İspanya gibi ülkeler ise su baskısı olmayan ülkeler arasındadır. Ülkemiz her ne kadar üç tarafı denizlerle çevrili olsa da su zengini olmayıp, kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1519 m<sup>3</sup>'tür.

c) Su Fakirliği İndeksi; 3. Dünya su forumuna kadar ülkelerin su miktarı bakımından fakirliğini ya da zenginliğini yıllık kişi başına düşen su miktarı belirlemekteydi. Ancak, bu çeşit sınıflandırmalar 3. Dünya su forumunda tartışılmış olup birçok ayrıntıya yer veren yeni bir sınıflandırma türü kabul edilmiştir. Bu yeni sınıflandırmada;

- Kaynak varlığı,
- Erişilebilirlik,
- Erişim kapasitesi,
- Kullanım becerisi,
- Çevresel etki boyutu

gibi etkenler göz önünde bulundurulmaktadır. Tablo 2.4.'te Türkiye'nin de içinde

bulunduğu bazı ülkelere ait su fakirlik indekslerine yer verilmiştir (Atakuman, 2008).

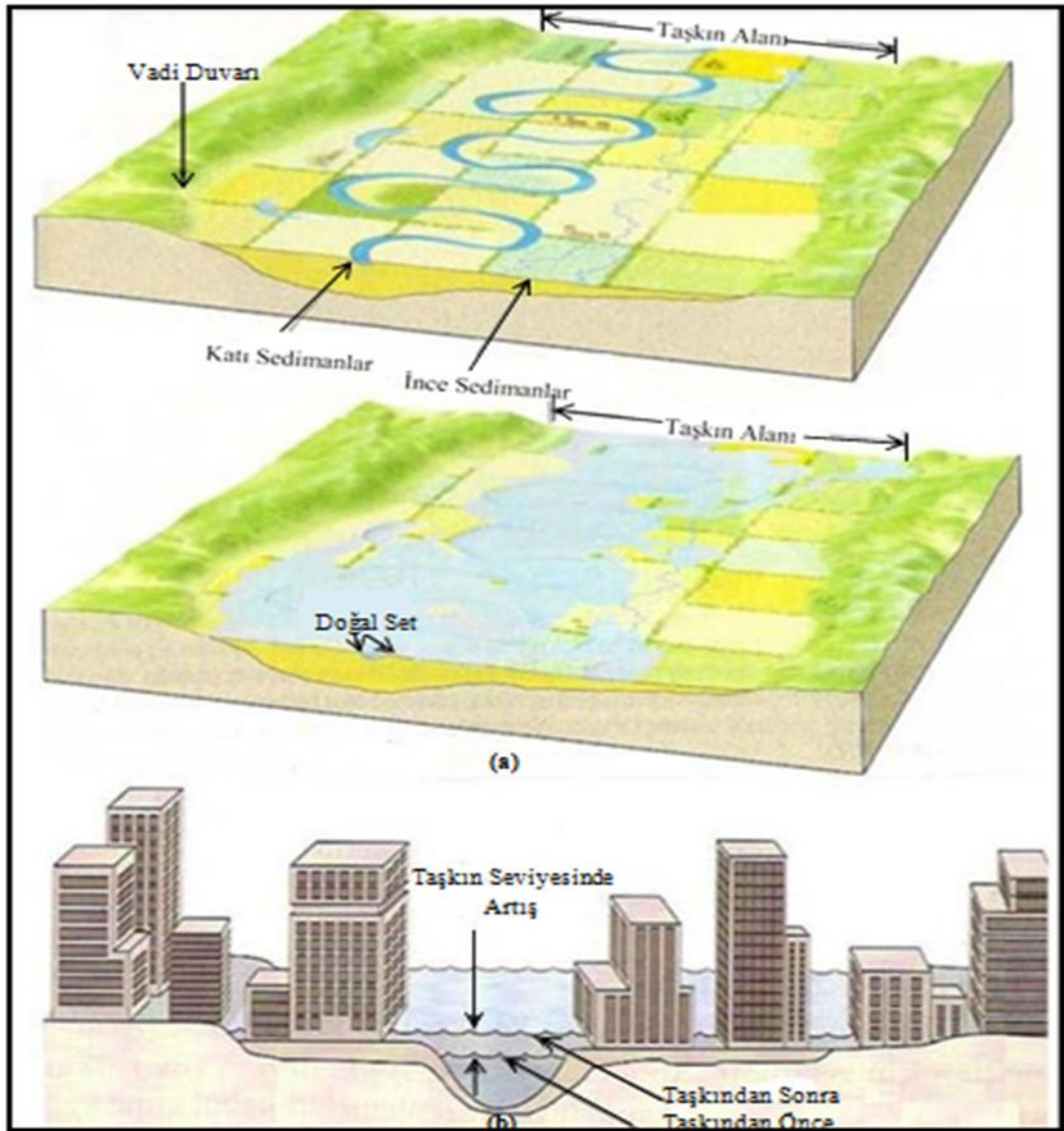
Tablo 2.4. Su fakirliği indeksine göre ülkelerin su zenginliği (Atakuman, 2008)

	Kaynak Varlığı	Erişilebilirlik	Erişim Kapasitesi	Kullanım Becerisi	Çevresel Etki Boyutu	Su Fakirlik İndeksi
Kongo Cumhuriyeti	17,1	10,3	11,8	7,3	10,9	57,3
Finlandiya	12,2	20,0	18,0	10,6	17,1	78,0
Fransa	7,0	20,0	18,0	8,0	14,1	68,0
Almanya	6,5	20,0	18,0	6,2	13,7	64,5
İran	6,8	14,8	15,5	13,5	9,8	60,3
İtalya	7,7	19,8	17,4	5,3	10,7	60,9
Türkiye	7,8	14,8	13,1	10,7	10,1	56,5
İngiltere	7,3	20,0	17,8	10,3	16,0	71,5

Tablo incelendiği takdirde; kaynak varlığı bakımından Türkiye'nin İngiltere'den daha zengin olmasına karşın erişilebilirlik, kullanım becerisi, çevresel etki boyutu ve erişim kapasitesi dikkate alındığında İngiltere'den su bakımından daha fakir olduğu açıktır. Aynı şekilde kaynak varlığı bakımından en zengin ülkenin Kongo Cumhuriyeti olmasına rağmen, kendisinin 1/3'i kadar kaynak varlığına sahip Almanya'dan su bakımından daha fakir olması diğer etkenler sebebiyle ortaya çıkmıştır. (Atakuman, 2008). Geleneksel sınıflandırmalar yerine alternatif olarak önerilen bu indeksin birçok detayı içinde barındırması bakımından daha gerçekçi olduğu kabul edilmektedir.

## 2.2. Taşkın Tanımı

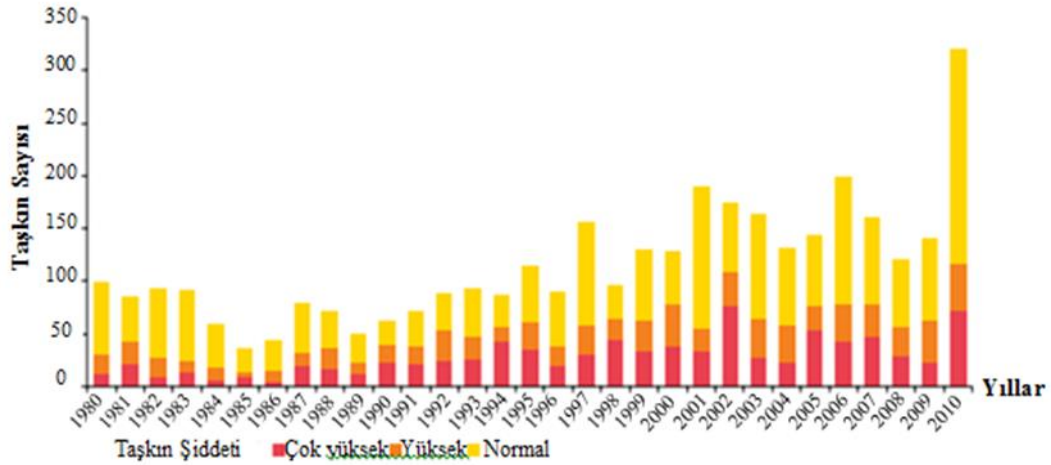
Taşkın; uzun süreli veya kuvvetli yağışlar, kar erimeleri gibi nedenlerden dolayı havzalarda, iletim kapasitesinden daha fazla suyun olması durumunda ya da baraj yıkılmaları gibi ekstrem olaylar sonucu meydana gelen, etrafındaki yerleşim, tarımsal alanlara ve canlılara sosyal, ekonomik vb. zararları veren meteorolojik kökenli bir doğal afettir. Taşkın yataklarının düşük meyilli ve suya yakın olmaları çoğu kez artan nüfus için ideal yerleşim alanı olarak görülmelerine neden olmuştur. Dolayısıyla olası taşkınlardan etkilenen insan sayısında ve ekonomik kayıplarda artış meydana gelmektedir. Şekil 2.2.'de nehir taşkınlarının arazi ve şehir merkezindeki durumu gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Nehir taşkınlarının arazide (a) ve şehirde (b) şematik olarak gösterim (Keller, 1979; Tarbuck, 1984; Uçar, 2010)

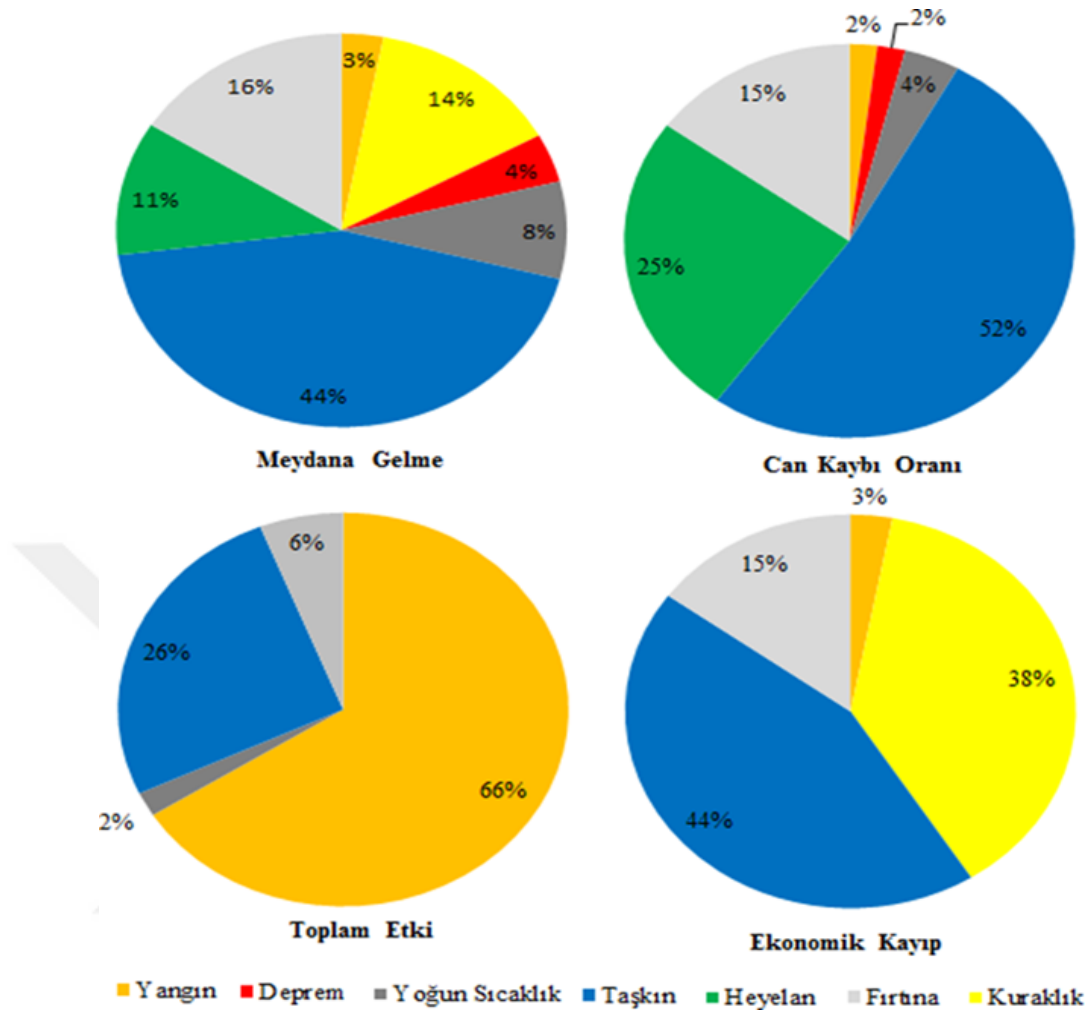
Bu gibi etkenlerin yanı sıra mevsimsel yağışlar ya da sıcaklıklarda taşkınların meydana gelmesine sebebiyet vermektedir. Uluslararası Küresel İklim Değişimi Panelinde (IPCC) 1970'lerden itibaren yeryüzü sıcaklığının ortalama  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  arttığı belirtilmiştir. Bu yüzyılın sonlarında ise IPCC tarafından sıcaklık artışının  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  artması beklenmektedir (IPCC, 2013). Bu durum düzensiz yağışlara ve sıcaklık artışına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle, özellikle yaz aylarında kar ve buzul erimeleri gibi etkenler toprağın nem bakımında doymuş olmasına neden olmakta ve yağışla birlikte gelen suyun az bir miktarının yeraltına akışa geçerek yüzeyde kalan suyun akarsularda

taşmasına neden olmaktadır. Bu durum ekonomik zararın yanı sıra can kaybı da meydana getirmektedir. Taşkınlar her türlü doğal afetin vermiş olduğu tüm zararın yaklaşık % 40'ını meydana getirmektedir (Feng ve Lu, 2010). Avrupa Çevre Ajansı'nın (2016) oluşturmuş olduğu "Taşkın yatağı yönetimi: Taşkın riskini azaltmak ve sağlıklı ekosistemi geri getirmek" adlı raporda araştırmacılar, 1980-2010 yılları arasında gerçekleşen taşkın verilerini incelemiştir. Bu raporda Avrupa'da meydana gelen taşkınlarda artış trendi gözlemlendiği ve ilerleyen yıllarda taşkınların daha sık ve şiddetli olarak gözleneceği belirtilmiştir. Avrupa'da meydana gelen bu taşkınların sayısı Şekil 2.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. 1980-2010 yıllarında Avrupa'da meydana gelen taşkın sayısı (EEA, 2016)

Aynı raporda 2050 yılına kadar taşkın kayıplarının; iklim değişikliğine, taşkın alanlarının arazi yönünden kullanımına ve kentselleşmeye bağlı olarak 5 kat artabileceği belirtilmiştir. Ülkemizde meteorolojik karakterli en sık görülen doğal afetler; şiddetli yağış, şiddetli rüzgar, taşkın, don, yıldırım, kar ve fırtınalardır. Dünya Meteoroloji Örgütü'nün verilerine göre (WMO) 1980'li yıllarda 700,000 kişi meteorolojik kökenli doğal afetlerden etkilenmiştir (URL 2). Uluslararası Afet Veritabanı (EM-DAT) bilgilerine göre 2017'nin ilk yarısında meydana gelen doğal afetler içerisinde taşkınlar, can kaybının ve ekonomik kaybın en fazla yaşandığı doğal afettir. 2017'nin ilk yarısında meydana gelen jeolojik ve meteorolojik doğal afetlerin meydana gelme, can kaybı oranı, toplam etki ve ekonomik kayıp yönünden karşılaştırılması Şekil 2.4.'te gösterilmiştir. Bu taşkınlardan kaynaklanan can kaybı ile etkilenen insan sayısı Tablo 2.5. ve Tablo 2.6.'da belirtilmiştir.



Şekil 2.4. 2017'nin ilk yarısında meydana gelen doğal afetlerin yüzdelik dilimleri (EM-DAT, 2017)

Tablo 2.5. 2017'nin ilk yarısında meydana gelen doğal afetler ve can kaybı sayısı (EM-DAT, 2017)

Felaket	Ay	Ülke	Can Kaybı
Taşkın	Mayıs	Sri Lanka	292
Heyelan	Mart-Nisan	Kolombiya	273
Taşkın	Ekim - Şubat	Zimbabve	246
Taşkın	Haziran-Ağustos	Hindistan	213
Taşkın	Mart	Peru	177
Heyelan	Haziran	Bangladeş	160
Tropikal Siklon	Ocak-Mart	Zimbabve	126
Tropikal Siklon "Enawo"	Mart	Madagaskar	99
Heyelan	Haziran	Çin	83
Taşkın	Haziran-Temmuz	Çin	82

Tablo 2.6. 2013-2017'nin ilk yarıyılında meydana gelen doğal afetler ve etkilenen insan sayısı (EM-DAT, 2017)

Felaket	Ay	Ülke	Etkilenen İnsan Sayısı (Milyon)
Kuraklık	Eylül 2015-Nisan 2017	Etiyopya	10.2
Taşkın	Haziran-Temmuz	Çin	9.5
Kuraklık	Ekim 2015-Ocak 2017	Malavi	6.7
Kuraklık	Ağustos 2015-Mayıs 2017	Somali	4.7
Kuraklık	Ocak 2013-Ocak 2017	Zimbabve	4.3
Kuraklık	Nisan-Ağustos	Mauritia	3.9
Kuraklık	Ocak 2016-Şubat 2017	Haiti	3.6
Tropikal Siklon "Mora"	Mayıs	Bangladeş	3.3
Kuraklık	Haziran 2016-Mart 2017	Kenya	3.0
Kuraklık	Ocak 2015-Mayıs 2017	Güney Afrika	2.7

### 2.3. Taşkın Oluşum Nedenleri

Taşkınlar sebebiyet verdikleri zararlar nedeniyle insanoğlunun en fazla etkilendiği doğal afetlerdendir. Ülkemizde taşkınlar, depremlerden sonra ekonomik kaybın en fazla yaşandığı doğal afettir. Mevcut bilgiler doğrultusunda, taşkından kaynaklanan ekonomik kayıp her yıl ortalama 100.000.000 ABD dolarına ulaşmaktadır (Uşkay ve Aksu, 2002). Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verilerine göre 1975-2011 yılları arasında Türkiye’de 820 adet taşkın afeti meydana gelmiştir. Yaşanan bu taşkınlar sonucunda, 660 kişi hayatını kaybetmiş ve 799.758 hektar tarım arazisi sular altında kalmıştır (URL 3). Taşkınların oluşum nedenlerinin incelenmesi gerekli tedbirlerin alınmasında büyük öneme sahiptir. Dünya Meteoroloji Organizasyonu (WMO) tarafından taşkın oluşum nedenleri 3 başlık altında Tablo 2.7.’de belirtilmiştir.



Tablo 2.7. Taşkın oluşum nedenleri (WMO/GWP, 2008; Sönmez, 2013)

Meteorolojik	Hidrolojik	İnsan Faktörü
- Yağış	- Toprağın nem durumu	- Arazinin kullanım şekilleri (ormansızlaştırma ve şehirleşmeden kaynaklanan yüzeyin sızdırmasının engellenmesi ) akımı artırır ve sedimantasyona sebep olabilir
- Siklonik fırtınalar	- Fırtına öncesi yeraltı su seviyesi	- Taşkın yatağının işgal edilmesiyle akımın engellenmesi
- Küçük ölçekli fırtınalar	- Yüzeyin doğal sızma oranı	- Alt yapının olmaması veya bakımsız/yetersiz olması
- Sıcaklık	- Su geçirmez alanların varlığı	- Memba yakınında yapılan çok etkili drenajlar akım yüksekliğini artırması.
- Kar yağışı ve kar erimesi	- Kanal kesit şekli ve Pürüzlülük	- İklim değişikliğinin taşkın ve yağışın sıklığını ve büyüklüğünü etkilemesi
	- Yatağından taşan akım için Kanal ağının varlığı ya da Yokluğu	- Şehirlerdeki mikroklima etkisinin yağışı tetiklemesi
	- Havzanın çeşitli yerlerinde Yüzeysel akımın senkronizasyonu	
	- Drenajı engelleyen yüksek gelgit	

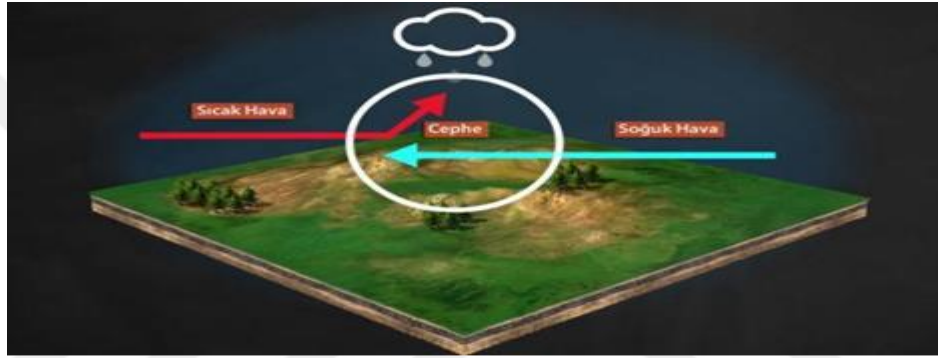
### 2.3.1. Taşkınların meteorolojik oluşum nedenleri

#### 2.3.1.1. Yağış

Atmosferde bulunan su buharının çeşitli sebeplerden dolayı yoğunlaşması ile yeryüzünün herhangi bir yerine inerek su bırakması sonucu yağışlar meydana gelmektedir. Yağışın taşkına sebep olduğu an, yeryüzüne düştüğü ilk an olmayıp, akışa geçmeye başladığı zamandır. Kısa sürede ve kuvvetli bir şekilde meydana gelen yağmur yağışları toprak ve bitki örtüsü tarafından emilememektedir. Kontrolsüz

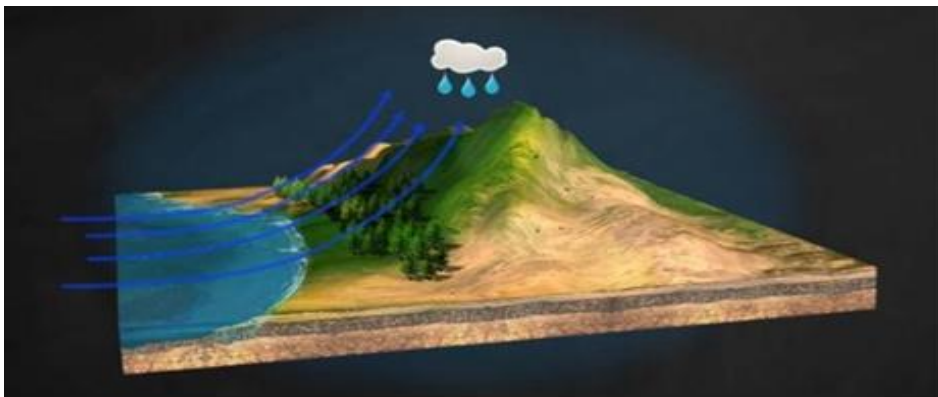
olarak akışa geçen bu büyük su kütlesi ise taşkına neden olmaktadır. Yağışlar oluşumlarına göre 3'e ayrılmaktadır:

- a) Cephe Yağışları (Frontal): Farklı sıcaklığa ve özelliğe sahip hava kütlelerinin “cephe” adı verilen karşılaşma bölgelerinde meydana gelmektedir. Yüksek basınca sahip hava kütesinin alçalması ve alçak basınca sahip hava kütesinin ise yükselerek, yüksek hava basıncının üzerine çıkıp soğuyarak yağışı meydana getirmesi olaydır. Orta Avrupa’da ve Batı Avrupa’da görülebilmektedir. Cephe yağışlarının oluşumu Şekil 2.5.’te gösterilmiştir.



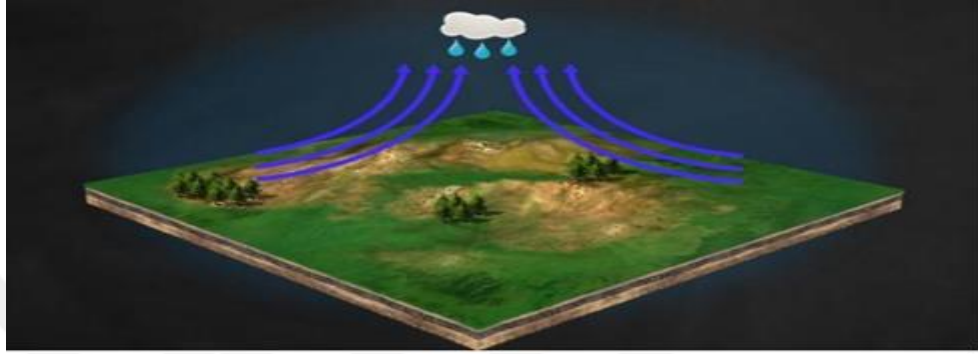
Şekil 2.5. Cephe yağışları (Frontal) (URL 4)

- b) Yamaç Yağışları (Orografik): Denizden gelen nemli hava kütlelerinin karada bulunan bir dağ yamacı boyunca yükselmesi, soğuması ve yoğunlaşması sonucu meydana gelmektedir. Ülkemizde dağların kıyıya paralel uzandığı Karadeniz Bölgesinde ve dünyada ise Güneydoğu Asya’da meydana gelmektedir. Yamaç yağışlarının oluşumu Şekil 2.6.’da gösterilmiştir.



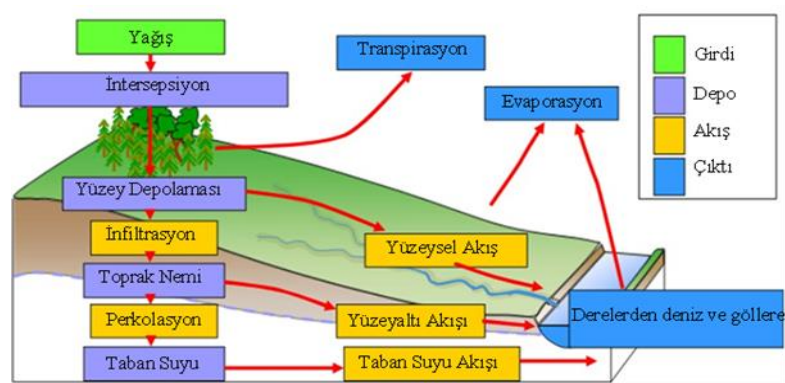
Şekil 2.6. Yamaç yağışları (Orografik) (URL 4)

- c) Yükselim Yağışları (Konveksiyonel): Nemli hava kütesinin alttan ısınması ve dikey doğrultuda yükselerek soğuyup yoğunlaşması sonucu meydana gelen yağışlardır. Türkiye’de İç Anadolu Bölgesinde ilkbahar aylarında, dünyada ise Ekvator Bölgesinde yılın her anı görülebilmektedir. Yükselim yağışlarının oluşumu Şekil 2.7.’de gösterilmiştir.



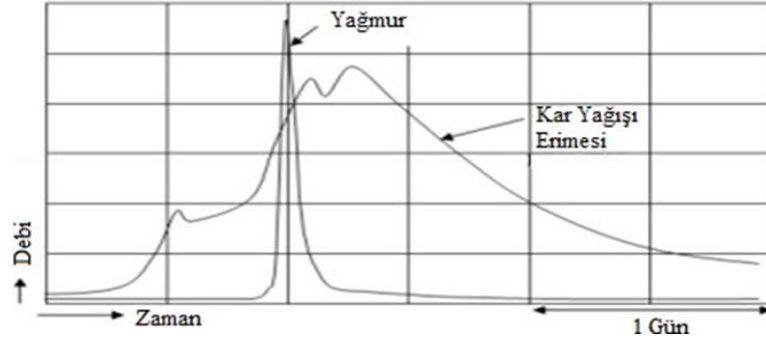
Şekil 2.7. Yükselim yağışları (Konveksiyonel) (URL 4)

Yağışların miktarının yanı sıra meydana gelme süreleri de taşkın oluşumunda önemli etkiye sahiptir. Uzun süreli ve eşit miktara sahip olan yağışlar kısa sürede son bulan yağışlara göre havzaya daha fazla su düşmesine neden olmaktadır. Süre bakımından ise yağış; kurak bölgelerde yağış miktarının fazla olduğu bölgelere nazaran daha kısa sürmektedir (Uçar, 2010). Havzada yağış ile meydana gelen hidroloji Şekil 2.8.’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Yağış ile oluşan havza hidroloji (URL 5)

Kış aylarında meydana gelen kar kütlelerinin üzerine, nispeten ılık bir havada yağın yağmur kar erimeleri ile birlikte akışa geçen su miktarında artışa neden olmaktadır.



Şekil 2.9. Aynı havzaya ait meydana gelebilecek farklı taşkın hidrografları (Uçar, 2010)

Şekil 2.9.'da görülebileceği üzere 2 hidrograf arasında önemli farklar mevcuttur. Yağmur yağışı sonucu meydana gelen taşkınlarda pik debi değeri daha yüksek ve ani artış yaşanmaktadır. Bununla birlikte pik debinin oluşumu için geçen süre daha kısarken, kar erimesi sonucu meydana gelebilecek taşkınlarda oluşacak pik debi değeri daha küçük ve pik debinin oluşumu için geçen süre ise daha uzundur.

### 2.3.1.2. Sıcaklık

Kar, yağmur ya da dolu şeklinde olan yağışın yeryüzüne nasıl düşeceğini sıcaklık belirlemektedir. Sıcaklığın  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olması durumunda genelde kar halinde,  $0^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde olmasında ise dolu ya da yağmur şeklinde meydana gelmektedir. Dolayısıyla sıcaklık taşkın birim hidrografını doğrudan etkileyecek bir etkidir. Ülkemizde taşkınları meydana getiren yağışlar incelendiğinde taşkınımın en fazla kış aylarından sonra oluşan kalın kar kütlelerinin sıcaklıktaki yükselmelere bağlı olarak erimesiyle - ilkbahar ve sonbahar döneminde- olduğu ayrıca Karadeniz, Akdeniz ve Batı Anadolu coğrafi bölgelerinin ise taşkına en duyarlı bölgeler olduğu ortaya çıkmaktadır (Uşıkay ve Aksu, 2002).

### 2.3.1.3. Rüzgarlar ve fırtınalar

Kıyılardan iç bölgelere doğru esen rüzgarlar nem getirerek yağış oluşumuna neden olurken; iç bölgelerden kıyılara doğru esen rüzgarlar yağış oluşturmazlar. Ülkemizde Doğu Karadeniz dağları ve Toros dağlarında görülmekte olan Fön rüzgarları kışın karların erken erimesine ve yağmura neden olmaktadır.

### **2.3.2. Taşkınların hidrolojik oluşum nedenleri**

#### **2.3.2.1. Toprağın nem durumu**

Toprağın nem durumu; emme kabiliyetini doğrudan etkileyerek, akışın sızma miktarını ve taşkın etkisini belirlemede yardımcı olmaktadır. Toprağın nem bakımından daha önceki yağışlarda doygunluğa ulaşmaması, akışa geçen su miktarının bir kısmının sızmasına olanak sağlayacak ve özellikle başlangıçta meydana gelebilecek taşkın kayıplarının azalmasına neden olacaktır.

#### **2.3.2.2. Yeraltı su seviyesi**

Yeraltı su seviyesinin yüzeye olan yakınlığı akışın sızma miktarını azaltacak ve taşkın etkisinin artmasına neden olacaktır.

#### **2.3.2.3. Yüzeyin doğal sızma oranı**

Organik madde bakımından zengin ve gözenek sayısı fazla olan toprak türlerinin sızdırma kapasitesi fazladır. Doğal sızma oranının fazla olması; akışta olan ve nehir yatağında taşmayı meydana getirecek su miktarının azalmasına neden olmaktadır. Sızma toprak doymuş hale gelene kadar devam etmektedir. Sızma olayının gerçekleşmediği su miktarı ise yüzeysel akışa devam etmektedir (Özcan, 2006).

#### **2.3.2.4. Su geçirmez alanların varlığı**

Su geçirmez alanların bulunduğu yerlerde yağışlardan ve kar erimelerinden kaynaklı su miktarının büyük bir kısmı, yüzeysel akışa devam etmektedir. Bu durum taşkın pik debilerinin ve taşkın sıklığının artmasına neden olmaktadır.

#### **2.3.2.5. Kanal kesit şekli ve pürüzlülüğü**

Nehirlerin taşıma kapasitesi hesabında, kesit karakteristikleri bilinen, serbest yüzeysel akımlar için "Manning Formülü" kullanılmaktadır (Bulu ve Yılmaz, 2002). Buna göre kanalın pürüzlülük katsayısı (n) ve kesit alanına (A) bağlı olarak taşıma kapasitesi belirlenebilmektedir.

### 2.3.2.6. Havza özellikleri

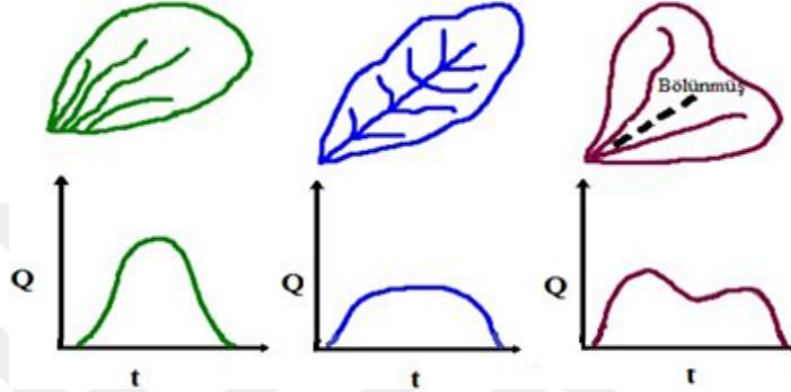
Bitki Örtüsü; terleme ve intersepsiyon kayıplarının belirlenmesinde, yağışın akışa geçen miktarında ve akış hızında önemli rol oynamaktadır (Ekinci, 2003; Hoşgören, 2015). Bitki örtüsü, yağış meydana geldiği andan akışa geçene kadar ki süreç içerisinde özellikle başlangıçta meydana gelebilecek kayıplar konusunda önemli etkiye sahiptir (Akkaya, 2016). Mevcut topoğrafyayı kaplayan bitki örtüsü; sıklığına, büyüklüğüne ve çeşidine bağlı olarak su emilim kapasitesini etkileyebilmektedir. Bu sayede, süzülen su miktarında artış olmakta ve nehir yatağından taşan su miktarı azalmaktadır. Doğal bitki örtüsünde meydana gelebilecek tahribat, suyun zemin tarafından emilimini engelleyecek ve nehrin taşıma kapasitesinin aşımına neden olacaktır.

Balcı (1958) tarafından yapılan bir araştırmada, bitki örtüsü çeşidinin yüzeysel akışa ve toprağa sızan su miktarını nasıl etkilediği incelenmiştir. Orman, çayır ve çıplak alanın infiltrasyon değerlerinde; ormanın %82'nin infiltre olduğu %18'inin yüzeysel akışa geçtiği, çayır alanlarında %64'lük bir kısmın infiltre olduğu %36'luk kısmın yüzeysel akışa geçtiği ve çıplak alanlarda ise %44'lük bir kısmın infiltre olduğu ve %56'luk bir kısmın ise yüzeysel akışa geçtiği gözlemlenmiştir (Balcı, 1958).

- a) Drenaj Alanının Eğimi; taşkın hacminin hızını etkileyebilen bir faktördür. Drenaj alanının eğimi yüzey akışının daha hızlı gerçekleşmesini sağlamakta ve süzülme azaltmaktadır. Bu nedenle, tüm fizyolojik özellikleri aynı olan iki drenaj alanının taşkın hacimlerinin eşit olmasına rağmen eğimlerinin farklı olması taşkın kayıplarında da farklılığa neden olmaktadır. Yüksek eğime sahip drenaj alanının düşük eğimli drenaj alanına kıyasla taşkın kayıpları daha büyüktür. Bununla birlikte; drenaj alanının eğimi, pik debinin oluşum zamanını ve taşkın süresini de azaltmaktadır.
- b) Drenaj Alanının Büyüklüğü; havza alanı, akarsu su potansiyelini, pik debinin oluşum süresini, taşkın süresini ve taşkın hacmini direkt olarak etkilemektedir. Drenaj alanı küçük havzalarda taşkından meydana gelebilecek sarfiyat düşük, pik oluşum zamanı kısa ve birim alanda meydana gelebilecek taşkın miktarı fazla

olmaktadır (Özdemir, 1978; Ekinci,2003).

- c) Drenaj Alanının Şekli; drenaj alanı ve diğer fizyolojik özellikleri aynı olan havzaların taşkın hacimleri eşittir. Ancak, alanın şeklinde meydana gelebilecek değişiklik pike ulaşma süresini, pik debiyi ve taşkın süresini etkilemektedir (Eagleson, 1970). Bu durum Şekil 2.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Drenaj alanı şeklinin pik akımlara etkisi (URL 5)

- d) Havzanın Hidrojeolojisi; drenaj alanı içerisinde bulunan su kaynakları (akarsular, göller, vb.) hidrolojik çevrim ile buharlaşmanın artmasına ve havzaya daha fazla yağışın düşmesine neden olmaktadır. Göller suyun depolanmasına olanak sağlayarak taşkını düzenlemede ve taşkın etkilerini önemli derecede azaltmaktadır (Akkaya, 2016).
- e) Havzanın Yönü; yağışın geldiği yönde bulunan drenaj alanına daha çok yağış düşmektedir.

### 2.3.3. Taşkınların insan kaynaklı oluşum nedenleri

#### 2.3.3.1. Arazi kullanım şekilleri

Ormansızlaşma ve bitki örtüsünün yok edilmesi, doğanın kendi kurallarına uygun bir durum değildir. Bu durum arazinin çıplak kalarak yüzey akışındaki sızma miktarının azalmasına ve başlangıç kayıplarının az olmasına neden olmaktadır. Geçirimsizlik katsayısının düşmesine bağlı olarak meydana gelen toprak kaymaları ile katı madde

sedimentasyonu artmaktadır. Akarsu yatağında bulunan yapıların (menfez, köprü vb); artan sedimentasyon sonucu kesitlerinde daralma meydana gelmektedir. Ayrıca; arazinin nadasa bırakılması, teraslamanın yapılmaması, gibi arazinin kullanım şekilleri taşkın şiddetinin artmasına neden olmaktadır.

### 2.3.3.2. Taşkın yatağının işgal edilmesi

Nüfusun hızlı bir şekilde artması kontrolsüz kentleşmeyi meydana getirmektedir. Bu durum Şekil 2.11.'de görülebileceği üzere nehirlerin ve taşkın yataklarının yerleşim alanlarına dönüşmesine neden olmaktadır. Doğal yapının bozularak betonlaşmanın artması taşkın yataklarının geçirimsizlik değerinin düşmesi ve sızma miktarının azalmasıyla sonuçlanır. Bu durum debi hesap yöntemlerinden olan rasyonel yöntemde ( $Q = C.i.A$ ) "C" akış katsayısını hızla arttırmaktadır. Bu alanlarda yerleşimin olması taşkın etkilerinin artmasına neden olmaktadır.



Şekil 2.11. Nehir yatağına (a) ve nehir üzerine (b) yapılan konutlar (URL 6)

Sadece konut olarak işgal edilmeyen bu alanlar çeşitli sanayi ve evsel atık alanları olarak da kullanılmaktadır. Bu durum, kesit daralmalarının yanı sıra nehir yatağındaki suyun doğal akış güzergahının da değişmesine neden olmaktadır.

### 2.3.3.3. İklim değişikliği

İnsan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişimlerinin değerlendirilmesi amacıyla

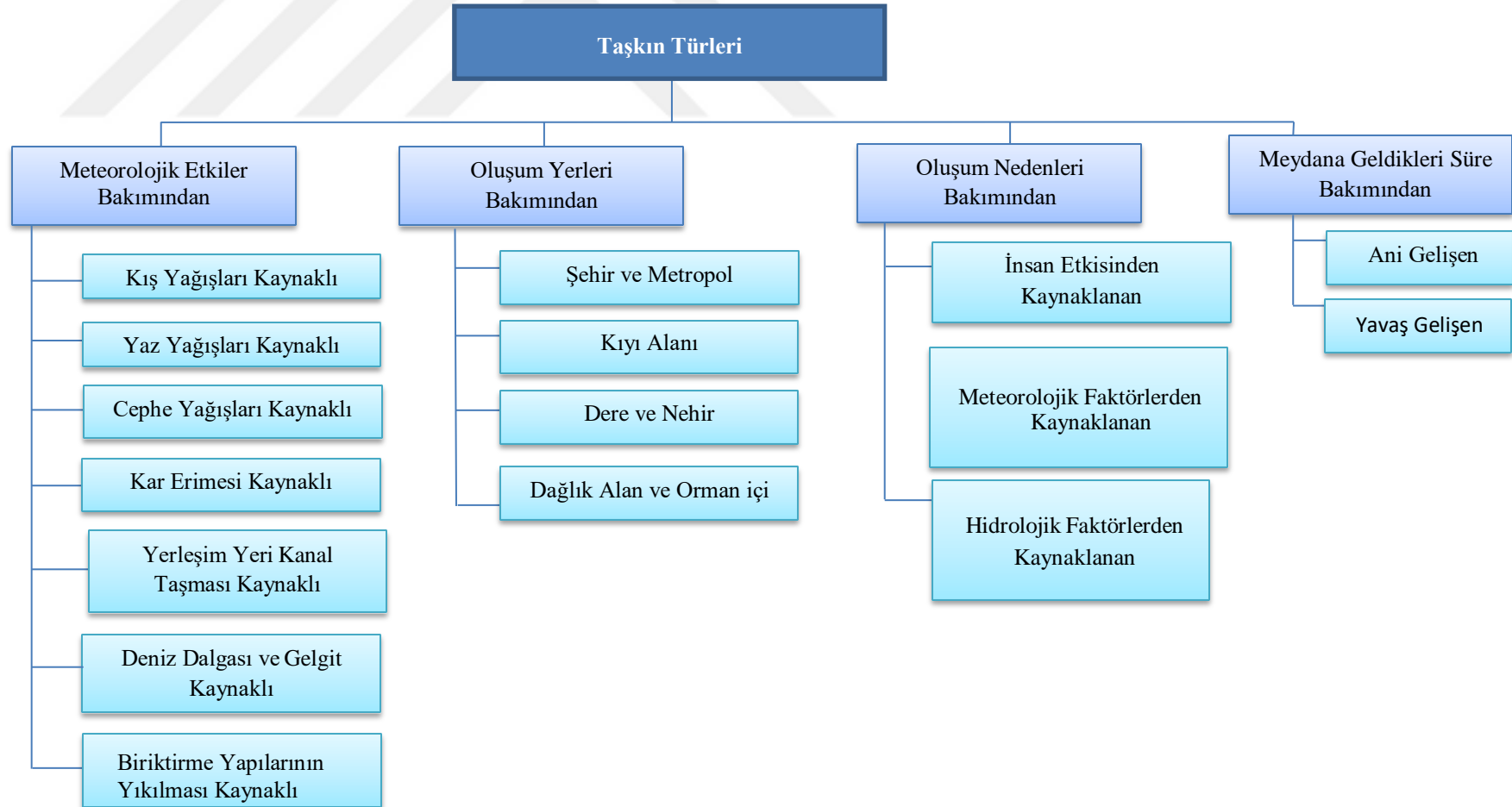


Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. IPCC'nin hazırlamış olduğu son raporda, 1901-2012 yılları arasında kara ve okyanus sıcaklığı ortalama 0,9 °C artmıştır. IPCC tarafından oluşturulan senaryolara göre 2100 yılına kadar sıcaklıkların 1-3,5 °C artması beklenmektedir (Öztürk, 2002). Bu artış; buzul erimelerini, deniz seviyesinde yükselmeleri, yüzey sıcaklığının artmasını ve artan yağışları meydana getirmektedir. İklim değişikliği dünyanın bazı bölgelerinde normalden fazla kuraklık yaşanmasına neden olurken bazı bölgelerinde ise, ani-aşırı kar ve yağmur yağışlarına neden olmaktadır.

#### **2.3.3.4. Altyapı olmaması/ yetersiz/ bakımsız olması**

Kentsel drenaj sisteminin yetersizliği/bakımsızlığı ve altyapıların genellikle birleşik sistem ağırlıklı olmaları gibi nedenler evsel atık suların yüzeye çıkmasına ve aşırı gelen yağmur suları ile yüzeyde birbirleriyle karışmalarına neden olmaktadır. Yağmur sularının tekrar kullanıma kazandırılabilmesi amacıyla sürdürülebilir su kaynakları yönetimi önemlidir. Örneğin İngiltere'de Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (SKDS) olarak, isimlendirilen bu sistemler ile mühendislik sistemleri, doğa sistemlerini taklit etmektedir. Bu sayede çevre kalitesinin artırılması amaçlanmıştır. Bu sistemler geçirimsiz yüzey alanlarını azaltmak ve geçirgen kaplamaları kullanmak (geçirimli asfalt, beton) gibi amaçlara hizmet etmektedir. (Avdan ve diğerleri, 2015). Kullanılan geçirimli malzemeler sayesinde sızma miktarı arttırılmakta ve akıştaki suyun miktarı düşürülmektedir.

## 2.4. Taşkın Türleri



Tablo 2.8. Taşkın türleri (Akkaya, 2016)

#### 2.4.1. Meteorolojik etkiler bakımından taşkın türleri

- a) Kış Yağışları Kaynaklı Taşkınlar; kış aylarında meydana gelen yağışlardan kaynaklanmaktadır. Yağışların hacimleri büyük ve etkin yağış uzun süre devam etmektedir. Özellikle orta ve kuzey Avrupa'da etkili olmaktadır.
- b) Yaz Yağışları Kaynaklı Taşkınlar; sıcaklık farkının yoğun olduğu fırtınalı yağışlar sonucunda meydana gelmektedir.
- c) Cephe Yağışları Kaynaklı Taşkınlar; yoğunluğu ve sıcaklığı farklı iki hava kütesinin karşılaşması sonucu oluşan yağışlardan kaynaklanan taşkınlardır. Geniş alanlarda uzun süreli ve düşük şiddette meydana gelmektedirler.
- d) Kar Erimesi Kaynaklı Taşkınlar; kış aylarında meydana gelen kar kütleleri bahar mevsiminde sıcaklığın artmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde erimektedir. Burada kar erime hızı sıcaklığa bağlı doğrusal bir fonksiyondur (Yerdelen, 2006). Kar erimleri ve kuvvetli yağışlar sonucunda akarsuların su seviyelerinde yükselme yaşanmaktadır. Ülkemizde meydana gelen taşkınların birçoğu bahar aylarında sıcaklık artışına bağlı olarak kar erimesi ile gerçekleşmektedir.
- e) Yerleşim Yeri Kanal Taşması Kaynaklı Taşkınlar; yerleşim yerlerindeki taşkın kanallarının kapasitelerinin yetersiz kalması ile oluşan taşkınlardır.
- f) Deniz Dalgası ve Gelgit Kaynaklı Taşkınlar; gelgitler ve beklenmedik büyük fırtınalar deniz seviyesinin altında bulunan alanların sular altında kalmasına neden olmaktadır.
- g) Biriktirme Yapılarının Yıkılması Kaynaklı Taşkınlar; su biriktirme yapılarının yıkılması sonucu depolanan su, mansap kısımlarında bulunan yerleşim alanları ve tarımsal araziler için risk oluşturmaktadır.

#### 2.4.2. Oluşum yerleri bakımından taşkın türleri

- a) Şehir ve Metropol Taşkınları; hızla artan nüfus beraberinde kontrolsüz

kentleşmeyi meydana getirmektedir. Taşkın yataklarına yapılan park, yol, bina gibi yapılar doğal bitki örtüsünün tahribatına neden olmaktadır. Bu durum ise şehirleşen alanlarda doğal alanlara göre yüzeysel akışın 2-6 kat artmasına neden olmaktadır (Kadıoğlu, 2007). Günümüzde taşkınların etkisinden korunmak amacıyla taşkın yataklarında çeşitli müdahaleler yapılabilmektedir. Bu durum, yapıların yeni taşkın yatağı içerisinde kalmasına neden olmaktadır.

- b) Kıyı Alanı Taşkınları; tropikal fırtınaların sebep olduğu şiddetli yağışlar, volkanik patlamalar sonucu meydana gelen büyük dalgalar veya depremler sonucu okyanus sularının kıyıya hareketi kıyı alanı taşkınlarını meydana getirmektedir. (URL 7). Kıyısal taşkınlar büyük ve çok güçlü dalgalar ile su kütlelerini getirmektedir (Arenal ve ark., 1998). Bu nedenle, bu taşkınlar sonucu ortaya çıkan hasar da büyük olmaktadır. Şekil 2.12.'de 2011 yılında Japonya'da deprem sonrası oluşan kıyısal taşkın gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Deprem sonrası meydana gelen kıyı alanı taşkını Japonya/ 2011 (URL 8)

- c) Dere ve Nehir Taşkınları; günlerce ya da haftalarca yağın şiddetli yağışlar zemini doymun hale getirmektedir. Bahar mevsiminde kar ve buzul erimeleri ile meydana gelen ani su seviyesindeki artış sızma miktarının da az olmasıyla bu taşkınları oluşturabilmektedir (Demir, 2014). Herhangi bir bölgenin taşkın şartlarının tespit edilmesi ile taşkın dalgasının gelişi arasında çok kısa bir zaman farkı vardır. Bu nedenle, bu taşkın sonucu oluşabilecek hasar kayıplarının en aza indirilebilmesi için gerekli olan tedbirlerin süratli bir şekilde alınması gerekmektedir.

- d) Dağlık Alan ve Orman Taşkınları; dağlık alanlarda ve ormanlarda şiddetli yağışların ve kuvvetli fırtınaların meydana gelmesi küçük ve kuru derelerin debilerinin artmasına neden olmaktadır.

### 2.4.3. Oluşum süreleri bakımından taşkın türleri

- a) Ani Gelişen Taşkınlar; 6 saat içerisinde görülebilen ani taşkınlar çöller de dahil olmak üzere dünyanın her yerinde görülebilmektedir. Özellikle Akdeniz kıyı bölgesinde nehir havzalarında şiddetli yağışlar nedeniyle görülen ve ekonomik açıdan büyük kayıp meydana getiren ani taşkınlar konvektif yağışlar sebebiyle sık görülen doğal afetlerdendir. Büyük hasar meydana getirmelerinin yanı sıra sediment taşınımı ve erozyona da neden olmaktadır. Su seviyesindeki yüksek akım sonucu oluşan ani yükselmenin ardından su yüksekliğinde hızlı bir düşüş meydana gelmektedir. Yaygın bir şekilde dağlık alanlarda ve çöl bölgelerinde görülebilen ani taşkınlar, arazinin dik olduğu ve yüzey akış oranlarının yüksek olduğu bölgelerde potansiyel bir tehdittir. Bu nedenle ani taşkınlardan korumaya yönelik hazırlanan risk planlamalarında arazi bilgisi ve meteorolojik verilerin gerçek zamanlı takibi büyük öneme sahiptir (Kadıoğlu, 2008; Sönmez, 2013).
- b) Yavaş Gelişen Taşkınlar; 1 hafta ya da daha uzun sürede meydana gelmektedir. Bu taşkın türünde yeryüzüne düşen yağış suları nehirlerde ani akış haline dönüşmemektedir. Toprak sisteminden geçerken daha düzenli akış haline dönüşmemektedir (Akkaya, 2016).

### 2.5. Taşkından Korunma Yolları

Her yıl meydana gelen doğal afetler ülkemizin ekonomisinde büyük kayıp meydana getirmektedir. Taşkınların neden olacağı maddi kayıpların en aza indirilebilmesi için taşkın doğal afetine karşı bazı koruma kanunları oluşturulmuştur (Taşkın Mevzuatı). Ülkemizde taşkın felaketine karşı yürütülen kanunlar Tablo 2.9.'da belirtilmektedir.

Tablo 2.9. Taşkından koruma kanunları (Taşkın Mevzuatı)

6200 Sayılı Kanun	Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanun
4373 Sayılı Kanun	Taşkın Suları ve Su Baskınlarına Karşı Koruma Kanunu
5216 Sayılı Kanun	Büyükşehir Belediyesi Kanunu
7269 Sayılı Kanun	Umum, Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun
5237 Sayılı Kanun	Türk Ceza Kanunu
5442 Sayılı Kanun	İl İdaresi Kanunu
2872 Sayılı Kanun	Çevre Kanunu
5393 Sayılı Kanun	Belediye Kanunu
1593 Sayılı Kanun	Umumi Hıfzısıhha Kanunu
5326 Sayılı Kanun	Kabahatler Kanunu
5403 Sayılı Kanun	Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu
442 Sayılı Kanun	Köy Kanunu

Bu bağlamda; taşkınların zararlı etkilerinden korunmak için yapısal ya da yapısal olmayan önlemler alınabilmektedir.

- a) Yapısal Önlemler: Biriktirme hazneleri, seddeler, britler, yatak düzenlemeleri, taşkın kanalları, taşkın geciktirme havuzları, sel kapanları, taşkın duvarları vb.
- b) Yapısal Olmayan Önlemler: Taşkın risk haritalarının üretilmesi ve risk altında bulunan alanların acil bir şekilde tahliye edilmesini sağlamak, hatalı arazi kullanımı önlenerek erozyon ve buna bağlı sediment kontrolü, risk bölgesinde yaşayan insanların eğitimi, yapılaşmayı önlemek veya azaltmak, akarsuyun doğal drenaj sisteminin değiştirilmesine engel olmak, taşkın sigortası yaptırmak vb.

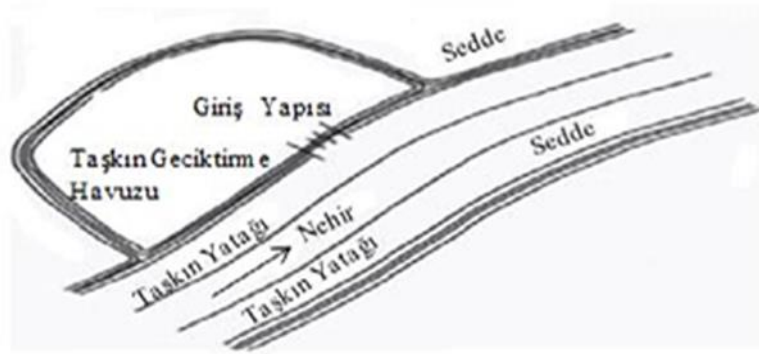
### 2.5.1. Yapısal önlemler

- a) Biriktirme Yapıları; depolama haznesi büyük olan yapılar sulama, elektrik, içme suyu temini, ulaşım, rekreasyon vb. için kullanılmaktayken aynı zamanda taşkın kontrolü için de kullanılabilir. Taşkın kontrolü için çok amaçlı inşa edilen baraj haznelerinde yeterli boş alan bırakılmaktadır. Baraj işletilmesinde su haznede tutulmaktadır. Bu sayede, taşkın önlemede etkili olabilmektedir. Barajlar sadece

taşkını tutmakla kalmayıp aynı zamanda sediment tutumunu da sağlamaktadır. Böylece taşkın ile taşınan sedimentin köprü ve menfez gibi yapıların memba kısımlarında meydana gelebilecek tıkanmalar engellenerek, hidrolik geçirimsizlik değerlerinin azalması önlenmiş olmaktadır. Ayrıca bazı bağlama yapılarının kapaklı yapılmaları durumunda kısmi taşkın kontrolü sağlanmış olmaktadır (Uçar, 2010; Akkaya, 2016).

- b) Sedde; taşkın sularını geri tutarak mansap bölgesindeki taşkın debilerinin küçülmesini sağlamaktadır. Barajlardan küçük olan bu yapıların maksimum su seviyesi haznedeki maksimum su seviyesi ile belirlenmektedir. Bu kapasite mansap bölgesindeki akarsuyun emniyetle geçirebileceği debi ile sınırlıdır. Farklı amaçlara hizmet etmelerine göre (Kış seddesi, yaz seddesi, bitişik sedde vb.) çeşitlenebilmektedir. Taşkın seddelerinin taşkın debilerinin emniyetle geçirebilmesinin yanı sıra bir takım istenmeyen etkileri de bulunmaktadır (Dernek, 2012). Bu etkiler;
- Taşkın sularının akarsu vadisinde geri tutulması ortadan kalkmakta ve yataktaki su seviyesinde artış meydana gelmesi,
  - Taşkın dalgasının pik seviyesinde yükselme meydana gelmesi,
  - Taşkın yatağında hız ve sürüklenme gerilmesinde artış meydana gelmesi,
  - Tarım arazilerinin verimli siltlerden mahrum kalmasına neden olması,
  - Yeraltı sularının taşkın suları ile beslenmesi azaldığından dolayı minimum debilerde de azalmanın meydana gelmesi,
  - Taşkın yatağının geniş kesimlerinde sediment taşınımına bağlı olarak taşkın su seviyesinde yükselmenin meydana gelmesi ve bu durum sonucunda seddelerin sonradan yükseltilmesinin zorunlu hale gelmesine neden olmaktadır.
- c) Taşkın Kanalı; akarsu yatağının tüm taşkın sularını akıtacak şekilde düzenlenmesinin sakıncalı olduğu ya da seddelemenin mümkün olmadığı belirli yerlerde taşkın sularının bir kısmı taşkın kanalına alınıp akarsuyun taşkın yükü azaltılmaktadır.

- d) Taşkın Geciktirme Havuzu; baraj ve bağlamaların aksine kontrolsüz çıkış tesisleri olan taşkın geciktirme havuzları tek amaca sahip olan taşkın kontrol elemanıdır. Bu kontrol elemanının amacı; taşkın debilerinin geri tutulmasını sağlayarak zarar meydana getirmeyecek büyüklükte geciktirmeli olarak akarsu yatağına verilmesidir. Bu sayede hidrografın pik debileri düşürülerek güvenli geçiş sağlanmaktadır. Şekil 2.13.'te tipik bir taşkın geciktirme havuzu gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Taşkın geciktirme havuzu (Dernek, 2012)

Burada önemli olan taşkın geciktirme havuzunun boşalma süresidir. Bu süre aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$t = 5.2 \frac{A}{\mu x \sqrt{2gx} B} \left( \frac{1}{\sqrt{y}} - \frac{1}{\sqrt{H}} \right) \quad (2.1)$$

Burada;

A= Havuz yüzey alanı (m<sup>2</sup>),

$\mu$ = Debi katsayısı,

B=Giriş yapısının genişliği (m),

H=İlk yükseklik (m) ve y=Son yükseklik (m) olarak ifade edilmektedir.

- e) Sel Kapanı; yükseklikleri genellikle 10-20 m arasında değişen küçük barajlara sel kapanı denilmektedir. Taşkın sularını geçici olarak geride tutarak feyezan piklerinin kırılmasını sağlamaktadır. Bu sayede planlanan miktarda suyun



bırakılmasını sağlayarak belirli bir zaman aralığında meydana gelen taşkını daha uzun bir devreye yaymaktadır. Sel kapanının maksimum kapasitesi ise haznedeki maksimum su seviyesi ile belirlenmektedir. Sel kapanları genellikle proje taşkın debilerine göre projelendirilmektedir. Daha büyük taşkınların gelmesi durumunda hasar almamaları için emniyet savakları veya dolu savak ile donanımlandırılmaktadır (Dernek, 2012).

- f) Akarsu Yatağının Düzenlenmesi; akarsu yatağının düzenlenmesi ile taşkının zararlı etkilerinden korunma amaçlanmaktadır. Bu kapsamda kesitten geçen debinin arttırılması sağlanmalıdır.

$$Q = V \times A = n \times R^{2/3} \times J^{1/2} \times A \quad (2.2)$$

Burada;

Q= Debi (m<sup>3</sup>/sn),

V= Hız (m/sn),

A= Alan (m<sup>2</sup>),

n= Manning katsayısı,

R=Hidrolik yarıçap ve

j= Eğim olarak ifade edilmektedir.

Denklem 2.2'deki eşitlik sayesinde debiyi arttırmanın farklı yöntemleri bulunmaktadır. Aşağıda maddeler halinde alınabilecek önlemleri sıralamak mümkündür (Dernek, 2012).

- Denklem 2.2'de bulunan ilk eşitlik vasıtasıyla debinin arttırılması için alanın da arttırılması yapılabilecek öncelikli uygulama olabilir. Ancak; burada akım kesitinin büyütülmesi için akarsu yatağının genişletilmesi ya da derinleştirilmesi her tip akarsu yatağı için uygun olarak görülmemektedir. Bu nedenle uygulamada 30-40 m'ye kadar olan küçük akarsular için bu önlem alınmakta olup, daha büyük akarsular için uygun görülmemektedir.
- Eğriliklerin eliminasyonu sağlanabilmelidir.

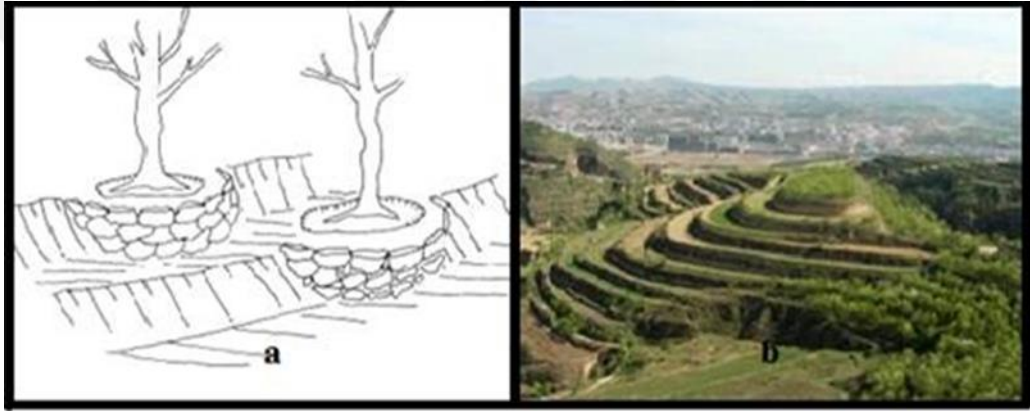
- Yatak tabanlarını ve şevleri kaplayabilmelidir.
  - Akarsuda akımın gecikmesine neden olabilecek engeller yok edilmelidir.
- g) Taşkın Duvarları; meskün bölgelerde bulunan akarsuların, olağan dışı yükselmeleri durumunda taşkın sularının akarsu yatağı içerisinde kalmalarını sağlamaktadır.
- h) Ağaçlandırma; ülkemizde akarsuların mansap kısımları genellikle yerleşim alanı olarak kullanılmaktadır. Artan nüfusun yerleşim alanı ihtiyacına bağlı olarak koruyucu bitki örtülerinde tahribat meydana gelmektedir. Bu durum hızla artan erozyon olarak karşımıza çıkmakta ve bazı bölgelerin sediment ile dolmasına neden olmaktadır. Özellikle meskün bölgelerde yaşanan taşkın afetine sebebiyet vererek yıkıcı hasarlar meydana getirmektedir. Tahribatın en aza indirilebilmesi için bu bölgelerde ağaçlandırma yapılmaktadır.

Ülkemizde bu duruma verilecek önemli örneklerden biri “Çakıt Çayı Havzası”dır. Çakıt Çayı, Seyhan nehrinin bir kolu olmakta ve Seyhan baraj gölüne dökülmektedir. Ancak 1980 yılının ilkbahar mevsiminde taşmış ve E-5 karayolu ile demiryolunda tahribat meydana gelmiştir. Havza 39 ilçe ile Niğde Bor, Ulukışla ve Adana Pozantı ilçesini içine almaktadır. “Çakıt Çayı Erozyon Kontrol Çalışması” ile ağaçlandırma, mera ıslahı ve otlak çalışması yapılmış olup proje bitiminde taşkın olayı yaşanmamıştır (YHE, 2013). Bölgenin ağaçlandırma öncesi ve sonrası Şekil 2.14’te gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Çakıt Çayı havzası kontrol çalışması (YHE,2013)

- I) Teraslama; akarsuyun yukarı havzalarında ve yağış alanı içerisinde teras şeklinde yapılan işlem sonucunda arazinin yüzey eğimi azaltılmaktadır. Su toplama havzalarının memba kesimlerinde yapılacak olan teraslama ile toprağın yerinde tutulması sağlanmaktadır. Ayrıca; havzaya düşen yağışın yüzeysel akışa geçiş süresi uzatılmaktadır. Bunun için yamaçlarda yapılacak olan teraslama işlemi eş yükselti eğrilerine paralel olarak yapılmalıdır. Teraslama işlemi yapılırken dikkat edilmesi gereken arazinin tarımsal çalışmalarda kullanım şekilleridir. Teraslama işlemleri, yapım malzemesi olarak; kuru duvarlı ve harçlı kargir, tip bakımından yarım ay ve sürekli olarak ayrılmaktadır (Özbal, 2010). Şekil 2.15.'de yarım ay ve sürekli teraslama örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.15. a) Yarım ay şeklinde ve b) Sürekli teraslama (Özbal,2010)

- i) Britler; nispeten küçük yapılar olmaları nedeniyle katı madde depolama gibi bir amaca hizmet etmemektedir. Malzemenin depolanması yerine, eğimin düzenlenmesi ve kırılması gibi işleve sahiptirler.
- j) Tersip Bentleri; yukarı havzada bulunan katı madde oluşumu çeşitli sebeplerle engellenemezse oluşmuş olan katı maddenin mansaba taşınmadan önce yatakta kalarak depolanması istenmektedir. Bu amaçla inşa edilen enine yapılar olan tersip bentleri arkalarında biriktirdikleri katı maddeler ile eğimi kırar ve su yükünü hafifleterek suyun aşındırıcı gücünü azaltmaktadırlar. Dolaylı yoldan akarsu yatağı oyulmalara karşıda korunmuş olmaktadır. Tersip bentleri inşa edilirken kullanıldıkları yapı malzemesine göre 5'e ayrılmaktadırlar (Dernek, 2012). Şekil 2.16.'da örnek bir tersip bendi gösterilmiştir.

- 1) Beton tersip bentleri,
- 2) Kuru kargir bentleri,
- 3) Harçlı kargir bentleri,
- 4) Toprak malzemeli tersip bentleri,
- 5) Tel ya da taş sandık tipinde inşa edilen tersip bentleri



Şekil 2.16 Osmaniye- Karaçay tersip bendi (DSİ, 2017)

k) Sekiler; yapısal olarak yüksek olmayan sekiler, tersip bentleri gibi projelendirilmektedir. Dik eğime sahip memba bölgelerinde akarsu eksinine dik olarak inşa edilen enine yapılardır. Bu yapıların amacı, geniş tabana sahip tabii yataklar içinde önceki senelerde birikmiş katı maddenin oyularak mansaba taşınmasını engellemektir. Böylece akarsu tabanında meydana gelebilecek yatak erozyonu önlenerek, mevcut halde bulunan katı madde bulunduğu konumda tutulmaktadır.

## 2.6. Türkiye’de Taşkından Korunmak İçin Alınan Bazı Önlemler

Türkiye’de, 6200 sayılı kanunda taşkın suları ve sellere karşı koruyucu tesisler meydana getirmek ile ilgili hüküm bulunmaktadır. Türkiye’de 504 adet baraj bulunmaktadır. Bu barajların 203 adeti büyük baraj konumunda olup, geriye kalan

gölet şeklindedir. Küçük koruma yapıları olan; mahmuz, sedde, sel kapanı, taşkın kanalı, tersip bendi gibi 3535 adet yapı bulunmakta ve bu sayede 1.123.510 ha alanın taşkın koruması sağlanmaktadır (Uşıkay ve Aksu, 2002). Taşkına karşı yürütülen bazı projeler hakkında aşağıda bilgi verilmiştir (YHE, 2013).

- Ülkemizde ilk kez gerçekleştirilmekte olan “Geçirgen Tersip Bendi” DSİ 22. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Geçirgen Tersip Bendi Projesi ile yağış esnasında dal, kök, ağaç, yüzücü maddeler ve iri kayaların köprü ve menfezleri tıkaması engellenecek ve bu sayede 61 meskun mahali ve 4490 dekar alan taşkından korunacaktır (DSİ, 2017).
- Akşehir Sel ve Erozyon Kontrolü Projesi: Su toplama bölgesindeki toprak-su-bitki arasındaki doğal dengenin sağlanması ile taşkın tehlikesi ortadan kaldırılmıştır.
- İzmir Karşıyaka Sel ve Erozyon Kontrol Projesi: İzmir’de 4 Kasım 1995 yılında yaşanan taşkın sonucunda 62 kişi hayatını kaybetmiştir. Karşıyaka’da yapılan teraslama işlemi sonrasında 2.546 hektarlık alan kontrol altına alınarak bölgede taşkın felaketi yaşanmaz olmuştur.
- Ağrı Doğubayazıt Sel ve Erozyon Kontrol Projesi: 1960 yılından beri bölgede defalarca taşkın olayı yaşanmıştır. Taşkından korunmak amacıyla 1.453 hektarlık alanda teraslama ve dere ıslahı yapılmıştır. Bu proje sonrasında bölgede taşkın meydana gelmemiştir.
- Kahramanmaraş Yeşil Kuşak Projesi: Bölgede 15 Nisan 1972 yılında yaşanan sağanak yağış sonrası 19 ev yıkılmış ve 5 kişi hayatını kaybetmiştir. Bölgede havza ıslah tedbirleri kapsamında yapılan çalışmalar ile taşkın olayı yaşanmamıştır.
- Van Ağzıkara Sel Kontrol Projesi: Bölgedeki 1.082 hektarlık mera sahası için yapılan taşkın kontrol çalışmaları sonrasında suyun yüzeysel akışa geçişi engellenmiştir.

- Ülkemizde taşkının zararlı etkilerinden korunmak amacıyla alınan yapısal önlemlerin yanı sıra ekim ve hasat zamanlarının değiştirilmesi, erken uyarı sistemleri, acil müdahale planları, taşkın yayılım haritaları ve erken uyarı sistemleri gibi alınan önlemler de taşkın uyum faaliyetleri arasında yer almaktadır (YHE, 2013).

## 2.7. Farklı Ülkelerde Taşkından Korunmak İçin Alınan Önlemler

### 2.7.1. İngiltere

Topraklarının % 11'lik bir kısmı taşkın tehlikesiyle karşı karşıya olan İngiltere'nin yıllık doğal afet kaynaklı ekonomik kaybı yaklaşık 870 milyon \$. Bu kaybın yaklaşık %76'sını ise taşkınlar oluşturmaktadır. İngiltere'de su işleri konusunda Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (DEFRA) ile bu bakanlık altındaki özerk kuruluşlar yetkilidir. Ayrıca; çevreyi koruma ve geliştirmek amacıyla 1996 yılında kurulmuş olan Çevre Ajansı (EA) ile Bölgesel Taşkın ve Kıyı Komiteleri (RFCC) bulunmaktadır. Bu komiteler Çevre Ajansı tarafından 2010 yılında Taşkın ve Su Yönetimi yasasınca kurulmuş ve 3 ana amaca hizmet etmektedir.

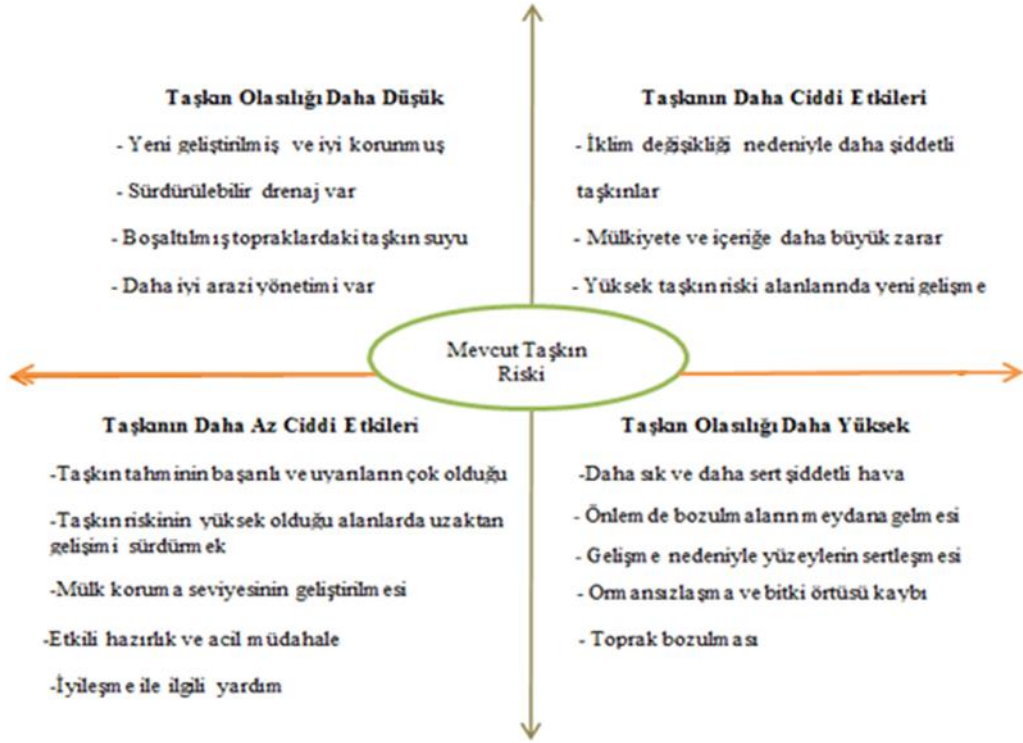
- a) Havza ve kıyı şeridinde taşkın ve kıyı erozyonu risklerini tanımlamak ve bu risklere uygun tutarlı planları yönetmek ve planları iletmek,
- b) Taşkın ve risk yönetiminde etkin hedefli ve riske dayalı yatırımlar için yerel toplumu teşvik etmek,
- c) Taşkın ve kıyı erozyonu risklerinin anlaşılması için Taşkın Yönetimi Yerel Otoriteler (LLFA) ile bölgedeki diğer risk yönetimi yetkilileri arasındaki bağlantıyı sağlamaktır.

Çevre Ajansı'nın 2010 yılında yayınladığı "Taşkın ve Su Yönetimi Eylem Planı" sayesinde,

- 1) Taşkın ne zaman ve nerede olabileceğine dair çalışmalar,
- 2) Taşkın sırasında kurtarma çalışmalarının koordine edilmesi,
- 3) Risk ile karşı karşıya kalan toplulukların belirlenmesi,

4) Taşkın riskinin yönetilmesi sağlanmaktadır (TYP, 2017).

Şekil 2.17.'de İngiltere'de taşkın çalışmalarında kullanılan taşkın riskinin olasılığa göre etkileri gösterilmiştir.



Şekil 2.17. İngiltere'de hazırlanan taşkın riskinin olasılığına göre etkileri (Çevre Ajansı, 2011)

## 2.7.2. Amerika

Amerika Birleşik Devletlerinde taşkın riski ve alınacak önlemler ile ilgili farklı oluşumlar söz konusudur. Bunların başında 1 Nisan 1979 yılında kurulan Acil Durum Yönetim Kurumu (FEMA) gelmektedir. FEMA ve ilgili diğer kurumlar risk yönetimi amacıyla halka destek olup fayda sağlayabilecek bazı dökümanlar hazırlamaktadır. (TYP, 2017).

Amerika'da taşkın koruma politikası 4 faktörden meydana gelmektedir. Bunlar; yıkıcı etkiye sahip taşkınların belirlenmesi, taşkını hafifletmedeki bilgi durumu, teknolojik açıdan mevcut seçenekler ve zamanın politik öncelikleridir. Taşkından korunma politikası ise 5 örtüşen adım ile geliştirilmiştir; pasif adaptasyon, kanal kontrolü, akıntı

suyunu tutma, taşkın yatağı yönetimi ve entegre taşkın risk yönetimidir. Taşkın koruma politikalarının hepsi ülke çapında yürütülmektedir (Tarlock, 2012).

Ayrıca FEMA dışında bir diğer kuruluş ise Devlet Taşkın Yatağı Yöneticileri Birliği (ASFPM) bu kuruluş bünyesinde birçok profesyonel barındırmaktadır. ASFPM ve 36 alt bölümü; 41 devlet, 17.000'den fazla devlet ve yerel yetkilileri ile taşkın risk yönetimi-tehlike azaltma ile ilgili tüm alanlarda görev almaktadır. Bu risk yönetimi; taşkın yayılımlarını haritalama, mühendislik, planlama, toplum gelişimi, taşkın tahmini, acil müdahale, su kaynakları yönetimi ve taşkın sigortasını içermektedir. Taşkından kaynaklanan kayıp yılda ortalama 10 milyar \$ aşarak devam etmektedir. Bu kayıp; taşkın risk alanlarında artan yapılaşma, yağış şiddetinin artması ve deniz seviyesinin yükselmesinden kaynaklanmaktadır. Her yıl ülkenin farklı kısımları “taşkın kayıtları” arasına girmeye devam etmekte ve ekonomik kayıp etkilerinin uzun süre devam etmesine neden olmaktadır. Bu kapsamda ASFPM öncelikli olarak 9 eylem unsuru üzerinde durmaktadır (Berginnis ve ark., 2016).

- 1) Gelecekte mükellefin maliyetlerini azaltmak amacıyla etkin altyapının yapılması,
- 2) Yeni kalkınmaya rehberlik etmesi için taşkın risk standartlarının güçlendirilmesi,
- 3) Taşınmaz sigortanın uygun fiyatlı hale getirilmesi (özellikle taşkın sigortasının düşük fiyatta olmayan yerlerde),
- 4) Afetlerle mücadele kurtarma ve yeniden inşa etmek için federal vergi mükellefi maliyetlerinin azalması,
- 5) Bütün ulus için taşkın risk haritasının çıkarılması,
- 6) Taşkın tehlikesinin azaltılmasına yönelik yatırımların stratejik olarak arttırılması,
- 7) Ulusal Taşkın Sigorta Programı'nın yetkilendirilmesi (NFIP),
- 8) Taşkın riskinin yönetilmesi için, devlet ve halk işbirliğinin sağlanması,
- 9) Federal kurtarma kapasitesinin korunması ve güçlendirilmesidir.

### **2.7.3. Hollanda**

Hollandanın yüz ölçümünün çeyreği deniz seviyesinin altında bulunmaktadır. 1798 yılında kurulan Rijkwaterstaat Ajansı ülkede meydana gelen taşkınlara karşı kuruldu.



1953 yılında meydana gelen taşkın 1800 kişinin ölmesi ve büyük bir ekonomik kaybın yaşanmasına neden olmuştur. Erken uyarı sistemlerinin geliştiği Hollandada su yönetimi konusunda su kurullarının 750 yıllık geçmişi bulunmaktadır. Ülkede 2015 yılından önce güvenlik standartlarında 50 yıllık taşkın debisi kullanılırken bu tarihten itibaren 250 yıllık taşkın debisi kullanılmaya başlanmıştır (Rijswick ve ark., 2015). Tablo 2.10.'da Hollanda'nın taşkın konusunda geliştirmiş olduğu stratejiler belirtilmiştir.

Tablo 2.10. Hollanda için taşkın stratejileri (Rijswick ve ark, 2015)

Önlem	Mücadele	Azaltma	Hazırlık&Yanıt	Kurtarmak
Uzaysal Planlama	Kanallar	Taşkına dayanıklı mülk	Tahmin	Sigorta
Yeniden tahsis etme politikası	Dibini tarama	Yeşil altyapı (yeşil çatılar, yaşıyan duvarlar)	Uyarı	Onarım ve yeniden oluşturma operasyonları
Kamulaştırma Politikası	Genişletilen ya da derinleşen su rotası	Saklama ve gözetli havzaları	Acil durum planlaması	
Su testleri	Fırtına kabarma engeli	Taşkın kontrol alanları	Topluluğu bilinlendime faaliyetleri	
	Derivasyon Kanalları		Risk iletişimi	

## 2.8. Taşkınlardan Meydana Gelebilecek Zararlar

Taşkınların Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelere meydana getirmiş olduğu ekonomik kayıp, gelişmiş ülkelere nazaran 20 kat fazladır. Türkiye'de taşkın zararları yılda ortalama 100 milyon \$ ve taşkına karşın yapılan yatırım ise 30 milyon \$ (Akyürek, 2013). Taşkınlar meydana getirmiş olduğu ekonomik kayıpların yanı sıra can kayıplarının yaşanmasına da doğrudan neden olabilmektedir. Taşkından etkilenenler arasında sadece konut, yol, altyapı gibi tesisler olmayıp fabrika gibi kuruluşlar da zarar görebilmektedir. Bu tip kuruluşlarda meydana gelen zararlar ise taşkın dolaylı etkileri arasında yer alan işsizlik yaşanmasına neden olmaktadır. Taşkınların meydana getirdiği zararlar dolaylı ya da dolaysız olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır:

- a) Doğrudan Zararlar: İnsan, mülk ve doğa'ya verilen zararlardır. Bu zararlara aşağıda yer verilmiştir (Erkek, 1995).
- 1) Ekili Arazilerde Meydana Gelebilecek Hasarlar: Taşkının neden olduğu tarımsal alanlardaki hasarı ve hasattan sonra ürünlerde meydana gelebilecek azalmayı ifade etmektedir.
  - 2) Kırsal Alanlarda Meydana Gelebilecek Zararlar: Akarsu havzası ve akarsu yatağından taşkın sonucu meydana gelebilen oyulma, aşınma, erozyon gibi etkilerden meydana gelebilen zararın bütünü temsil etmektedir.
  - 3) Yerleşim Alanları ve Meskenlerde Meydana Gelebilecek Zararlar: Bu zararlar belirlenirken bu tip alanlarda bulunan konut, yol, altyapı gibi yerlerin yeniden inşa edilmesi, taşkın ile gelen sediment maddenin tahliye edilmesi ve onarım gerektirecek yerlerin bakım ve onarım masraflarının tamamını ifade etmektedir.
  - 4) Üretim Tesislerinde Meydana Gelebilecek Zararlar: Fabrika, sanayi tesisi gibi üretim merkezlerinde meydana gelen zararları ifade etmektedir.
  - 5) Su Yapılarında Meydana Gelebilecek Zararlar: Akarsu üzerinde bulunan baraj gibi büyük yapılar ile bağlama, sel kapanı, sedde gibi küçük yapıların yeterliyse onarım ve gerekirse yeniden yapımından elde edilecek masrafların tümünü temsil etmektedir.
  - 6) Ulaşım Tesislerinde Meydana Gelebilecek Zararlar: Karayolu, demiryolu, köprü gibi ulaşım çeşitlerinde meydana gelen hasar ile bunların üzerindeki araç ve taşınmazlardan oluşan hasarların genel toplamını ifade etmektedir.
  - 7) Altyapı tesislerinde meydana gelebilecek zararlar: Telefon, telgraf, su, elektrik gibi tesislerde taşkın sularından kaynaklanan zararları ifade etmektedir.
- b) Dolaylı Zararlar: Salgın hastalıklar, işsizlik, acil hizmetlerin sağlanabilmesi için gerekli olan ilave ücretler, psikolojik hastalıklar vb. zararları temsil etmektedir.

## 2.9. Taşkının Faydaları

- a) Taşkın suları sayesinde zeminin üst katmanının yenilenmesi sağlanmaktadır.
- b) Su basar ormanlardaki ekosistemin en temel ihtiyacı olan bol suyun sürekli halde

bulunması gerektiğinden taşkın suyu ağaç ve tohumların su ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

- c) Taşkın sebebiyle nehir sularının ormanlara yayılması sonucu tohumların bir yerden başka bir yere taşınmasına olanak sağlayarak bitki çeşitliliğini ve orman ile kaplı alanların yüzdesinde artış meydana gelmektedir.
- d) Taşkın suları, bitkilerin yetişmesi için gerekli olan verimli alüvyonlu toprak taşımaktadır.
- e) Yeraltı su seviyesinin artması sağlanmaktadır.
- f) Taşkınlar, nehir deltalarının sıklığının artmasına olanak sağlamaktadır.
- g) Suyun bulunamaması halinde büyük bir kısım toprak kullanılmayarak elverişsiz hale gelmektedir. Taşkın suları bu toprakları canlandırmaktadır.
- h) Taşkın suları bazen de yağışın seyrek olduğu kurak bölgelere akabilmektedir. Bu sayede bu bölgelerde su kaynağı sağlanmış olmaktadır.

## **2.10. Türkiye’de Meydana Gelen Tarihi Taşkınlar**

DSİ verilerine göre 1975-2011 yılları arasında Türkiye’de 660 kişi hayatını kaybetmiş ve 799.758 hektar tarım arazisi taşkına maruz kalmıştır. Türkiye’de meydana gelen taşkınların detaylı bir incelemesi yapıldığında 1967-1987 yılları arasında meydana gelen taşkınlar bütün hidrometeorolojik doğal afetler içerisinde % 33 orana sahipken 1998-2008 yılları arasında ise bu oran % 14’e gerileyerek yapılan önleme çalışmalarının etkin olduğu gözlemlenmiştir (Avdan ve ark., 2015). Türkiye’de meydana gelen önemli taşkın olaylarına Tablo 2.11. bu taşkınlardan bazı görseller ise Şekil 2.18. ve Şekil 2.19’da gösterilmiştir.

Tablo 2. 11. Ülkemizde meydana gelen yıkıcı taşkınlar (URL 9)

Osmanlı İstanbulunun İlk Sel Felaketi	Tarihimizin Büyük Sel Felaketi	Cumhuriyet Tarihinin Büyük Sel Felaketleri
-24 Ağustos 1553'te meydana gelmiştir. Kağıthane'de meydana gelmiştir. (Sel; ağaçları ve direkleri boğaza sürüklemiştir.) Ölü sayısı net rakamlarla bilinmemektedir. Ancak dönemin tarihçileri eserlerinde bu taşkından bahsetmektedir.	-12 Haziran 1908'de meydana gelmiştir. Tokatta yaşanmıştır. Sivil 208 kişi ve 15 asker ile toplamda 223 kişi boğulmuştur.	- 3 Haziran 1948'de meydana gelmiştir. Amasya'da yaşanmıştır. Resmi kayıtlara göre 92 kişi ölmüştür - 11 Eylül 1957'de meydana gelmiştir. Ankara'da yaşanmıştır. 169 kişi ölmüştür. - 1992 yılında meydana gelmiştir. İstanbul'da yaşanmıştır. 261 kişi hayatını kaybetmiştir. - 5 Kasım 1995 yılında meydana gelmiştir. Karşıyaka/İzmir'de meydana gelmiştir. 61 kişi hayatını kaybetmiştir. - 9 Eylül 2009 yılında meydana gelmiştir. İstanbul'da meydana gelmiştir. 31 kişi hayatını kaybetmiştir.



Şekil 2.18. Amasya'da 1948 taşkınında taşkın getirmiş olduğu taş ve sediment taşınımı (Güngör, 2010)



Şekil 2.19. İstanbul'da meydana gelen 2009 yılı taşkını (URL 6)

## 2.11. Dünyada Meydana Gelen Tarihi Taşkınlar

Tablo 2.12.'de dünyada meydana gelen taşkınlar ile can kayıpları ve Şekil 2.20. ile Şekil 2.21.'de yaşanan taşkınlardan görsellere yer verilmiştir (Güngör, 2010).

Tablo 2. 12. Dünyada meydana gelen tarihi taşkınlar ve yaşanan can kayıpları (Güngör, 2010)

Taşkının Adı	Ülke	Tarih	Meydana Gelen Can Kaybı
S.t. Felix Taşkını	Hollanda	1530	Yaklaşık 100 bin insan
Burchardi Taşkını	Almanya-Hollanda	1634	Yaklaşık 8.000 kişi
Sarı Nehir Taşkını	Çin	1887	1-2 milyon arası kişi
Noel Taşkını	Hollanda-Almanya	1917	14000 kişi
Missisipi Taşkını	ABD	1926	246 kişi
Çin Taşkını	Çin	1931	3-4 milyon kişi
Sarı Nehir Taşkını	Çin	1938	800.000 kişi
Doğu Guetamala Taşkını	Guatemala	1946	40.000 kişi
Vietnam Taşkını	Vietnam	1971	100.000 kişi
Bankiya Barajı Taşması	Çin	1975	231.000 kişi
Vergas Seli	Venezuela	1999	20.000 fazla kişi
İndus Nehri Seli ve Taşkını	Pakistan	2010	Binlerce kişi
Afganistan Seli ve Heyelanları	Afganistan	2014	2.000'den fazla kişi



Şekil 2.20. Sarı nehir 1887 seli ve taşkını (Güngör, 2010)



Şekil 2.21. Büyük Çin felaketi (Güngör, 2010)

## **BÖLÜM 3. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

Taşkınlar sonucu oluşacak her türlü zararın önüne geçebilmek için bu doğal afeti tanımak ve olasılıklarını tahmin etmek gerekmektedir. Bu sebeple bu bölümde son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalara kronolojik sıra ile yer verilmiştir.

### **3.1. Türkiye’de Yapılan Çalışmalar**

Büyükkaracığın (1997), çalışmasında taşkın frekans analizindeki bağımsızlık tezinin gerçekliğini araştırmıştır. Konya Havzasındaki 13 akarsuyun yıllık pik akımlarına beş bağımlılık testi uygulamış ve karşılaştırmasını yapmıştır. Uygulanan bağımlılık testlerinden en az ikisi için 13 akarsudan yalnızca bir tanesi bağımlı bir değişken özelliği göstermiştir. Çalışma sonucunda, Konya Havzasındaki akarsular için bağımsızlık tezinin genel anlamda geçerli olduğu kabul edilmiştir. Çalışmada en uygun olasılık dağılımlarının belirlenebilmesi için iki ve üç parametrelili Log-Normal, Gumbel, Pearson Tip III, Log-Boughton, Log-Logistic, ekstrem değerler dağılımları 12 istasyona ait yıllık pik akımlara uygulanmıştır. Bu dağılımların büyük bir kısmının değerleri; momentler, maksimum olabilirlik, olasılık ağırlıklı momentler ve L momentler yöntemleri ile tahmin edilmiştir. Modellerden en uygun olanının belirlenmesi amacı ile Ki-kare ve Kolmogorov-Smirnov testlerinin istatistikleri de hesaplanmış ve yapılan değerlendirmelere göre Log-Pearson Tip III’ün en uygun olasılık dağılım fonksiyonu olduğu belirlenmiştir.

Yazıcılar ve Önder (1998), ülkemizde ilk kez HEC-RAS yazılımının kullanıldığı bu çalışmada Bartın nehrinde taşkın sırasında suların yayılabileceği alan belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen su seviyeleri ile Bartın Merkezde 1998 yılında meydana gelen taşkındaki su seviyelerinin oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Doğanoğlu (2000), taşkın b6lgesinin yoğun yerleşim alanı olarak kullanıldığı ayboğazı Havzasını alışma alanı olarak ele almıştır. alışmasında taşkın davranışını ve taşkın yayılım haritalarını elde etmek amacıyla HEC-RAS yazılımını AVRas ara y6z programı ile entegre etmiştir. Sonuçta, su basma haritaları ile su derinliği gridlerini elde etmiştir.

Turan (2002), Ulus Havzası'nda gerçekleştirmiş olduğu çalışmasında CBS ile MİKE 11 hidrolik modeli birlikte kullanmıştır. alışmasında hidrolik analizlerle elde ettiği su seviyelerini CBS'e aktararak taşkın yayılım haritalarını 6retmiştir.

Seçkin (2002), alışma alanı olarak Seyhan ve Ceyhan Havzalarını ele almıştır. Belirli tekerr6r yıllarına ait taşkın debilerini belirlemek amacıyla b6lgesel taşkın frekans analizi yapmıştır. alışmasında, 6ncelikle havzaları homojen alt havzalara ayırmıştır. Sonrasında, Log-Logistic, Log Pearson Tip III, Pearson Tip III, Wakeby, Log Boughton, Gumbel ve Log Normal dağılımlarını uygulamıştır. Uygun dağılımı belirlemek için Kolmogorov-Smirnov, Cramer Von Mises ve ki kare testlerini uygulamıştır. B6lgenin tek olarak incelenmesi halinde elde edilen sonuçlar ile homojen alt havzalara ayrıldığı taktirde elde edilen sonuçlar arasında farklılar g6zlemlenmiş, b6lgesel analizin daha hassas sonuç verdiği kanaatine varılmıştır.

Ekinci (2003), İhsaniye Dere havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. alışmasının amacı; İhsaniye Deresinde meydana gelen taşkın 6zellikleri ile yağış 6zellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Taşkın frekans analizi ile g6n6m6ze kadar sıklıkla ve b6y6k hacimli olarak tekrarlanan taşkınları incelemiştir. Elde ettiği sonuçlar ile taşkınların genel karakteristik ve tekrarlanma ihtimallerini karşılaştırmıştır.

Yalçın ve Aky6rek (2004), çalışmada Karadeniz B6lgesinin batısında yer alan Bartın Havzasını ele almıştır. CBS kullanılarak taşkın haritaları oluşturulmuştur. Çok 6l6tl6 karar analizinin uygulandığı çalışmada sellerin oluşumunu etkileyen fakt6rlerden olan; drenaj yoğunluğu, ana drenaj alanının gradyanı, havza eğimi, havza b6y6kl6đu gibi parametreler de dikkate alınmıştır.

Temiz ve ark. (2004), çalışmada Batı Karadeniz Bölgesinde potansiyel taşkın alanlarının belirlenmesi amacıyla CBS kullanılmıştır. Bölgenin yağış verileri, drenaj ağı, arazi kullanımı veri olarak girilmiş ve taşkından etkilenebilecek alanlar 50 yıllık taşkın debisine göre belirlenmiştir.

Kaleyci (2004), Karadeniz Bölgesi'nde iklimsel özelliklere bağlı olarak sık sık yoğun ve uzun süreli yağışlar oluşmakta ve bu yağışlar taşkınları meydana getirmektedir. Çalışmada, taşkın ile karşı karşıya kalabilecek bölgelerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Taşkın tahmin hesaplarında hem istatistiki yöntemler hem de birim hidrograf yöntemleri kullanılmıştır. Havza üzerinde bulunan 7 AGİ'ye ait akım verileri noktasal ve bölgesel taşkın frekans analizinde, istatistiki yöntemler kullanılarak, 500, 1000, 10000 tekerrür yılına ait taşkın debileri hesaplanmıştır. Elde edilen debiler HEC-RAS'ta hidrolik analizlerde kullanılmış ve taşkın yayılım alanları belirlenmiştir.

Onuşluel (2005), Bostancı Havzası'nın taşkın yayılım alanlarını belirlemek amacıyla CBS yöntemlerini kullanmıştır. CBS ile taşkın alanlarının belirlenmesinin daha kısa sürede ve daha doğru sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Çalışmasında HEC-RAS hidrolik modelleme programı kullanarak, İzmir Bostanlı Havzası'nda bulunan kritik alanlara kararlı ve kararsız akım simülasyonları oluşturulmuştur. HEC-RAS modelinden elde edilen su derinlikleri ArcView sistemine uygun yardımcı programlar ile aktarılmış ve sonucunda taşkına maruz kalacak alanlar belirlenerek görselleştirilmiştir.

Usul ve Turan (2006), Batı Karadeniz Bölgesinde meydana gelen taşkınlar yıllarca bölgede büyük kayıpların yaşanmasına neden olmuştur. Bu nedenle bu alanda kapsamlı taşkın analizinin yapılması gündeme gelmiştir. Ulus Nehri çevresinde dolgunun bulunmaması ve bölgede yaşayan halkın bilinçsizce nehir yatağında meydana getirmiş olduğu değişiklikler havzada önemli hasarlar oluşmasına neden olmuştur. Çalışmada MIKE 11 kullanılarak 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü taşkın debileri için hidrolik analizler gerçekleştirilmiş ve taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir.

Özdemir (2007), Balıkesir Havran Çayı çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu bölgede



meydana gelen taşkınları önleme amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Havran barajı da bu çalışmalardan biridir. Taşkınların önlenmesi ve azaltılması için, Havran ilçe merkezi ve ovasının CBS ve Hidrolik yazılımlar kullanılarak taşkın yayılım haritaları üretilmiştir. Çalışmada; 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları, Havran Barajı' na ait teknik özellikler ve yan kollara ait akım verileri kullanılmıştır. Tüm veriler Hecgeoras'a aktarılmış ve ardından HEC-RAS ta hidrolik analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, değişik senaryolara bağlı taşkın yayılım haritaları üretilmiştir.

Demirkesen ve ark. (2007), Küresel çapta yaşanan iklim değişikliği çeşitli sorunları da beraberinde getirmektedir. Bunlardan biri de deniz seviyesindeki yükselmeldir. İklim değişimindeki hızın aynı oranda devam etmesi halinde bazı kıyı alanlarının büyük olasılıkla 2100 yılına kadar su altında kalması beklenmektedir. Bu nedenle, İzmir kıyı kesiminin bu tehlikeye karşı mevcut durumu araştırılmıştır. Çalışmada, Landsat-7 ETM<sup>+</sup> uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kıyı kesiminde deniz seviyesinden 2 ve 5 m yükseklikteki alanlar çalışma bölgesinin sırasıyla 2.1 ve 3.7'sini kapsamaktadır. Çalışma sonucunda, deniz seviyesinden yılda ortalama 20-50 mm kadar yükselme meydana gelirse 2100 yılına kadar birçok kıyı bölgesi su altında kalabileceği belirlenmiştir.

Kara ve Akar (2007), çalışmasında CBS ve UA'nın taşkın ile ilgili kesin ve doğru sonuç belirlemedeki potansiyeli araştırılmıştır. Karadeniz Bölgesi'nin orta ve doğu kısmını içine alan Beşikdüzü-Solaklı havzası seçilmiştir. Çalışmada veri olarak 1/100.000 ölçekli topoğrafya haritası, Landsat 1975 MS, 1987 TM, 200 ETM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Analizlerde ArcGIS 9.1, bitki örtüsü ve yerleşim alanlarının gelişiminin belirlenmesinde Erdas 8.5 uzaktan algılama yazılımları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda CBS ve UA'nın belirlenmiş olan risk faktörleri kapsamında taşkın yayılımının belirlenmesinde önemli bir rolünün bulunduğu ortaya çıkmıştır.

Özdemir (2008), Havran Çayı üzerinde yapılan çalışmada 1981 yılı öncesine kadar bölgede birçok taşkın olayı meydana gelmiştir. Bu tarihten itibaren yağış şiddetinde azalma meydana gelmiştir. Bu durumun nedeni, çay yatağında yapılan ıslah çalışmalarıdır. Ancak, olası taşkın durumuna karşı Havran Çayı ve bu çayın yan kolları

olan; Küçükçay, Bent ve Kışla yan dereleri dahil olmak üzere 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 1000 yıllık dönüş aralıklı taşkın debileri istatistikî yöntemler ile hesaplanmıştır. Gumbel ve Log Pearson Tip III dağılımları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Gumbel dağılımının 100 yıllık, Log Pearson Tip III dağılımında 50 yıllık tekrarlanma sıklığı birbirine eşit gelmiştir.

Malkoç ve ark. (2008), akarsu üzerine yapılabilecek herhangi bir tesisin planlama ve projelendirilmesinde en önemli adım muhtemel maksimum taşkın debilerinin hesap edilmesidir. Bu nedenle Soğanlı Deresi üzerine yapılması muhtemel baraj veya regülatör için maksimum taşkın debi hesabı yapılmıştır. Çalışma sonucunda; yapılacak yapının regülatör olması durumunda, “Bölgesel Taşkın Frekans Analizi” ile hesaplanan tekerrürlü taşkın debilerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Yapının baraj olarak projelendirilmesinde ise, maksimum taşkın hesaplanırken yağış, kar ve baz akımlarını birlikte incelemişlerdir.

Usul (2008), çalışmasında klasik yöntemler ile CBS’i entegre etmiş ve Çayboğazı Havzası’nın taşkın analizini yapmıştır. Bu kapsamda öncelikle havzanın SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) oluşturulmuştur. Havzanın birim hidrografi bulunarak belirli dönüş aralıklarına ait (25, 50 ve 100 yıllık) etkin bir yağıştan meydana gelebilecek taşkın hidrografi elde edilmiştir. Hidrolik modellemede MIKE 11 yazılımı uygulanmıştır. Çalışma sonucunda risk altında kalabilecek alanlar belirlenmiştir.

Gül ve ark. (2009), potansiyel taşkın kontrol projeleri ile taşkın sırasında su altında kalabilecek alanlar belirlenebilmektedir. Uzun yıllar taşkın tehdidi altında olan Bostanlı Nehri Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmanın amacı; yapılması planlanan Bostanlı Barajı’nın taşkın önlemedeki performansının değerlendirilmesidir. Bölgenin 100 yıllık ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın debileri; 68.9 m<sup>3</sup>/sn ve 158.7 m<sup>3</sup>/sn dir. Çalışma sonucunda; baraj inşaatının planlandığı gibi tamamlanıp faaliyete geçmesi ile bu değerlerin sırasıyla 65.5 m<sup>3</sup>/sn ve 150.7 m<sup>3</sup>/sn düşerek barajın olumlu bir etkisi olacağı gözlemlenmiştir. Ancak değerler dikkate alındığında havzadaki genel taşkın önleme performansına çok az bir etki ettiği belirtilmiştir.

Saf (2009), çalışmanın amacı; Büyük Menderes ve Küçük Menderes üzerinde bulunan 45 adet akım gözlem verisine L momentleri yöntemi ile taşkın frekans analizinin yapılmasıdır. Çalışmanın ilk aşamasında 45 adet akım verisine Mann-Kendall eğilim analizi yapılmıştır. İkinci aşamada, 7 veride eğilim mevcut olmadığı belirlenerek 45 veriden toplamda 36'sının Mann-Kendall testinin % 5 anlamlılık düzeyinde geçiren tarama kriterlerini karşıladığı görülmüştür. Bu nedenle 36 adet akım gözlem verisine L momentleri yöntemi uygulanarak taşkın frekans analiz yapılmıştır.

Kara (2009), akarsu üzerinde bulunan yapılar ya da yataklarında meydana gelen değişimler su yüzü profilindeki değişimi de beraberinde getirmektedir. Bu değişimin belirlenmesi, sonrasında projelendirilecek yapılar için önemlidir. Çalışmada HEC-RAS paket programı kullanılarak 5 farklı debi ile 4 farklı dikdörtgen kesitli köprü modelindeki su yüzü profilleri belirlenmiştir. Ardından, yapılan deneysel çalışmalarla elde edilen su yüzü profilleri ile karşılaştırılmıştır.

Uçar (2010), Trabzon Değirmendere Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında; arazi modellemesi için CBS programı olan ArcGIS 9.3, hidrolik analizlerde ise HEC-RAS 4.0 kullanılmıştır. Bilinçsiz yerleşmeye bağlı olarak dere yatağının kenarlarında meydana gelen yapılaşmalar dere yatağında daralmalara neden olmuştur. Bu durum ise taşkın zamanlarındaki hasar artışında etkili olmuştur. Çalışma sonucunda; taşkın haritaları üretilerek risk altında olduğu belirlenen alanlar için çeşitli yapısal ya da yapısal olmayan önerilerde bulunmuştur.

Demirkesen (2011), küresel iklim değişiminin bir sonucu olarak deniz seviyelerindeki yükselme ve aşırı yağışlar kıyı taşkınlarını meydana getirmektedir. Çalışmaya konu olan Hatay ili kıyı taşkınlarına karşı savunmasızdır. Hatay sadece taşkın riski ile karşı karşıya değildir. Aynı zamanda tektonik ve sismik olarak hassas bir bölgedir. Bu nedenler sonucunda çalışmada çoklu risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Taşkın riski belirlenirken Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) DEM verileri kullanılarak farklı ölçütlere göre yayılım haritaları elde edilmiştir. Risk altında bulunan bölgeler belirlenerek taşkın yayılım haritaları üretilmiştir.

Turoğlu (2011), İstanbul'da meydana gelen taşkınların şehirleşmenin bir sonucu olduğunu belirtmiştir. Çalışmasında CBS ve UA kullanarak yapmış olduğu analizlerde şehirleşmenin akıma engel olduğunu gözlemlemiştir. Çalışma sonucunda; doğal akışı kolaylaştıran projelerin yapılmasını önermiştir.

Eren (2011), Boğluca Deresi'nin taşkın riskinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada DSİ, Mockus, SCS ve Snyder yöntemleri ile elde edilen tekerrürlü taşkın debilerini kıyaslanmıştır. Hesaplanan taşkın debilerinden en büyüğü, ıslah kesitlerinden geçirilmiştir. Dere kesit durumları incelendikten sonra en riskli bölge için taşkın haritası oluşturulmuştur.

Sönmez (2013), Amerika Iowa eyaletinde bulunan Cedar Nehri'nin merkezinde yer alan Waverly şehrini çalışma alanı olarak ele almıştır. Çalışmasında taşkın analizlerini, 1D ve 1D ile 2D modellerin birlikte ele alınması şeklinde ayrı ayrı incelemiştir. 1D modelleme için HEC-RAS programını kullanmıştır. 1D ve 2D birlikte incelendiği MikeFlood hidrodinamik programı, ile de 2D taşkın simülasyonu gerçekleştirmiştir.

Doğan ve ark. (2013), Aşağı Sakarya Nehri yatağının son 113 km'lik kısmı çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmada; ilgili bölgeye ait 100 yıl dönüş aralıklı taşkın debisi hesaplanmıştır. Ayrıca olası baraj yıkılması durumu için risk analizleri yapılmıştır. Hesaplanan taşkın debisi HEC-RAS programında kullanılmış ve taşkın anındaki su seviyeleri ile taşkın alanları belirlenmiştir.

Özşahin (2013), çalışmasında; Arnavutluk ülkesinin CBS tekniklerini kullanarak taşkın risk analizini yapmıştır. Bu analiz yapılırken jeoloji, jeomorfolojik, bakı, yağış, akım, akarsuya uzaklık, toprak ve arazi kullanımı, yeraltı suyu gibi özelliklere bağlı kalınarak çakıştırma yöntemi ile taşkın risk alanlarını tespit etmiştir. Analiz sonucunda ülkenin % 45'inin risksiz, % 18.52'sini orta riskli ve % 36'sının risk altında olduğu belirlenmiştir.

Şahin ve ark. (2013), çalışmada 18 Ocak 2010 tarihinde Kuzey Kıbrıs'ın Güzelyurt bölgesinde meydana gelen ani taşkın olayı incelenmiştir. Çalışmada taşkın modelleme

yapılmış ve modelleme sonucunda iki çözüm önerisinde bulunulmuştur. Bu öneriler; maliyet analizi sonuçlarına bağlı kalınarak sel kapanı yapılması ve taşkın hacminin bir bölümünün kırsal yan havza olan Fabrika Deresi'ne bağlayan bir çevirme kanalı yapılmasıdır.

Erdem (2013), deprem bölgesinde yer alması ve en fazla taşkın gözlemlenen illerden biri olması nedeniyle çalışma alanı olarak Balıkesir ili seçilmiştir. Çalışmanın amacı; Balıkesir ili için taşkından korunma projelerinde öncelikli olan alanların belirlenmesidir. Bu nedenle, çalışmada CBS yazılımları kullanılarak bu alanlar tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucu; Erdek, Edremit, Bandırma, Gönen, Manyas, Ayvalık, Susurluk ve Marmara adası'nın taşkın planlamasında öncelik sahibi olduğu ortaya çıkmıştır.

Efe (2014), çalışmada Batman Çayı'nın Yeni Malabadi Köprüsü ile Diyarbakır Batman Karayolu Köprüsü arasında kalan alan için taşkın risk analizi yapılmıştır. AutoCAD Civil 3D programı kullanılarak toplamda 165 adet enkesit alınmıştır. Oluşturmuş olduğu altlığı HEC-RAS programına aktararak hidrolik analizleri gerçekleştirmiştir. Bu sayede Batman Çayı'nın su yüzü profillerini elde etmiştir.

Demir (2014), çalışma alanı olarak Aşağı Sakarya Havzası seçilmiştir. Havzaya ait hidrolojik özellikler incelenmiş ve bu bağlamda taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir. Bunun için bölgeye ait SYM haritası ArcGIS ortamında sayısallaştırılmıştır. Elde edilen veriler MIKE 11 programına aktarılmıştır. Hidrolojik veriler sayesinde hesaplanan 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıllık dönüş aralıklı debiler için ilgili çalışma alanına ait taşkın yayılım haritaları üretilerek risk altında kalan alanlar belirlenmiştir.

Türkkan ve Korkmaz (2015), çalışmada; Bursa Kaplıkaya Deresi'nin farklı akımlar altında oluşabilecek taşkın durumu incelenmiştir. Bu kapsamda, ArcGIS ve HEC-RAS 4.1 yazılımı kullanılmıştır. Topoğrafik veriler Arcgis ortamında işlenmiştir. Çalışma sonucunda, Kaplıkaya Deresi'nin 500, 1000 ve 10.000 yıl tekerrürlü taşkın debileri kullanılarak HEC-RAS'ta nehir akımının simülasyonu yapılmıştır.

Bayazıt ve Bakış (2015), çalışma alanı olarak Sakarya Havzası'nın alt havzası olan Seydisuyu Çayı seçilmiştir. Bu havza için taşkın riski UA ve CBS yardımı ile belirlenmiştir. Seydisuyu Çayı'nın 50, 100 ve 1000 yıl dönüş aralıklı debi değerleri HEC-RAS paket programında hidrolik analizlerde kullanılmıştır. Elde edilen sonuç gerçek arazi yapısı ile mukayese edilerek taşkın sırasında oluşabilecek su seviyesinin yerleşim ve tarım alanlarındaki riski ortaya koyulmuştur.

Akkaya (2016), çalışma alanı olarak Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne ili sınırları içerisinde bulunan kısımları seçilmiştir. Çalışmanın amacı; bu alanlarının taşkın yayılım haritalarının 1D ve 2D olarak üretilmesidir. Çalışma sonucunda; taşkın Edirne merkezine olası etkilerinin azaltılması amacı ile 2 seçenekli güzergah ile tahliye kanalı tasarlanmıştır. Çalışmada tasarlanmış olan her bir kanal 2D modelleme ile çalıştırılmıştır.

Bizimana (2016), çalışmasında Waverly şehrinin özellikleri dikkate alınarak olası bir taşkında önemli şekilde etkilenebilecek alanların taşkın riski değerlendirilmiştir. Çalışmada hem Bulanık Mantık hem de CBS yöntemleri kullanılarak taşkın yayılım haritaları üretilmiştir. Yöntemlerden bulanık mantığın daha gerçekçi sonuç verdiği kanaat getirilmiştir.

Yaylak (2016), Bitlis il merkezinden geçmekte olan Bitlis Çayı'nın taşkın risk haritaları üretilmiştir. Çalışmada ArcGIS ve HEC-RAS paket programı kullanılmıştır. HEC-RAS'ta oluşturulan su yüzü profilleri Hec-GeoRAS kullanılarak ArcGIS'e aktarılmış ve taşkın yayılım haritaları oluşturulmuştur.

### **3.2. Dünyada Yapılan Çalışmalar**

Benson (1968), geliştirilmiş taşkın yatağı yönetimi ve büyük ölçekli planlama için taşkın sıklığının tahmin edilmesinde tutarlı bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu nedenle Federal çalışma grubu taşkın felaketine kaşı en sık kullanılan yöntemleri incelemiştir. Bu kapsamda Benson, ABD'nin birçok bölgesinden 10 farklı AGİ'den alınan ve gözlem süreleri 44-97 yıl arasında değişen veriler üzerine araştırma yapmıştır.

Çalışmanın amacı; farklı yöntemleri kullanarak taşkın debisi hesabında en uygun yöntemi belirlemektir. Çalışmada, Gamma dağılımı, Log-Gumbel dağılımı, Gumbel dağılımı, Log-Normal dağılımı, Log-Pearson Tip III dağılımı ve Hazen yöntemi olmak üzere 6 farklı yöntem incelenmiş ve Log Pearson Tip III dağılımının gözlemlenmiş taşkınlarla uyumluluğu belirlenmiştir.

McMahon ve Srikanthan (1981), çalışmada, Avustralya’da bulunan 172 AGİ’den elde edilen gözlem sonuçlarına L momentleri diyagram analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; Log-Pearson tip III dağılımının büyük taşkın tahminlerinde uygun sonuç verdiği belirlenmiştir.

Azagra ve ark. (1999), çalışma alanı olarak Texas, Austin’deki Waller Nehir havzası seçilmiştir. Bu bölgeye ait TIN arazi modelini ve hava fotoğraflarını CBS yazılımında veri olarak kullanmış ve gerekli alanlardan enkesit almıştır. Elde edilen hidrolik model çıktıları ArcView’e girilerek taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Ancak yazarlara göre hava fotoğraflarının kullanılması ve kesitlerin gerçeği tam olarak yansıtmaması nedeniyle bulunan su yüzü seviyeleri doğru değildir.

Islam ve Sado (2002), çalışma alanı olarak Bangladeş seçilmiştir. Çalışmada; 1988 yılında meydana gelen taşkın olayı; sayısal yükseklik, fiziksel ve jeolojik parametreler doğrultusunda incelenmiştir. Bu kapsamda; taşkın neden olduğu hasarın, taşkın dalgası yayılımı, taşkın sıklığı, taşkın süresi, taşkın taşımış olduğu sedimente bağlı olarak değiştiği ancak en belirleyici unsurların taşkın derinliği ve taşkın sıklığı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, analizler fizyografi, arazi örtüsü ve jeoloji gibi çeşitli kombinasyonlarda değerlendirilerek taşkın haritaları üretilmiştir.

Wiles ve Levine (2002), çalışma alanı olarak Ohio’da yer alan Swan Nehri Havzası seçilmiştir. Çalışmanın amacı; arazi kullanımındaki değişikliğin Swan Havzası’nda otuz yılı aşkın süredir meydana gelen taşkınlar üzerindeki etkisini araştırmaktır. Akış modellemesinde 1980 yılında ilk kez Rosmillier tarafından önerilen rasyonel formülün bir modifikasyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Akış analizi ile havzadaki artan akış miktarının artan kentleşme ile doğrudan bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Çalışma

sonucunda 1973 yılında meydana gelen 100 yıl tekerrürlü yağış sonucu oluşan yüzey akışının 1995 yılında 10 yıl tekerrürlü bir yağışın sonucunda oluşan yüzey akış hacmine eş değer olduğu ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda Swan Havzası'nın sızma miktarının azalarak yüzeysel akışta kalan yağış miktarının arttığı belirlenmiştir.

Sinnakaudan ve ark. (2002), Kinta Nehri'nin (Malezya) bir alt havzası olan Pari kolu çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın amacı Pari kolunun taşkın risk haritalarını üretmektir. Bunun için havzaya ait parametreler HEC-6 programında veri olarak kullanılmış ve hidrolik analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında elde edilmiş olan su yüzü kotları AVHEC-6 kullanılarak ArcView 3.1'e aktarılmıştır. Sonuç olarak bölgenin taşkın sırasında meydana gelebilecek yayılım alanları belirlenmiştir.

Knebl ve ark. (2004), çalışma alanı olarak San Antonio Nehir Havzası seçilmiştir. Çalışmanın amacı 2002 yılında meydana gelen taşkın sonucu havzanın HEC-HMS ile yağış-akış modelini kurmaktır. Bu doğrultuda, HEC-HMS'den elde edilen model ile yağış verileri HEC-RAS'a aktarılmış ve hidrolik analiz gerçekleştirilmiştir. Taşkın sırasındaki su yüzü profillerinden oluşacak modelleme NEXRAD Level III ve CBS yöntemleri ile sağlanmıştır. Çalışmada; Map to Map adı verilen GIS aracının bir kısmı da kullanılmıştır. Araştırma sonuçları bölgesel ölçekte taşkın önlemleri için bir araç sağlamış ve sonraki modelleme çalışmalarına fayda sağlamıştır.

Casa ve ark. (2006), çalışmada topoğrafik veri kaynağının ve çözünürlüğünün taşkın hidrolik modellemesinin üzerindeki etkilerini araştırılmıştır. 3 farklı harita oluşturma yöntemi kullanılarak 7 tane SYM oluşturulmuştur. SYM oluşturulurken kullanılan bu 3 haritalama yöntemi; küresel konumlandırma sistemi olan (GPS) araştırma ve batimetri, yüksek çözünürlüğe sahip lazer dalgalarının kullanılması ile cisimlerin uzaklığını ölçen LIDAR ve 1/5000 ölçekli haritalardır. 7 SYM'nin hidrolik sonuçları HEC-RAS tek boyutlu model kullanılarak elde edilmiştir. SYM'nin doğruluğu 3 farklı hidrolik bağlamda analiz edilmiştir: hidrolik modelin deşarjı ve su yüzeyi yükselmesi, taşkın sırasında sular altında kalabilecek bölgenin tasviri ve modelin n (Manning pürüzlülük katsayısı) duyarlılığıdır. Çalışma sonucunda GPS tabanlı SYM'nin en gerçekçi sonucu verdiği ancak LIDAR verilerin n değişikliğine karşı en fazla



duyarlılığa sahip olduğu açığa çıkmıştır. Çalışmada her bir SYM'nin hidrolik modelleme sonuçlarının doğruluğunun belirlenmesine ek olarak, her bir topoğrafik veri kaynağının zaman-maliyet oranının analizi de yapılmıştır. Sonuçlar özellikle geniş alanlar için havadan geçen lazerli bir taramanın hassas SYM oluşturmasında etkin bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Gutry- Korycka ve ark. (2006), çalışmada sigortalama şirketleri açısından taşkın risk haritalarının önemi üzerinde durulmuştur. Bu haritalar ya 100 yıl dönüş aralığına ait olarak ya da tarihsel olarak en yüksek kaydedilen taşkın baz alınarak oluşturulmaktadır. Bu çalışmada Vistula Nehri'nin taşkın koruma yapıları için taşkın değerlendirilmesi tek boyutlu hidrolik model ve SYM kullanılarak geliştirilmiştir. Simülasyondan elde edilen sonuçlar; taşkın sularının şehrin önemli bir kısmının potansiyel olarak etkileyebileceğini göstermiştir.

Dingguo ve ark. (2007), çalışma alanı olarak Poyang Göl Bölgesi seçilmiştir. Çalışmanın amacı; taşkından etkilenip sular altında kalabilecek tarım arazisinin belirlenmesidir. Analiz 3 aşamadan meydana gelmiştir: ilk aşamada 1/50.000 ölçekli topoğrafik harita kullanılarak SYM oluşturulmuştur. İkinci aşamada her bir alt bölge için çiftçilerin ekonomik faaliyetlerini gösteren farklı endeksler (kırsal nüfus oranı, ekili arazi oranı, kişi başına net kırsal gibi) hesaplanmıştır. Üçüncü aşamada ise her bucak için risk katsayısı üretilerek normalize edilen endeksler taşkın risk alanları ile örtüştürülmüştür. Çalışma sonucunda, Taşkın tehlike bölgesindeki toplam 180 bucağın yaklaşık % 55.56'sının taşkın riski bulunduğu ortaya çıkmıştır.

Hardmeyer ve Spencer (2007), çalışma alanı olarak ABD'de Rhode Adası seçilmiştir. Çalışmanın amacı taşkına eğimli alanların CBS yazılımı ile belirlenerek taşkın risk haritalarının üretilmesidir. Çalışmanın sonucu; önceki kentleşme hızının devam etmesi ve taşkın azaltma önlemlerinin alınmaması halinde gelecekte yıllık taşkın kayıplarının % 50'den fazla olabileceğini göstermiştir.

Lastra ve ark. (2008), çalışma alanı olarak İspanya'daki 155 km<sup>2</sup>'lik Sarria Nehri Havzası seçilmiştir. Çalışmada bu alana ait kentsel yerleşim bölgesinin HEC-HMS programı ile hidrolik analizleri yapılmıştır. Buradan elde edilen debiler hidrolik

modelleme programı olan HEC-RAS'ta kullanılmıştır. Çalışmada; taşkın risk haritaları üretilmemiştir. Ancak geçmiş yıllarda meydana gelen taşkınlar ile elde edilen su yüzü seviyeleri ile karşılaştırılmıştır.

Vojinovic ve Tutulic (2009), çalışma alanı olarak St Martin (Hollanda) seçilmiştir. Çalışmanın amacı; düzensiz arazilerdeki taşkın analizinde 1D ve 2D modelleme yaklaşımlarının özellikleri arasındaki farkların araştırılmasıdır. 1D model için MIKE 11 ve 2D model için ise MIKE 21 kullanılmıştır. 10, 100 ve 200 yıllık dönüş aralığına ait taşkın risk haritaları üretilmiştir.

Rahman ve ark. (2013), taşkın tahmini yapılmasında doğrudan yöntem taşkın frekans analizinin yapılmasıdır. Taşkın frekans analizinde ise öncelikli olan uygun olasılık dağılımının belirlenmesi ve ilgili parametrelerin seçimidir. Bu çalışmada 15 farklı olasılık dağılımının uygunluğu ve yıllık maksimum akış verilerine dayanan 3 tahmin yöntemi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda tek bir dağılımın tüm Avustralya için uygunluğu belirlenmemiştir. Ancak; Log-Pearson Tip III dağılımı, GEV ve Pareto dağılımları en uygun 3 yöntem olarak belirtilmiştir. Bu nedenle, Avustralya'da yapılacak bir uygulamada bu 3 dağılımdan nihai seçim yapılırken karşılaştırma yapılmasına karar verilmiştir.

Chen ve ark. (2017), ABD'de 2008 yılında Iowa eyaletinde meydana gelen taşkın olayı araştırılmıştır. Çalışma 3 aşamadan oluşmaktadır: (1) taşkın sırasında LIDAR verilerinin toplanması, (2) LIDAR gözlem noktalarını taşkın su yüzeyi noktaları ve taşkın olmayan noktalar olarak sınıflandırılarak taşkın suyu yüzey yükselti modeli oluşturulması, (3) SYM oluşturulmasıdır. Çalışmada su ölçümleri SPOT görüntüleri ve eş zamanlı hava fotoğrafı ile değerlendirilmiştir.

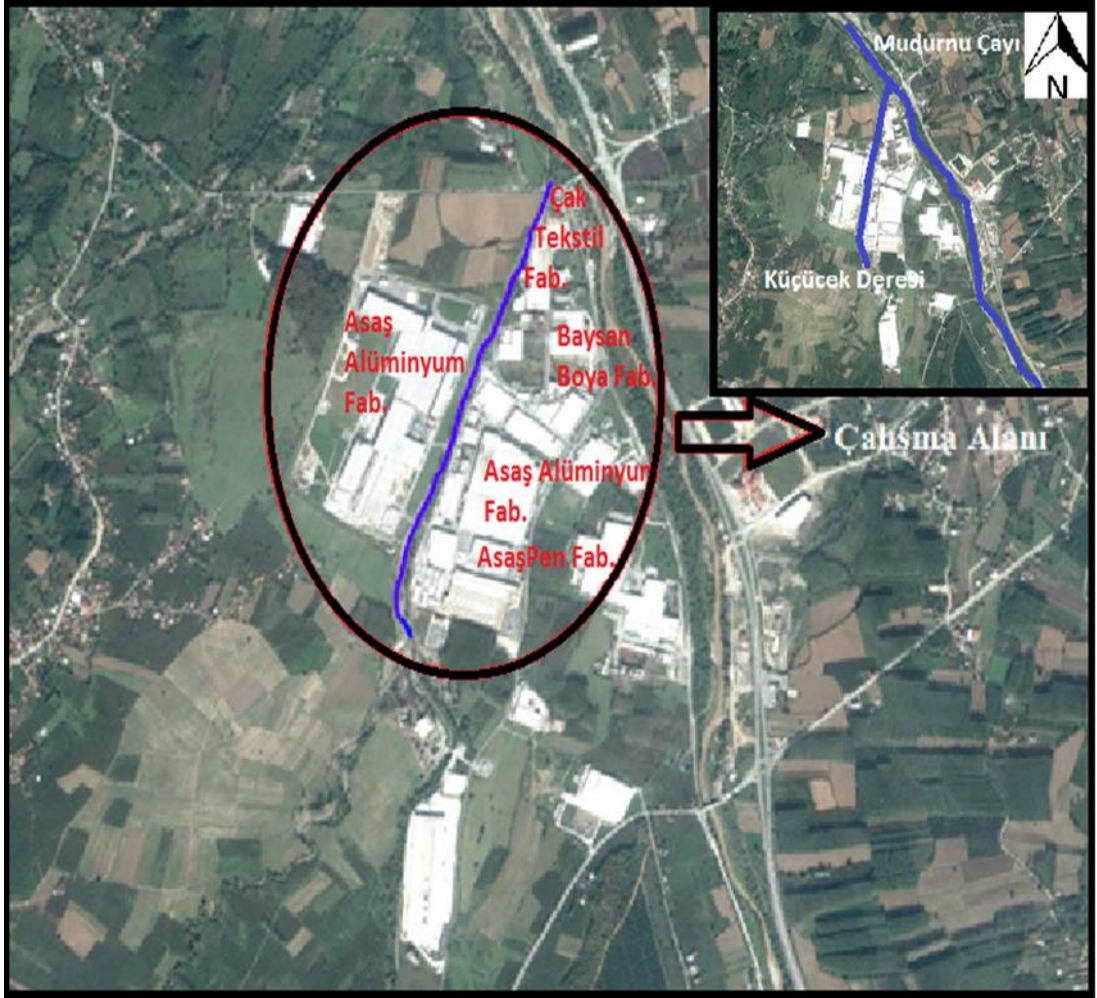
## BÖLÜM 4. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Küçücek Deresi, Mudurnu Çayına Akyazı ilçesi kesiminde katılan bir yan koldur. Akyazı-Küçücek Sanayi Bölgesinin içerisinden geçmekte olan Küçücek Deresi fabrikaların mansap tarafında 2 kolun (Küçücek Deresi ana kol ve Karaca Deresi) birleşmesiyle oluşmaktadır. Sık sık şiddetli yağışların yaşandığı bölgede, derenin her iki kıyısında da fabrikaların bulunması ekonomik kayıpların yüksek olmasına neden olmaktadır. İlgili bölgede taşkın afetine karşı kuruluşların almış olduğu yapısal önlemler yetersiz kalmıştır. Bu nedenle, DSİ tarafından dere ıslahı yapılması uygun görülmüştür. Çalışma sırası ile şu amaç ve adımlardan oluşmuştur:

- 1) Literatürde yer alan farklı yağış-akış modelleri kullanılarak tekerrürlü taşkın debileri hesaplanmıştır. Bu sayede, çalışma alanı için en uygun debi hesap yöntemi belirlenmiştir.
- 2) Derenin ıslah öncesi halinin taşkın yayılım haritalarının üretilmesi amacıyla ArcGIS tabanında çalışan HecGeoRAS'ta hidrolik analizler için gerekli altlık oluşturulmuştur. Ardından bu altlık HEC-RAS'ta hidrolik analizler için kullanılmıştır. Analiz sonuçları ArcGIS'e aktarılarak bölgenin ıslah öncesi taşkın yayılım haritaları üretilmiştir.
- 3) Üretilen taşkın yayılım haritalarına bağlı olarak farklı tekerrür yıllarında oluşan taşkınlarda fabrikalarda meydana gelebilecek yapı hasarı kaynaklı ekonomik kayıplar hasar-olasılık eğrileri kullanılarak hesaplanmıştır.
- 4) Dere ıslah projesi dikkate alınarak yeni bir hidrolik analiz gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, öngörülen ıslah çalışmasının etkin olup olmadığı araştırılmış ve ekonomik kayıp ile ıslah projesi maliyeti karşılaştırılarak fayda-gider arası ilişki incelenmiştir.
- 5) Derenin ıslah sonrası hali için yapılan analiz sonuçlarında taşkın yaşanmadığı gözlemlendiği için derenin yeni halinin taşıma kapasitesi hesaplanarak çalışma sonuçlandırılmıştır.

## BÖLÜM 5. ÇALIŞMA ALANI

Taşkın yayılım haritaları oluşturulurken, modelleme yapılacak bölgenin fiziksel, iklimsel, jeolojik özelliklerinin bilinmesi, oluşturulan haritaların gerçeklik potansiyelinin artmasını sağlamaktadır. Bu nedenle bu bölümde çalışma alanına ait doğal, ekonomik ve sosyal faktörler hakkında bilgi verilmiştir. Çalışma alanı Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Çalışma alanı

## 5.1. Çalışma Alanına Ait Doğal Faktörler

### 5.1.1. Coğrafi faktörler

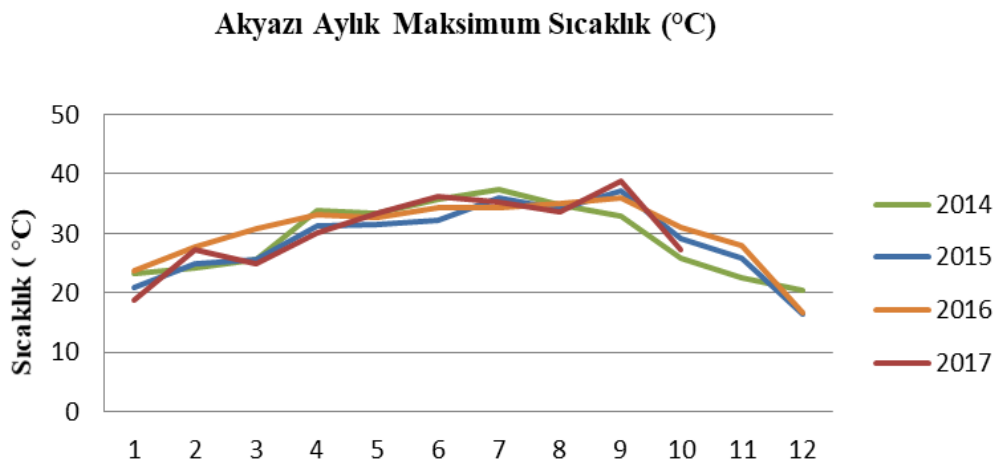
Küçücek Deresi coğrafi konumu itibari ile 40° 40'18'' Kuzey ve 30° 35'8'' Doğu ile 40.671 enlem ve 30.614 boylam koordinatlarında yer almaktadır. Küçücek Beldesi Akyazı'nın Güneybatı yönünde 6,2 km uzağında yer almaktadır. Sakarya il merkezinin ise Güneydoğu yönünde 22 km uzağında bulunmaktadır. Bölgenin rakımı 50 m'dir. Çalışma alanı olan Küçücek Sanayi Bölgesi'nin Sakarya il merkezine uzaklığı 30 km'dir. Küçücek Deresi km 0+000 kesitinde, Mudurnu Çayı'na bağlanarak çayın yan kolunu teşkil etmektedir.

### 5.1.2. Jeolojik yapısı

Çalışma sahası genel yapısı itibariyle killi zemin olup düz bir arazi yapısına sahiptir.

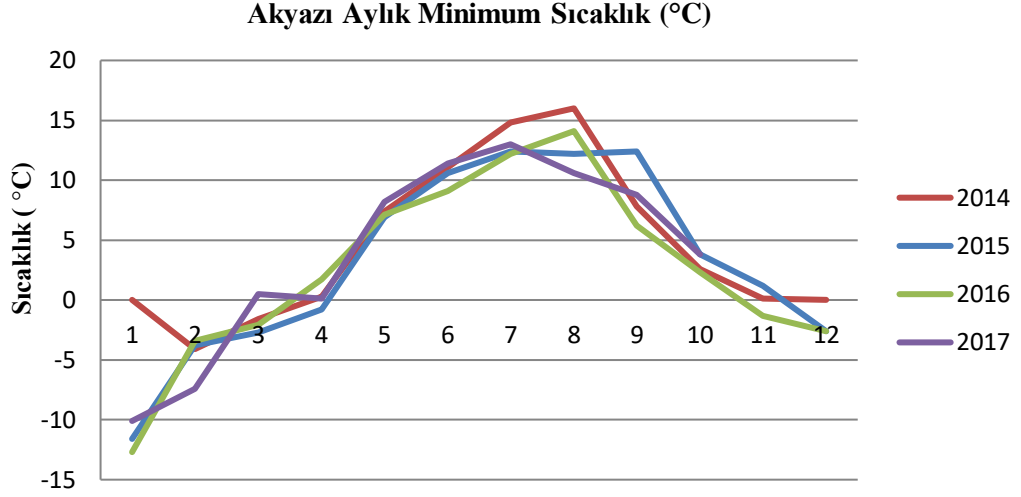
### 5.1.3. İklim

Çalışma alanı Marmara Bölgesinde yer alması nedeniyle bölgenin iklimine sahiptir. Yaz ayları sıcak olup yağış almamaktadır. Kış ve bahar aylarında ise ılık ve yağışlıdır. Aşağıda grafikler halinde Sakarya Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Akyazı/18415 no'lu istasyona ait sıcaklık, yağış ve nem değerleri verilmiştir. Gözlem istasyonunun yeni olması nedeniyle uzun süreli kayıtlar bulunmamaktadır.



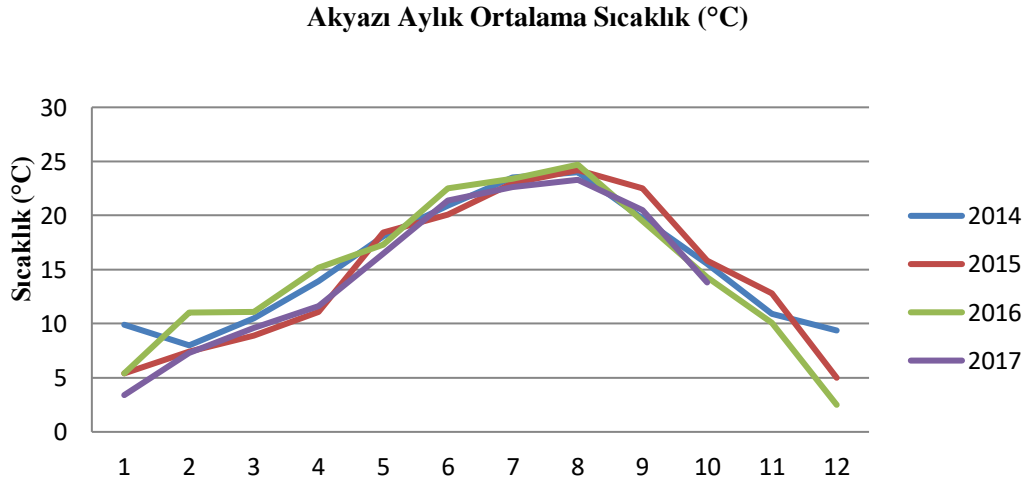
Şekil 5.2. Akyazı aylık maksimum sıcaklık (MGM, 2017)

Şekil 5.2.'de gösterilen Akyazı/18415 no'lu istasyona ait sıcaklık verileri incelendiğinde aylık maksimum sıcaklığın mevcut yıllara göre temmuz ve eylül aylarında yaşandığı belirlenmiştir.



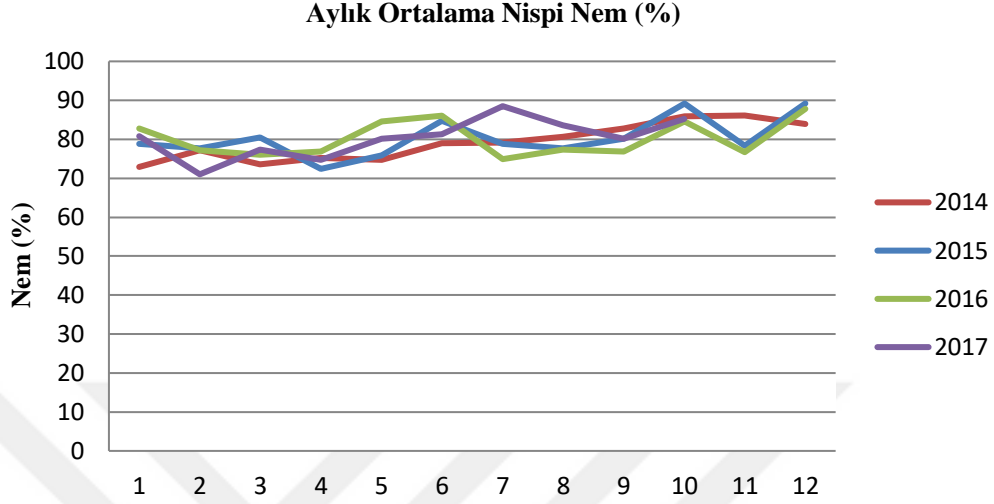
Şekil 5.3. Akyazı aylık minimum sıcaklık (MGM, 2017)

Şekil 5.3.'e ait sıcaklık verileri incelendiğinde aylık en düşük hava sıcaklığının mevcut yıllara göre ocak ve şubat ayında yaşandığı belirlenmiştir.



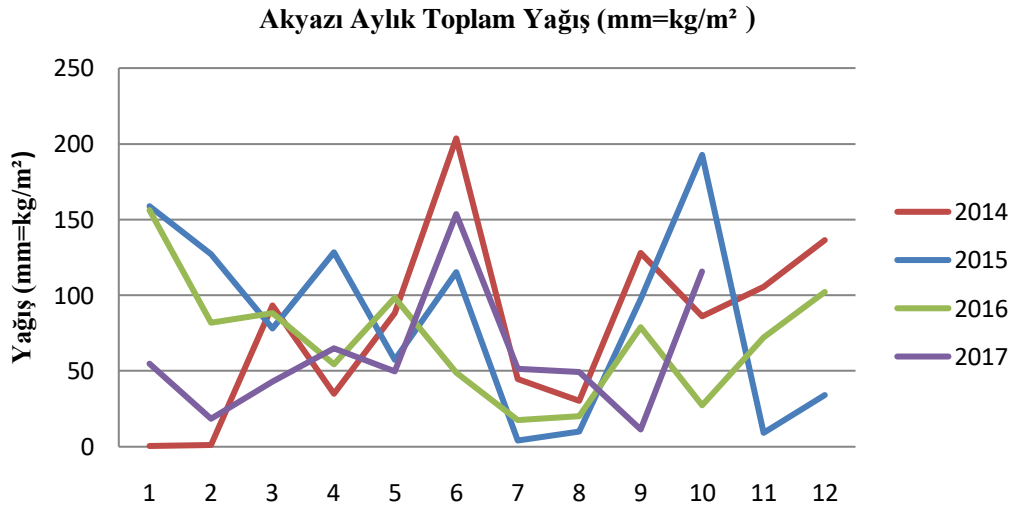
Şekil 5.4. Akyazı aylık ortalama sıcaklık (MGM, 2017)

Şekil 5.4.'e ait aylık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde en yüksek hava sıcaklığının mevcut tüm yıllarda ağustos ayında meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 5.5. Akyazı aylık ortalama nispi nem (MGM, 2017)

Şekil 5.5.'e ait nispi nem verileri incelendiğinde 12 ay boyunca aylık ortalama % 80 civarında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.6. Akyazı aylık toplam yağış (mm=kg/m<sup>2</sup>) ((MGM, 2017)

Şekil 5.6.'da aynı istasyona ait aylık toplam yağış verileri incelendiğinde; 2014 yılında en fazla yağışın haziran ayında, 2015 yılında en fazla yağışın ekim ayında, 2016 yılında

en fazla yağışın ocak ayında ve 2017 yılında en fazla yağışın haziran ayında meydana geldiği belirlenmiştir.

## 5.2. Ekonomik ve Sosyal Faktörler

Çalışma alanı gelişmiş bir bölge niteliğinde olup elektrik, içme suyu ve yol problemi bulunmamaktadır. Küçücek Deresi'nin iki kıyı kesiminde de çeşitli sektörlere ait fabrikalar bulunmaktadır. Fabrikalarda aktif olarak çalışan kişi sayısı ortalama 1000-1500 kişi arasında olup bölgenin ekonomisine katkı sağlamaktadır. Çalışma alanında bulunan fabrikalara ait bilgilere aşağıda yer verilmiştir (DSİ, 2016):

- a) Asaş Alüminyum Fabrikası: 1990 yılında Gebze'de kurulmuştur. 1997 yılından itibaren Akyazı Küçücek Sanayi Bölgesi'nde yer almaktadır. Ekonomik büyüklüğü yaklaşık 150.000.000 TL'dir.
- b) AsaşPen Fabrikası: Asaş bünyesinde kurulmuş olan AsaşPen fabrikasının ekonomik büyüklüğü yaklaşık olarak 5.000.000 TL'dir.
- c) Çak Tekstil Fabrikası: 1997 yılından itibaren Sakarya Akyazı Küçücek sanayi bölgesindedir. Ekonomik büyüklüğü yaklaşık olarak 5.000.000 TL'dir.
- d) Çak Grup Baysan Boya Fabrikası: 1997 yılından itibaren Sakarya Akyazı Küçücek sanayi bölgesindedir. Ekonomik büyüklüğü yaklaşık olarak 5.000.000 TL'dir.
- e) Orthaus Trailers Taşıt Araçları: Sakarya Akyazı Küçücek sanayi bölgesinde bulunan Orthaus Trailers Taşıt Araçları'nın ekonomik büyüklüğü yaklaşık olarak 22.000.000 TL'dir.

Çalışma sahasında bulunan fabrikaların toplam ekonomik büyüklükleri yaklaşık olarak 165.000.000 TL'dir. İçerisinde bulundurmış olduğu fabrikalar nedeniyle çalışma alanı Sakarya'nın önemli sanayi merkezlerinden birini teşkil etmektedir. Sıklıkla taşkın sularına maruz kalan bölgede son dört yılda iki büyük taşkın felaketi meydana gelmiştir.



### 5.3. Son Yıllarda Bölgede Yaşanan Taşkınlar

- a) 06.06.2014 Taşkını: Birkaç gün boyunca şiddetli yağın sağanak yağmur, Küçücek Deresi'nin taşmasına neden olmuştur. Çak tekstil fabrikası yetkilileri derenin sıklıkla taşması sebebiyle kendi imkanları dahilinde dereyi, fabrika cephesine istinat duvarı yaparak ıslah etmeye çalışmıştır. Ancak meydana gelen taşkın olayında istinat duvarı büyük hasar almıştır. Orthaus Trailers taşıt fabrikası da taşkın olayından etkilenmiştir. Meydana gelen taşkın felaketi fabrika sınırlarında bulunan çitin bazı bölgelerinde zarara neden olmuştur. Fabrika arazisinin bir kısmı ise taşkın suları tarafından götürülmüştür. Derenin km 0+150 kesiti dolaylarında bulunan Çak Tekstil fabrikası (Şekil 5.7.) ile derenin km 2+640 kesiti dolaylarında bulunan Orthaus Trailers Taşıt araçları fabrikası civarında (Şekil 5.8.) ve dere kenarında bulunan yollarda (Şekil 5.9.) büyük hasar meydana gelmiştir.



Şekil 5.7. Taşkın sonrası Çak Teksil fabrikası civarı (DSİ,2014)



Şekil 5.8. Taşkın sonrası Orthaus Trailers Taşıt araçları fabrikası civarı (DSİ,2014)



Şekil 5.9. Taşkın sonrası Küçücek Deresi (DSİ,2014)

- b) 26.02.2016 Taşkını: Yoğun kar yağışı ve sağanak yağmur Küçücek Deresi'nin taşmasına neden olmuştur. Taşan dere suları Bıçkıdere Mahallesi'ne geçiş güzergahındaki yolu tahrip etmiştir.

## BÖLÜM 6. YÖNTEM

### 6.1. Çalışma Üzerine Genel Bilgi

Bu tezin amacı; Akyazı Küçük Sanayi Bölgesi'nin taşkın yayılım haritalarının üretilmesi, taşkın kaynaklı meydana gelebilecek yapısal ekonomik kayıpların belirlenmesi ve derenin ıslah sonrası hali için taşıma kapasitesinin hesaplanarak ilgili bölgenin detaylı bir çalışmasını ortaya koymaktır.

### 6.2. Farklı Yöntemler ile Tekerrürlü Taşkın Debisi Hesabı

Literatürde yer alan debi hesap metodları “Deterministik” ve “İstatistikî” yaklaşımlar olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır (Çelik, 2012).

#### 6.2.1. Debi hesabında kullanılan istatistikî yöntemler

##### 6.2.1.1. Normal dağılım

Hidrolojik çalışmalarda ve başka alanlarda kullanılabilen Normal Dağılım, uygulandığı alanlarda doğru sonuç verebilmektedir. Dağılım,  $(-\infty \leq x \leq +\infty)$  arasındadır.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2\right] \quad (6.1)$$

Burada;

X= Rastsal değişkenin dağılım fonksiyonu,

$\mu_x$  =Aritmetik ortalama,

$\sigma_x^2$  = Varyans olarak ifade edilmektedir.

Belirli dönüş aralıkları (T) için muhtemel taşkınlar aşağıdaki denklem ile hesap edilmektedir.

$$X_T = \mu_x + \Delta x_T \quad (6.2)$$

Burada,

$X_T$  = T tekerrür yılında gelmesi muhtemel taşkın miktarı,

$\mu_x$  = Gözlenmiş olan MAFA kayıtlarının ortalaması,

$\Delta x_T$  = Ortalamadan sapma miktarı olarak ifade edilmektedir.

Ayrıca, ( $\Delta x_T = K_T \times \sigma_x$ ) olarak yazılabilmektedir. O halde, denklem (6.2) düzenlenerek denklem (6.3) elde edilebilmektedir.

$$X_T = \mu_x + (K_T \times \sigma_x) \quad (6.3)$$

Burada,

$K_T$  = Frekans faktörü,

$\sigma_x$  = Standart Sapma olarak ifade edilmektedir.

Normal Dağılım için  $K_T$  değeri denklem (6.4)'de belirtildiği üzere hesaplanır.

$$K_T = w - \frac{[2.515517 + (0.802853 \times w) + (0.010328 \times w^2)]}{[1 + (1.432788 \times w) + (0.189269 \times w^2) + (0.001308 \times w^3)]} \quad (6.4)$$

Burada belirtilen w aşağıdaki şekilde hesaplanabilir;

$$w = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{p^2}\right)} \quad (6.5)$$

Burada, p tekerrür aralığının aşılma olasılığıdır ve ( $0 < p \leq 0.5$ ) arasında değişir. P aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$p = \frac{1}{T} \quad (6.6)$$

Yukarıda belirtilen adımlar her bir tekerrür yılı için ayrı ayrı yapılarak gelmesi muhtemel taşkınların debileri hesaplanabilmektedir.

### 6.2.1.2. Log normal dağılım

Log Normal Dağılım; Logaritması normal dağılıma uyan bir rastgele değişkenin dağılımı olarak ifade edilmektedir. Dağılım  $X > 0$  için belirtilip, birçok hidrolojik çalışmada kullanılmaktadır. Burada;  $X$  olasılık yoğunluk fonksiyonu denklem (6.7)'de gösterildiği gibi hesap edilmektedir.

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right] \quad (6.7)$$

Burada;

$$y = \log x,$$

$$\mu_y = y \text{ ve}$$

$$\sigma_y = \sigma_{\log x} \text{ olarak ifade edilmektedir.}$$

Hesap işlemlerinde bu kısımdan sonraki adımların tamamı normal dağılımda olduğu gibi yapılmaktadır. Sadece burada belirtilen  $x$  değeri  $\log x$  olarak işleme katılmaktadır. Normal dağılımda olduğu gibi belirli dönüş aralığına ( $T$ ) ait gelmesi muhtemel taşkın debileri denklem (6.8) yardımı ile hesaplanabilmektedir.

$$X_T = \mu_y + \Delta X_T \quad (6.8)$$

Burada;

$$X_T = T \text{ tekerrür yılına ait gelmesi muhtemel taşkın miktarı,}$$

$\mu_y =$  Gözlemlenmiş olan MAFA kayıtlarının logaritmik ortalaması olarak ifade edilmektedir.

Burada ( $\Delta X_T = K_T \times \sigma_y$ ) olarak yazılabilmektedir. O halde denklem (6.8) düzenlenerek denklem (6.9) elde edilebilmektedir.

$$X_T = \mu_y + (K_T \times \sigma_y) \quad (6.9)$$

Burada;

$K_T$  = Frekans faktörü,

$\sigma_y$  = Standart sapma olarak ifade edilmektedir.

Normal dağılım için  $K_T$  aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$K_T = w \frac{[2.515517 + (0.802853 \times w) + (0.010328 \times w^2)]}{[1 + (1.432788 \times w) + (0.189269 \times w^2) + (0.001308 \times w^2)]} \quad (6.4)$$

Burada w aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w = \sqrt{\ln \frac{1}{p^2}} \quad (6.5)$$

Burada, p tekerrür aralığının aşılma olasılığı olup, ( $0 < p \leq 0.5$ ) arasında değişir ve p aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$p = \frac{1}{T} \quad (6.6)$$

Yukarıdaki işlemler her bir dönüş aralığı için tekrarlanarak Log normal dağılıma göre gelmesi muhtemel taşkınlar hesaplanmaktadır.

### 6.2.1.3. Gumbel dağılımı

Yıllık ekstrem akım değerlerine bağlı olan Gumbel Dağılımı taşkın analizinde en çok kullanılan yöntemdir. Dağılım, ( $-\infty < x < +\infty$ ) arasındadır.

$$f(x) = \frac{1}{a} \exp \left[ -\frac{(x-u)^2}{a} - \exp \left( -\frac{x-u}{a} \right) \right] \quad (6.10)$$

Burada;

$$a = \frac{\sqrt{6}S_x}{\pi} \quad (6.11)$$

$$u = \bar{x} - 0.5772a \quad (6.12)$$

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \quad (6.13)$$

$$X_T = \mu + (K_T \times \sigma) \quad (6.14)$$

#### 6.2.1.4. Pearson dağılımı

$$X_T = \mu + (K \times \sigma) \quad (6.15)$$

Burada;

$X_T$  = T tekerrür yılına ait gelmesi muhtemel taşkın miktarı,

$\mu_y$  = Gözlemlenmiş olan MAFA kayıtlarının ortalaması ve

$\sigma$  = Standart Sapma olarak ifade edilmektedir.

Pearson Dağılımının uygulanabilmesi için Pearson Tip III dağılım tablosundan yararlanmak gerekir. Bu tablo  $C_s$  'nin farklı değerleri için aşılma olasılığına denk gelen frekans faktörü değerlerini göstermektedir.

#### 6.2.1.5. Log-Pearson tip III dağılımı

Log Pearson Tip III dağılımı, istatistiksel metotlardan olup farklı dönüş aralıklarında

gelmesi muhtemel taşkınların hesabında kullanılmaktadır. Bu dağılımda kullanılan denklemler aşağıda sırasıyla verilmiştir. Tablo 6.1.'de ise Log-Pearson Tip III dağılımı için frekans faktörü değerleri verilmiştir.

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{N} \quad (6.16)$$

$$\sigma_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}} \quad (6.17)$$

$$CS = \left[ \frac{N \times \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(N-1) \times (N-2) \times (\sigma_{\log x})^3} \right] \quad (6.18)$$

$$\log x = \overline{\log x} + k \times \sigma_{\log x} \quad (6.19)$$



Tablo 6.1. Log Pearson Tip III dağılımı için frekans faktör değerleri (Usul, 2002)

Cs	T Yineleme Dönemi (yıl)										Cs
	1.010	1.25	2	5	10	25	50	100	200	500	
	Aşılma Olasılığı (P)										
	99	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1	
3.0	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250	3.0
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.915	2.8
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.672	2.6
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.423	2.4
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.248	2.240	2.970	3.705	4.444	6.168	2.2
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.908	2.0
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.642	1.8
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.371	1.6
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.095	1.4
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.815	1.2
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.531	1.0
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.244	0.8
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.956	0.6
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.666	0.4
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.377	0.2
0.0	-2.326	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090	0.0
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.808	-0.2
-0.4	-2.615	-0.816	0.366	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.533	-0.4
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.268	-0.6
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.017	-0.8
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.786	-1.0
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.577	-1.2
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.394	-1.4
-1.6	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.238	-1.6
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.107	-1.8
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.999	-2.0
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.909	-2.2
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833	0.833	-2.4
-2.6	-3.889	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.769	-2.6
-2.8	-3.973	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.714	-2.8
-3.0	-4.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668	-3.0

## 6.2.2. Debi hesabında kullanılan deterministik yöntemler

### 6.2.2.1. D.S.İ sentetik yöntemi

Bu yöntem, yağış alanı 1000 km<sup>2</sup>'den küçük alanlar için uygulanmaktadır. 2 saatlik sağanak süreleri düşünülerek geliştirilmiş bir metottur. Dolayısıyla birim hidrograf pik süresi olan  $T_p$ 'nin 2 saatten az olması durumunda bu yöntem uygulanamamaktadır. Yöntemin uygulanmasında, öncelikle havza ana akarsu boyuna bağlı "S" harmonik meyil hesabı yapılmaktadır. Bu yöntemde kullanılan formülizasyon sırası aşağıda verilmiştir.

$$\sqrt{S} = \frac{10}{\sum \left[ \frac{1}{\sqrt{S}} \right]} \quad (6.20)$$

$$E = \frac{[L \times L_c]}{\sqrt{S}} \quad (6.21)$$

Burada;

L= Havza uzunluğu (km),

L<sub>c</sub>= Havza alanı ağırlık merkezinin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesi (km),

E= S, L ve L<sub>c</sub>'ye bağlı birimsiz katsayıdır.

$$q_p = \frac{414}{A^{0,225} \times E^{0,16}} \quad (6.22)$$

Burada;

q<sub>p</sub>= 2 saat sağanak süreli bir yağışın birim alandan getireceği akım verimi (lt/km<sup>2</sup>/mm),

A=Havza alanı (km<sup>2</sup>) olarak ifade edilmektedir.

$$Q_p = q_p \times A \times 10^{-3} \quad (6.23)$$

Burada;

$Q_p$ = Hidrografın pik debisidir ( $m^3/sn/mm$ )

$$V_b = A \times h_a \times 10^3 \quad (6.24)$$

Burada;

$h_a$ = 1 mm'lik yağış,

$V_b$ = Birim hacimdir ( $m^3$ ).

$$T = 3,65 \times \frac{V_b}{Q_p} \quad (6.25)$$

Burada;

$T$ = Birim hidrograf süresidir. Ancak burada elde edilen süre sn olup saate çevrilerek işlemler yapılmaktadır.  $T_p$  (pik süre) ise aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$T_p = \frac{T}{5} \quad (6.26)$$

Yukarıdaki formülizasyon sırası takip edildikten sonra 24 saat süreli yağış-süre-tekerrür değerleri, plüviyograf sayısı ve maksimize faktörü (1.13) ile çarpılmaktadır. Elde edilen düzeltilmiş yağış değerlerinden “h akış katsayıları” belirlenmektedir. H akış katsayıları 2 yöntem ile belirlenebilmektedir. Denklem (6.27)'nin kullanılmasıyla elde edilebilmekte veya EK'deki eğri no kullanılarak yağış-akış abağından okunabilmektedir. Son olarak her bir tekerrür yılı için ayrı ayrı bulunan akış katsayıları ile pik debi çarpılarak taşkın debileri hesaplanmış olmaktadır.

$$h_{akis} = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (6.27)$$

$$Q = Akış\ katsayısı \times Q_p \quad (6.28)$$

### 6.2.2.2. Mockus yöntemi

Mockus yönteminde hidrograflar üçgen şeklinde olup hesap ve çizim kolaylığı sağlamaları nedeniyle tercih edilmektedir (Koca, 2014). Üzerinde akım gözlem istasyonunun olmadığı ya da uzun yıllara dayalı kayıtlı verilerin bulunmadığı bölgelerde bu yöntem uygulanabilmektedir. Mockus (süperpozesiz) yönteminde, suların toplanma zamanının ( $t_c$ )<30 saat olan drenaj havzalarında kullanılabilir.  $t_c$ 'nin 30 saatten büyük olması halinde drenaj alanı tali parçalara ayrılmaktadır. Her bir ayrılan bölge için ayrı ayrı çizilecek hidrografların, geciktirme zamanları dikkate alınarak süperpoze edilmektedir. Bu yöntemde kullanılan denklemler aşağıda sırasıyla verilmiştir (Taşkın Koruma Raporu).

$$T_c = 0,00032 \times \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (6.29)$$

Burada;

$T_c$  = Suların toplanma zamanı (sa),

L= Akarsu kol boyu (m),

S= Harmonik meyil olarak ifade edilmektedir.

$$D = 2\sqrt{T_c} \quad (6.30)$$

Burada;

D= Taşkını meydana getiren yağış süresidir (sa).

$$T_p = (0,5 \times D) + (0,6 \times T_c) \quad (6.31)$$

Burada;

$T_p$  = Hidrografın yükselme zamanıdır (sa).

$$T_r = 1.67 \times T_p \quad (6.32)$$

Burada;

$T_r$  = Hidrografın alçalma zamanıdır (sa).

$$T_b = T_p + T_r \quad (6.33)$$

Burada;

$T_b$  = Hidrografın taban süresidir (sa).

$$Q_p = \frac{K \times A \times h_a}{T_p} \quad (6.34)$$

Burada;

$Q_p$  = Havzaya uyarlanan birim hidrograf pik debisi (m<sup>3</sup>/sn),

K=Havza katsayısı,

$h_a$ = 1 mm'lik yağışı ifade etmektedir.

Bu aşamadan sonra 24 saatlik yağış yinelemeleri, D'ye karşılık gelen plüviyograf sayısı ve maksimize faktörü (1.13) ile çarpılmaktadır. Elde edilen düzetilmiş yağış değerlerinden “h akış katsayıları” belirlenmektedir. H akış katsayıları 2 yöntem ile belirlenebilmektedir. Denklem (6.27)'nin kullanılmasıyla elde edilebilmekte veya EK'deki eğri no kullanılarak yağış-akış abağından okunabilmektedir. Son olarak her bir tekerrür yılı için ayrı ayrı bulunan akış katsayıları ile pik debi çarpılarak taşkın debileri hesaplanmış olmaktadır.

$$Q = \text{Akış katsayısı} \times Q_p \quad (6.28)$$

### 6.2.2.3. Snyder yöntemi

Bu yöntem, Snyder (1938) tarafından sentetik birim hidrograf bulma yöntemlerinden biri olarak kullanılmıştır. Bu yöntemde, Sneyder A.B.D.'de Appalaş dağlarının bulunduğu yüksek bölgelerde bulunan havzalara ait birim hidrografları inceleyerek standart bir birim hidrografın tanımlamasını yapmıştır (Usul, 2013).

$$t_p = 0.75 \times C_t \times (L \times L_c)^{0.3} \quad (6.35)$$

Burada;

$t_p$  = Standart birim hidrograf için havza gecikmesi (sa),

$C_t$  = Havzanın zeminine bağlı katsayıdır.

Birim hidrograf için etkili yağış süresi  $t_r$  ile havza gecikmesi  $t_p$  arasındaki ilişki ise denklem (6.36)'da belirtilmiştir.

$$t_r = \frac{t_p}{5.5} \quad (6.36)$$

$$q_p = \frac{2.75 \times C_p}{t_p} \quad (6.37)$$

Burada;

$q_p$  = Standart birim hidrografın birim alana göre pik debisi ( $m^3/sn/km^2$ ),

$C_p$  = Havzanın karakteristiğine bağlı olan katsayıdır.

Havzaya ait birim hidrografın bulunabilmesi için yukarıda belirtilmiş havza parametrelerinin ( $C_t$  ve  $C_p$ ) bilinmesi gerekmektedir. Ancak, daha önce ölçüm yapılmamış bir havza için bu parametreler bilinmemektedir. Bu durumda, hidrolojik açıdan benzer ve daha önceden ölçüm yapılmış bir havzaya ait parametreler kullanılabilir. Denklem (6.36)'da belirtilmiş olduğu üzere; etkili yağış süresi ( $t_r$ ) ile havza gecikmesi ( $t_p$ ) arasındaki ilişkinin 5.5 olmaması durumunda ( $t_{pR} \neq 5.5$ ), standart havza gecikmesi denklem (6.38)'de belirtilmiştir.

$$t_p = t_{pR} + 0.25(t_r - t_R) \quad (6.38)$$

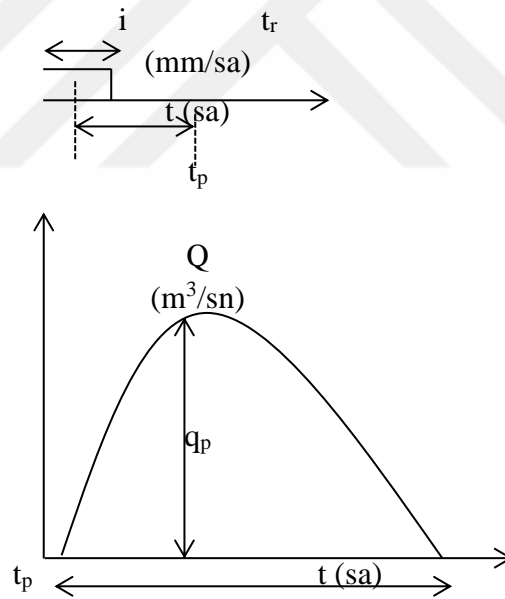
Denklem (6.37) ve (6.39) birlikte çözülmesi ile  $t_r$  ve  $t_p$  elde edilmektedir. Sonrasında  $q_{pR}=q_p$  ve  $t_{pR}=t_p$  alınarak  $C_t$  ve  $C_p$  elde edilmektedir. Bu değerler hidrolojik açıdan benzer olan, öncesinde ölçüm yapılmamış başka bir havzanın birim hidrografını elde

etmede kullanılabilir. Burada aranan, hidrografın pik debisi  $q_{pR}$  ile  $q_p$  arasındaki ilişki denklem (6.39)'da belirtilmiştir.

$$q_{pR} = \frac{q_p \times t_p}{t_{pR}} \quad (6.39)$$

$$t_b = \frac{5.56}{q_{pR}} \quad (6.40)$$

Yukarıdaki denklemler yardımıyla başlangıcı, pik debisi ve hidrografın taban süresi bilinen hidrograf çizilebilmektedir. Hidrografın çizim aşamasında genişliğin 1/3'ten öncesi pik süreden önce 2/3 ise pik süreden sonrasını belirtmektedir (Usul, 2013). Bu yöntemin uygulanabilmesi için drenaj alanının 1000 km<sup>2</sup>'den büyük olması gerekmektedir. Şekil 6.1.'de Sneyder sentetik birim hidrografı gösterilmiştir.



Şekil 6. 1. Sneyder'in sentetik birim hidrografı (Uusul, 2013)

#### 6.2.2.4. Rasyonel yöntem

Yöntemin temel prensibi; havzaya ait toplanma zamanına eşit zamanlı, sabit şiddetli homojen yağın bir yağışın maksimum pik debiyi meydana getirmesine dayanmaktadır. Yeteri kadar akım ölçümü olmayan yan derelerin, yüzeysel drenaj

kanallarının kapasite hesaplamasında kullanılmaktadır. Yöntemin pratikte uygulanması için drenaj alanının 1 km<sup>2</sup>'den küçük olması gerekmektedir. Bunun yanında, yöntem düz alanlar için daha gerçekçi sonuç vermekte olup, meyilli alanlarda uygun sonuç vermemektedir. Bu yöntemde kullanılacak denklemler aşağıda verilmiştir.

$$K = L^{3/2} \times H^{1/2} \quad (6.41)$$

Burada;

L= Yatak veya kanal uzunluğu (m),

H= Yatak veya kanalın başı ile sonu arasındaki kot farkıdır (m).

$$T_c = 0,02 \times K^{0,77} \quad (6.42)$$

Burada;

T<sub>c</sub>= Konsantrasyon zamanıdır (dk).

Denklem (6.42) yardımıyla konsantrasyon zamanı dakika olarak hesaplanmaktadır. Bu değer; yağış süresi olarak kabul edilerek, bölgeye ait yağış-süre-tekerrür eğrilerinden tekerrür süresine bağlı olarak grafiğin düşey ekseninden yağış şiddet olarak bulunmaktadır.

Mecra yüksekliği ve uzunluğu yardımıyla suların toplanma süresi (t<sub>c</sub>) bulunmaktadır. Ardından, tekerrür aralığına göre yağış miktarı meteoroloji istasyonundan alınarak abakta işaretleme yapılır ve toplanma süresi ile birleştirilerek yağış süresi bulunmaktadır.

$$Q = \frac{c \times i \times A}{360} \quad (6.43)$$

Burada;

Q= Pik debi (m<sup>3</sup>/sn),

C= Akış katsayısı,

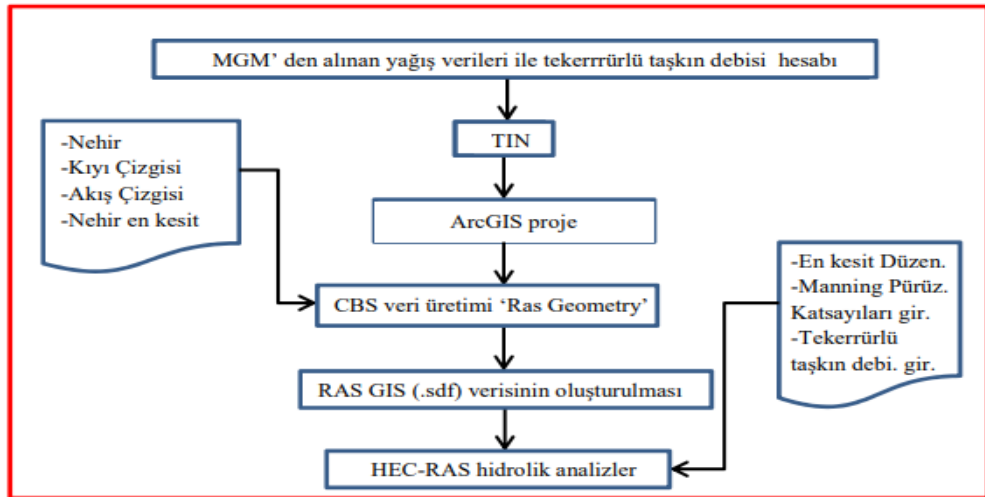
İ=Bölge için maksimum yağış miktarı,



A=Havza alanıdır (ha).

### 6.3. Hidrolik Modelleme

Taşkın haritalarının üretilmesinde, muhtemel taşkın debileri hesaplandıktan sonra hidrolik modelleme yapılmaktadır. Havza alanlarındaki yayılımın belirlenmesinde ve diğer pek çok hidrolik analizlerde kullanılması için, çeşitli modelleme programları bulunmaktadır. Yaygın olarak ise Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından geliştirilmiş olan MIKE 11 ile Birleşik Devletler Mühendisler Birliği Ordusu (USACE) tarafından geliştirilmiş olan HEC-RAS kullanılmaktadır. Çalışmaya konu olan Küçücek Deresi için ise bu Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımlarından HEC-RAS'ın kullanımı tercih edilmiştir. Çalışmada, ArcGIS tabanında çalışan HEC-GeoRAS'ta gerekli geometrik veriler hazırlanmıştır. Sonrasında, elde edilen bu veriler ile HEC-RAS'ta analizler yapılmış ve sonuçları HEC-GeoRAS'a aktararak taşkın sırasında su altında kalabilecek bölgeler haritalandırılmıştır. Çalışmanın aşamaları Şekil 6.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Çalışma diyagramı

Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak taşkın yayılım haritalarının oluşturulduğu bu çalışmada kullanılan yazılımlar;

- 1) ArcGIS 10.2,
- 2) Hec-GeoRas,

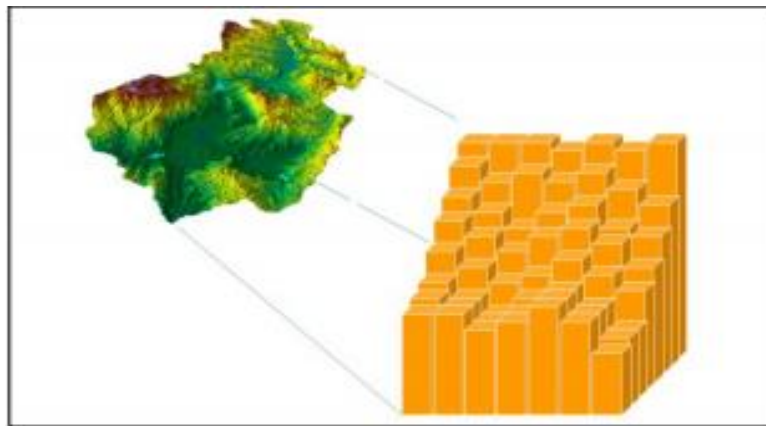
### 3) HEC-RAS 4.1

#### 6.3.1. HECRAS hakkında genel bilgiler

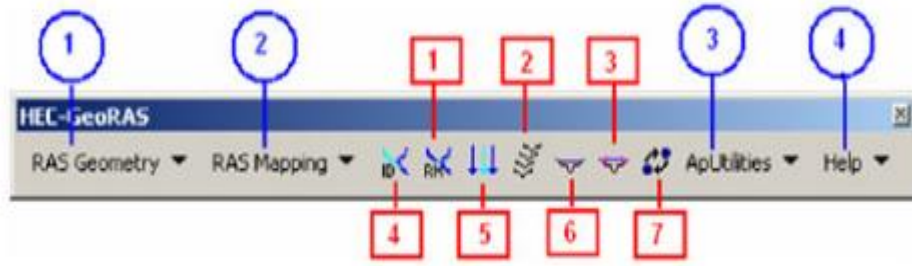
HEC-RAS 1 boyutlu model olup; düzenli akımları, düzensiz akımları, katı madde taşınmasını ve su kalitesini modelleyebilmektedir.

#### 6.3.2. HEC-GeoRas hakkında genel bilgiler

HEC-RAS'ta gerekli hidrolik analizlerin yapılabilmesi için öncelikle çalışma alanının Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulması gerekmektedir. ArcGIS uzantısı olarak çalışan HEC-GeoRAS vasıtasıyla coğrafi dataların toparlanabilmesi için TIN (Üçgenleşmiş Düzensiz Ağ) formunda SYM ihtiyaç duyulmaktadır. Sayısal Yükseklik Modeli yeryüzünün daimi şekilde farklılık gösteren topoğrafik yüzeyini 3 boyutlu olarak gösteren bir yapıdır. SYM bu nedenle 3 boyutlu bilgisayar uygulamalarında asıl veri kaynağıdır. SYM, raster veri özelliğine sahiptir. Bu model, düzenli ya da düzensiz aralıklar ile yapılmış fazla sayıda yükseklik ölçümünden oluşması nedeniyle arazi yüzeyini en uygun şekilde simgelemektedir (Sargın, 2013). SYM'nin hücresel boyutu yükseklik değerlerine sahip, piksel dağılım olarak Şekil 6.3.'te gösterilmiştir. Bu şekilden anlaşılacağı üzere her bir piksel sahip olduğu yükseklik değeri baz alınarak gösterilmektedir. Şekil 6.4.'de Hec-GeoRAS'a ait ana menüler ve alt menüler ile açıklama kısmında bu menülerin işlevleri belirtilmiştir.



Şekil 6.3. Sayısal Yükseklik Modeli'nin hücresel boyutu (Sargın, 2013)



Şekil 6.4. HEC-GeoRAS ana menüleri ve alt menüler

a) Ana Menülerin işlevleri aşağıda belirtilmiştir.

- 1 Ras Geometri: HEC-RAS'a aktarılabacak verilerin ön işlemleri gerçekleştirmektedir.
- 2 Ras Harita: Taşkın sırasında sular altında kalabilecek muhtemel alanları belirleyebilmek için HEC-RAS'tan elde edilen analiz sonuçlarını CBS ortamında işlenerek haritalanmasını sağlamaktadır.
- 3 Diğer Hizmetler: Çalışacak klasörün belirlenmesini sağlamaktadır.
- 4 Yardım

b) Yardımcı Menülerin işlevleri aşağıda belirtilmiştir.

- 1 Nehir kollarının birleşme düğüm noktalarını belirlemekte,
- 2 Akarsu yatağına dik doğrultuda belirli aralıklar ile kesitler hazırlamakta,
- 3 Enterpolasyon için yükseklik değerleri girilmekte,
- 4 Nehri isimlendirmekte,
- 5 Akış yolu için tip belirlemekte,
- 6 Belirlenen en kesiti çizmekte,
- 7 HEC-RAS analizleri elde edilen SDF formatlı dosyayı XML dosyasına dönüştürmektedir (Sargın, 2013).

### 6.3.3. Verilerin HEC-GeoRas'tan hecras'a aktarılması

HEC-Georas; hidrolik analizlerin yapılabilmesi için verilerin hazırlandığı ve haritalamanın yapıldığı ArcGIS ile hidrolik analizlerin yapıldığı HEC-RAS arasında

köprü vazifesi gören bir ara modüldür (HEC,2009). ArcGIS ile uyumlu çalışan bu yazılım ile akarsuya ait; anakol ve buna bağlı yan kollar, enkesitler, akarsu üzerinde mevcut olan taşkın koruma yapıları, sanat yapıları vb. yapıların tanımlanmasına olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte; akış güzergahı, sağ ve sol sahillere de tanımlanabilmektedir. Çalışma alanının görselleştiği bu yazılımda, tüm topoğrafik verilerin güncel olması önemlidir. Kullanılacak topoğrafik haritaların mümkün olan en büyük ölçekli olanları ile çalışılması, çalışma alanına ait birçok detayı ortaya koyacağından daha gerçekçi sonuçların ve daha net görüntülerin elde edilmesini sağlamaktadır.

HEC-RAS'ta hidrolik analizin gerçekleştirileceği altlık için; öncelikle ArcGIS'te gerekli katmanlar oluşturulmaktadır. Çalışılacak akarsuya ait nehir çizgisi, kıyı çizgisi, akış yolu ve enkesit çizilmektedir. Yapılan çizimler mansaptan membaya olacak şekildedir. Hazırlanmış olan altlık HEC-RAS'a Export RAS Data komutu ile aktarılmaktadır. HEC-GeoRAS'ın bu aşamasında, HEC-RAS'ta kullanılan "GIS2RAS" dosyası oluşmaktadır.

#### **6.3.4. Hidrolik analizlerin hec-ras'ta gerçekleştirilmesi**

HEC-RAS; 1 boyulu, sürekli ve süreksiz akımların su yüzeylerinin hesaplandığı bir yazılımdır. Bu yazılımda yapılan işlemler;

- 1) Geometri Düzenleme:
  - ArcGIS ortamında HEC-GeoRAS yardımıyla sayısallaştırılmış arazi verisini HEC-RAS'ta kullanılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.
  - Birim Değiştirme: SI ya da US birim sistemleri mevcut olup, bu çalışmada SI (metrik sistem) seçilmiştir.
  - Manning Pürüzlülük Katsayısının Belirlenmesidir.
- 2) Akım Şartlarının Düzenleme:
  - Düzenli Akım: Akım alanı içinde herhangi bir noktadaki akım hızının büyüklük ve yönünün zamanla değişmemesidir.

- Düzensiz Akım: Herhangi bir noktadaki akım hızının ve yönünün zaman içerisinde değişmesidir. Düzenli ve düzensiz akımda ana ölçüt zamandır.
- Ünitiform Akım: Akım alanı içerisindeki her noktadaki hızın büyüklük ve yönünün aynı olmasıdır.
- Ünitiform Olmayan Akım: Akım alanı içerisindeki her noktadaki hızın büyüklük ve yönünün farklı olmasıdır. Açık kanalların sınıflandırılması ve bu kanallarda görülebilen akım tipleri Tablo 6.2. ile Tablo 6.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 6.2. Açık kanal akımların sınıflandırılması (Sargın, 2013)

	Düzenli	$h \neq f(t)$	Su derinliği zamanla değişmez
AKIM	Düzensiz	$h = f(t)$	Su derinliği zamanla değişir.
	Ünitiform	$h \neq f(x)$	Kanal boyunca su derinliği değişmez.
AKIM	Ünitiform Olmayan	$h = f(x)$	Kanal boyunca su derinliği değişir.

Tablo 6.3. Açık kanallarda oluşabilecek akım tipleri (Sargın, 2013)

Ünitiform Düzenli Akım	$h \neq f(x)$ $h \neq f(t)$	Zamanla ve konumla su derinliği değişmez.
Ünitiform Düzensiz Akım	$h \neq f(x)$ $h = f(t)$	Su derinliği konumla değişmez ancak zamanla değişir.
Ünitiform Olmayan Düzenli Akım	$h = f(x)$ $h \neq f(t)$	Su derinliği konumla değişir ancak zamanla değişmez.
Ünitiform Olmayan Düzensiz Akım	$h = f(x)$ $h = f(t)$	Su derinliği hem konumla hem zamanla değişir.

Akım Profil Sayısı: Tekerrürlü taşkın debilerinin sayıları belirlenmektedir.

Akım Miktarı: Debi değeri  $m^3/sn$  olarak belirtilmektedir.

Akım Sınır Şartları: Kritik, Normal veya bilinen su yüzeyi değerlerinden birisi seçilmektedir. Genel olarak, Normal derinlik seçeneği kullanılmaktadır

### 3) Akım Analizi:

Akım Rejimi, belirlenirken “*Froude Sayısı (Fr)*” kullanılmaktadır.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (6.44)$$

Burada;

$F_r$ =Froude Sayısı,

$V$ =Akımın hızı (m/sn),

$g$ = Yerçekimi ivmesi (m/sn<sup>2</sup>),

$h$ = Su derinliğidir (m).

Froude Sayısı'nın 3 durumuna göre akım rejimi belirlenmektedir;

$F > 1$  → Sel Rejimi: Akım hızı yüksek olup, sel karakterindedir. Akımda mamba şartları hâkimdir.

$F = 1$  → Kritik Rejim: Bu durumda enerji minimum olmaktadır.

$F < 1$  → Nehir Rejimi: Bu durumda yerçekimi kuvveti akımda etkin olup, hız düşüktür.

HEC-RAS'ta; çalışmada kullanılmış olan ve topoğrafik harita ile elde edilen TIN haritası, su yüzeylerinin kotları baz alındığında dere yatağını uygun olarak temsil edememektedir. Bu nedenle; HEC-RAS'ta dere yatağı düzenlemesi gerekmektedir. Bütün enkesitlerde yapılan düzenleme ardından; nehir, sağ ve sol taşkın yatağı için "Manning Pürüzlülük Katsayıları" programda kullanılmaktadır. Çalışmada, akımın kararlı akım olduğu (zamana bağlı değişmediği) varsayımı yapılmıştır. Bir boyutlu yapılan modelleme çalışmalarında denklem 6.45'te belirtilmiş olan "Süreklilik Denklemi" kullanılmaktadır.

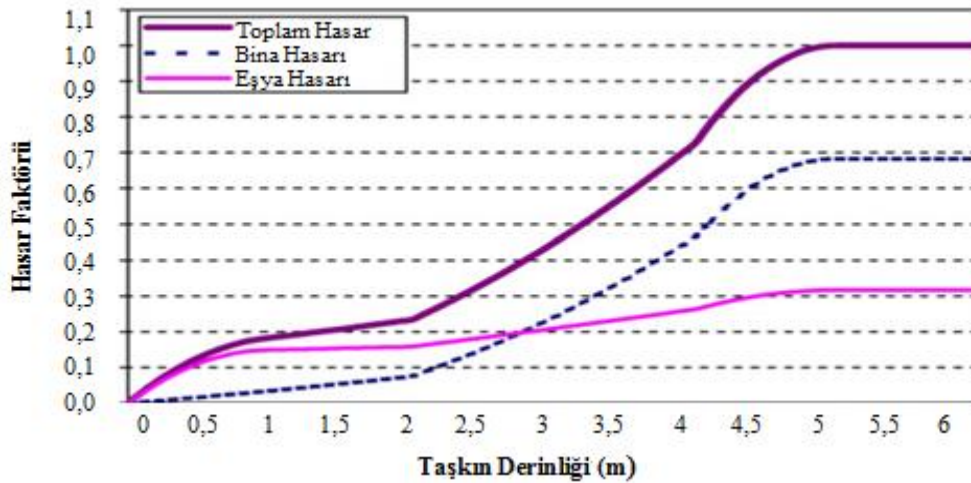
$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_0 \quad (6.45)$$

#### **6.4. Hasar Faktörü Fonksiyonunu Kullanarak Yapılarda Meydana Gelebilecek Ekonomik Kaybın Belirlenmesi**

Taşkınlar can ve mal kaybının sıklıkla yaşandığı doğal afetlerden birisidir. Dolayısıyla bu afete karşı yapıyı ya da yapısız önlemler alınmaktadır. Bütünleşik afet yönetiminin temelini oluşturan tehlike ve risklerin belirlenmesi bu bağlamda önem arz etmektedir. Doğal afetlere karşı sigortalama işlemleri için risk değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu nedenle, taşkından etkilenebilecek alanların ve tekerrür yıllarına

bağlı su derinliklerinin belirtildiği taşkın yayılım haritaları büyük öneme sahiptir. Risk yönetiminin önemli bir bileşeni olan afet sigortası için su derinliğine bağlı hasar faktörü ile ekonomik kayıp belirlenebilmektedir.

Jonkman ve arkadaşları (2008) tarafından yürütülen çalışmada; dünyanın birçok bölgesinde gerçekleşmiş taşkın olaylarında su derinliğine bağlı yapı ve içindeki eşyalara ait hasar faktörü arasındaki ilişki incelenmiştir (Şekil 6.5.). Hasar faktörü, taşkın suları etkisinde kalan yapıların toplam maliyetinin yüzde kaç oranında etkilenebileceğini belirtmektedir (Jonkman ve ark., 2008; Taş ve ark., 2016.)



Şekil 6.5. Taşkın derinliği-hasar faktörü ilişkisi (Jonkman ve ark., 2008)

Bu çalışmada Akyazı Küçük Sanayi Bölgesi'nde fabrikaların bulunduğu kısım ele alınmıştır. Analizlerin fabrikaların bulunduğu kısım için gerçekleştirilmesi nedeniyle taşkın derinliği-hasar faktörü fonksiyonunda sadece yapı hasarı dikkate alınmış, eşya hasarı hesaba katılmamıştır.

Taşkına maruz kalan yapıların zarar maliyeti hesaplanırken Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018) yapı yaklaşık birim fiyat cetveli kullanılmıştır. Çalışma bölgesindeki yapılar IV. sınıf A grubu (1016 TL/m<sup>2</sup>) olduğu öngörülmüş ve yapıların yıpranma payı %25 olarak alınmıştır. Bu sayede; ıslah projesi öncesinde bölgede taşkına maruz kalan yapıların 100, 200 ve 500 tekerrür yıllarındaki taşkın zarar analizleri gerçekleştirilmiştir.

### 6.5. Islah Sonrası Derenin Taşıma Kapasitesi Hesabı

Kesit özellikleri bilinen serbest yüzeyle akımlarda kanaldan geçen akımın debisinin ve hızının belirlenmesinde Manning formülü kullanılmaktadır.

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times J^{1/2} \times A \quad (6.46)$$

Burada;

Q= Debi (m<sup>3</sup>/sn),

n= Manning pürüzlülük katsayısı,

R= Hidrolik yarıçap (m),

J= Kanal taban eğimi,

A= Alan (m<sup>2</sup>) olarak ifade edilmektedir.



## BÖLÜM 7. UYGULAMA

### 7.1. Günlük Maksimum Yağışların Ekstrem Dağılım Hesabı

Çalışma kapsamında, Sakarya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden, Sakarya/17069 no'lu MGI'ye ait yıllık maksimum yağış verileri temin edilmiştir. Tablo 7.1.'de olasılık dağılımlarında kullanılan parametreler belirtilmiştir.

Tablo 7.1. 17069 no'lu MGI'ye ait yağış verileri (MGM, 2017)

Sıra No	X Değerleri	Ln(x)	Log (x)	(Log(x)-Log( $\bar{x}$ ))^2	(Log(x)-Log( $\bar{x}$ ))^3
1	49,2	3,895894	1,691965	0,00011374	-1,21303E-06
2	48,4	3,8795	1,684845	0,000316293	-5,62516E-06
3	41,2	3,718438	1,614897	0,007697041	-0,000675283
4	68,5	4,226834	1,835691	0,017705116	0,002355853
5	49,3	3,897924	1,692847	9,57087E-05	-9,36326E-07
6	64	4,158883	1,80618	0,010722597	0,001110325
7	52,3	3,956996	1,718502	0,000251911	3,99825E-06
8	57	4,043051	1,755875	0,002835015	0,00015095
9	51,7	3,945458	1,713491	0,000117951	1,28102E-06
10	94,4	4,547541	1,974972	0,074170162	0,02019965
11	127	4,844187	2,103804	0,160940354	0,064565041
12	50	3,912023	1,69897	1,33956E-05	-4,90277E-08
13	34	3,526361	1,531479	0,029292693	-0,005013476
14	42,9	3,758872	1,632457	0,004924209	-0,000345545
15	29,7	3,391147	1,472756	0,052841849	-0,012146944
16	60,3	4,099332	1,780317	0,006035318	0,000468868
17	62	4,127134	1,792392	0,008057161	0,000723224
18	110	4,70048	2,041393	0,114760157	0,038876459
19	54,8	4,00369	1,738781	0,001306863	4,72438E-05
20	15,9	2,766319	1,201397	0,251234396	-0,125926939
21	45,8	3,824284	1,660865	0,001744275	-7,28488E-05
22	53,3	3,975936	1,726727	0,000580675	1,39927E-05
23	31,8	3,459466	1,502427	0,040081193	-0,00802437
24	44,8	3,802208	1,651278	0,002637026	-0,000135417

Tablo 7.1. (devamı)

Sıra No	X Değerleri	Ln(x)	Log (x)	(Log(x)-Log( $\bar{x}$ ))^2	(Log(x)-Log( $\bar{x}$ ))^3
25	39,3	3,671225	1,594393	0,011715346	-0,001268039
26	28,2	3,339322	1,450249	0,063696114	-0,016075682
27	30,3	3,411148	1,481443	0,048923853	-0,010821339
28	50,2	3,916015	1,700704	3,71057E-06	-7,1476E-09
29	55,6	4,018183	1,745075	0,00180156	7,64669E-05
30	52,2	3,955082	1,717671	0,000226217	3,40241E-06
31	64	4,158883	1,80618	0,010722597	0,001110325
32	42,4	3,747148	1,627366	0,005664691	-0,000426348
33	39,5	3,676301	1,596597	0,011242977	-0,001192125
34	46,5	3,839452	1,667453	0,001237425	-4,35289E-05
35	58,8	4,074142	1,769377	0,004455206	0,000297373
36	40,4	3,69883	1,606381	0,0092638	-0,000891628
37	46,8	3,845883	1,670246	0,001048733	-3,39623E-05
38	36,6	3,600048	1,563481	0,01936242	-0,00269426
39	98	4,584967	1,991226	0,083287695	0,024036502
40	37,2	3,616309	1,570543	0,017446991	-0,002304522
41	93,7	4,540098	1,97174	0,072419972	0,019488909
42	42,5	3,749504	1,628389	0,005511736	-0,000409197
43	55	4,007333	1,740363	0,001423756	5,37221E-05
44	46,9	3,848018	1,671173	0,000989553	-3,11285E-05
45	40,4	3,69883	1,606381	0,0092638	-0,000891628
46	47,4	3,858622	1,675778	0,000721012	-1,93604E-05
47	48	3,871201	1,681241	0,000457479	-9,78491E-06
48	88,1	4,478473	1,944976	0,058731539	0,014233348
49	38,7	3,65584	1,587711	0,013206385	-0,001517665
50	48	3,871201	1,681241	0,000457479	-9,78491E-06
51	82,3	4,410371	1,9154	0,045271003	0,009632304
52	43,2	3,76584	1,635484	0,004508619	-0,000302737
53	40,8	3,708682	1,61066	0,008458451	-0,000777922
54	60,5	4,102643	1,781755	0,006260825	0,00049539
55	43,8	3,779634	1,641474	0,003740043	-0,000228726
56	41,6	3,7281	1,619093	0,006978375	-0,00058295
57	38,7	3,65584	1,587711	0,013206385	-0,001517665
58	39,8	3,683867	1,599883	0,010556931	-0,001084692
59	43,9	3,781914	1,642465	0,003619885	-0,000217792
60	39,2	3,668677	1,593286	0,011956096	-0,001307327
61	69	4,234107	1,838849	0,018555641	0,002527633
62	40,3	3,696351	1,605305	0,009472147	-0,000921876
63	25,6	3,242592	1,40824	0,086665493	-0,025513457
64	67,1	4,206184	1,826723	0,015398954	0,001910895
65	59,9	4,092677	1,777427	0,005594565	0,000418456

Tablo 7.1. (devamı)

Sıra No	X Değerleri	Ln(x)	Log (x)	(Log(x)-Log( $\bar{x}$ ))^2	(Log(x)-Log( $\bar{x}$ ))^3
66	127,7	4,849684	2,106191	0,162861398	0,065724492
67	50,3	3,918005	1,701568	1,12788E-06	-1,19782E-09
68	39,3	3,671225	1,594393	0,011715346	-0,001268039
69	93,7	4,540098	1,97174	0,072419972	0,019488909
70	47,7	3,864931	1,678518	0,00058137	-1,40178E-05
71	60,7	4,105944	1,783189	0,006489703	0,000522802
72	86,4	4,458988	1,936514	0,054701605	0,012793816
73	52,8	3,966511	1,722634	0,000400157	8,00471E-06
74	34,8	3,549617	1,541579	0,025937346	-0,004177229
75	68,2	4,222445	1,833784	0,01720147	0,002256048
76	52,2	3,955082	1,717671	0,000226217	3,40241E-06
77	26,6	3,280911	1,424882	0,077144153	-0,021426662
78	53,4	3,977811	1,727541	0,000620571	1,54592E-05
79	47	3,850148	1,672098	0,000932212	-2,84624E-05
80	69,8	4,245634	1,843855	0,01994462	0,002816687
81	63,3	4,147885	1,801404	0,009756246	0,000963661

Tablo 7.1.'den elde edilen değerler ile olasılık dağılımlarının istatistiki parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler Tablo 7.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 7.2. Olasılık dağılımlarında kullanılan istatistiki parametreler

Yıl Sayısı	81
Lineer Çarpıklık Katsayısı	1.5456432
Logaritmik Çarpıklık Katsayısı	0.191665
Lineer Ortalama	53.859259
Lineer Standart Sapma	21.170225
Logaritmik Ortalama	1.70263
Logaritmik Standart Sapma	0.156242

Yağışların düzensiz olması hidrolojik büyüklüklerin birçoğunun rastgele değişken özelliği göstermesine neden olmaktadır. Uzun yıllara dayanan yağış kayıtlarının bulunması nedeniyle ekstrem yağışlar hesaplanırken İstatistiki Yöntemler kullanılmıştır. Çalışmada, bu yöntemlerden literatürde sıklıkla kullanılan Normal, Log Normal, Log Pearson Tıp III, Gummel ve Pearson olasılık dağılım fonksiyonları

ile ekstrem yağışlar hesaplanmıştır. Normal dağılımın Tablo 7.1.'de verilen değerlere uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar Tablo 7.3.'te belirtilmiştir.

Tablo 7.3. 17069 no'lu MGİ verilerine Normal dağılımın uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar

<b>T</b>	<b>P (1/T)</b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>σ<sub>x</sub></b>	<b>K<sub>T</sub></b>	<b>X<sub>T</sub></b>
2	0.5	53.859259	21.170225	0	53.85926
5	0.2	53.859259	21.170225	0.838559	71.61175
10	0.1	53.859259	21.170225	1.281278	80.98421
25	0.04	53.859259	21.170225	1.756694	91.04886
50	0.02	53.859259	21.170225	2.063623	97.54663
100	0.01	53.859259	21.170225	2.337278	103.34
200	0.005	53.859259	21.170225	2.58362	108.5551
500	0.002	53.859259	21.170225	2.873799	114.6982

Log Normal dağılımın Tablo 7.1.'de verilen değerlere uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar Tablo 7.4.'te belirtilmiştir.

Tablo 7.4. 17069 no'lu MGİ verilerine Log- Normal dağılımın uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar

<b>T</b>	<b>P (1/T)</b>	<b>K<sub>T</sub></b>	<b>Ln (σ<sub>x</sub>)</b>	<b>Ln (M<sub>x</sub>)</b>	<b>Y<sub>p</sub></b>	<b>X<sub>T</sub></b>
2	0.5	0	0.359761	3.92045	3.92045	50.42313
5	0.2	0.838559	0.359761	3.92045	4.222131	68.17862
10	0.1	1.281278	0.359761	3.92045	4.381404	79.9502
25	0.04	1.756694	0.359761	3.92045	4.55244	94.86359
50	0.02	2.063623	0.359761	3.92045	4.662861	105.9388
100	0.01	2.337278	0.359761	3.92045	4.761311	116.8991
200	0.005	2.58362	0.359761	3.92045	4.849936	127.7322
500	0.002	2.873799	0.359761	3.92045	4.954331	141.7877

Log-Pearson Tip III dağılımının Tablo 7.1.'de verilen değerlere uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar Tablo 7.5.'te belirtilmiştir.

Tablo 7.5. 17069 no'lu MGİ verilerine Log-Pearson Tip III dağılımın uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar

T	P (1/T)	Z <sub>p</sub>	KSP(C <sub>sx</sub> )	Y <sub>p</sub>	X <sub>p</sub>
2	0.5	0	-0.03191	1.697644	49.84758
5	0.2	0.838559	0.827578	1.831932	67.90979
10	0.1	1.281278	1.299857	1.905722	80.48636
25	0.04	1.756694	1.821521	1.987228	97.10199
50	0.02	2.063623	2.166388	2.041111	109.9286
100	0.01	2.337278	2.47927	2.089996	123.0258
200	0.005	2.58362	2.765317	2.134689	136.3605
500	0.002	2.873799	3.107647	2.188175	154.2322

Gummel dağılımın Tablo 7.1.'de verilen değerlere uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar Tablo 7.6.'da belirtilmiştir. Gumbel dağılımında kullanılan  $\alpha$  (ölçek parametresi) ve  $u$  (yer parametresi) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\alpha = 16.50642$$

$$u = 44.33175$$

Tablo 7.6. 17069 no'lu MGİ verilerine Gumbel dağılımın uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar

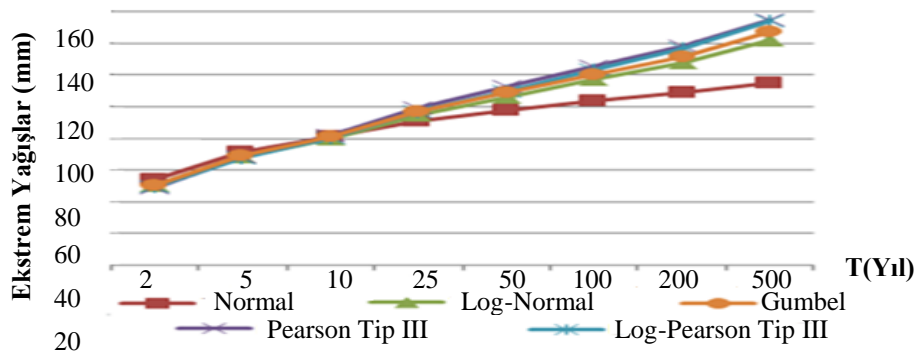
T	F(1-1/T)	M <sub>x</sub>	K	$\sigma_x$	X <sub>T</sub>
2	0.5	53.859259	-0.164	21.170225	50.38767
5	0.8	53.859259	0.719	21.170225	69.08065
10	0.9	53.859259	1.305	21.170225	81.486403
25	0.96	53.859259	2.044	21.170225	97.131199
50	0.98	53.859259	2.592	21.170225	108.73248
100	0.99	53.859259	3.137	21.170225	120.27025
200	0.995	53.859259	3.679	21.170225	131.74451
500	0.998	53.859259	4.395	21.170225	146.90239

Pearson dağılımının Tablo 7.1.'de verilen değerlere uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar Tablo 7.7.'de, farklı olasılık dağılımlarını kullanarak hesaplanan ekstrem yağışlar Şekil 7.1.'de belirtilmiştir.

Tablo 7.7. . 17069 no'lu MGİ verilerine Pearson dağılımının uygulanmasıyla elde edilen ekstrem yağışlar

T	P (1/T)	M <sub>x</sub>	K	σ <sub>x</sub>	X <sub>p</sub>
2	0.5	53.859259	-0.24089	21.170225	48.75956
5	0.2	53.859259	0.672233	21.170225	68.09059
10	0.1	53.859259	1.317347	21.170225	81.7478
25	0.04	53.859259	2.152518	21.170225	99.42855
50	0.02	53.859259	2.776556	21.170225	112.6396
100	0.01	53.859259	3.392795	21.170225	125.6855
200	0.005	53.859259	3.998129	21.170225	138.5006
500	0.002	53.859259	4.775472	21.170225	154.9571

FEMA 17/B bülteninde taşkın debisi hesabında Log Pearson Tıp III dağılımının kullanılması gerektiğini belirtmiştir. 81 yıllık yağış verilerine uygulanan L- Moment testi sonucunda Log-Pearson Tıp III olasılık dağılım fonksiyonunun uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, diğer olasılık dağılım fonksiyonları ile kıyaslandığında, Log-Pearson Tıp III olasılık dağılım fonksiyonu ile elde edilen yağışların daha yüksek değerlere sahip olması ve taşkınların ekstrem olaylar olması nedeniyle bu yöntem ile elde edilen ekstrem yağışlar debi hesabında kullanılmıştır.



Şekil 7.1. 17069 no'lu MGİ verileri ile farklı olasılık dağılımlarına ve tekerrür dönemlerine göre hesaplanan sonuçların grafiksel olarak gösterimi

## 7.2. Farklı Yağış Akış Yöntemleri ile Tekerrürlü Taşkın Debisi Hesabı

### 7.2.1. Küçücek Deresi anakola ait debilerin hesaplanması

Farklı yineleme yıllarına ait debi hesap yöntemleri “Deterministik” ve “İstatistikî” yöntemler olarak iki’ye ayrılmaktadır (Çelik, 2012). Ancak istatistikî yöntemlerin

kullanılabilmesi için uzun yıllar boyunca kayıt altına alınmış akım verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışma alanına ait kayıtlı akım verilerinin olmaması nedeniyle deterministik yaklaşımlar ile debi hesabı çalışma alanında uygulanmıştır. Tablo 7.8.'de deterministik yöntemlerden bazıları ve kullanım şartlarına yer verilmiştir. Tablo 7.9.'da ise çalışma alanına ait bilgilere yer verilmiştir.

Tablo 7.8. Deterministik yöntemlerin kullanım şartları

Deterministiki Hesap Yöntemleri	Kullanım Şartları
DSİ Sentetik Yöntemi	$A \leq 1000 \text{ km}^2$ $T_p > 2 \text{ sa}$
Mockus Yöntemi	$A \leq 1000 \text{ km}^2$ $T_c < 30 \text{ sa}$
Snyder Yöntemi	$A > 1000 \text{ km}^2$
Rasyonel Yöntem	$A < 1,0 \text{ km}^2$ kırsal alan $A < 0,5 \text{ km}^2$ şehir alan

Tablo 7.9. Çalışma alanına ait bilgiler

Dere Adı	Havza Alanı ( $\text{km}^2$ )	Pik Süre ( $T_p$ )	Suların Toplanma Zamanı ( $T_c$ )
Küçücek Deresi	38.43	3.13	1.88
Karaca Deresi	16.26	2.04	1.30

Çalışma alanına ait yukarıdaki parametrelerden dolayı DSİ Sentetik Yöntem ve Mockus Yöntemleri'nin çalışmada uygulanmasına karar verilmiştir. Bu yöntemlerde havzanın drenaj alanının karakteristik özelliğine bağlı olarak ( $CN_{II}$ ) belirlenmesi gerekmektedir. Çalışma alanının arazi kullanım şekli Tablo 7.10.'da gösterilmiştir. Debi hesabındaki aşama ve debi hesap sonuçları tablolaştırılarak aşağıda sırası ile verilmiştir.

Tablo 7.10. Havza alanında ait arazi kullanımına göre eğri no belirlenmesi (DSİ,2016)

Arazi Kullanılması	Eğri No	Alan %'si	$CN_{II}$
Orman ve Çiftlik	77	80	61,6
Çiftlik Binaları	82	18	14,76
Yollar	87	2	1,74
<b>TOPLAM</b>		<b>100</b>	<b>78</b>

Tablo 7.11.'de Akyazı Küçücek Sanayi Bölgesi'nin Log Pearson Tip III dağılımı ile elde edilen 24 saatlik yağış değerleri belirtilmiştir.

Tablo 7.11. Bölgenin 24 saatlik yağış- süre- tekerrür değerleri

Dağılım Fonk.	Tekerrür (Yıl)						
	2	5	10	25	50	100	200
Log-Pearson Tip III	49.847	67.909	80.486	97.101	109.928	123.025	136.360

Küçücek Deresi Anakolu'nun DSİ Yöntemi ile hesaplanacak debi değerleri için yağış düzenlemesinde kullanılan parametrelere Tablo 7.12.'de yer verilmiştir.

Tablo 7.12. Küçücek Deresi Anakolu DSİ yöntemi için yağış değerlerini düzenleme katsayısı

Uygulanan Yöntem	T (Saat)	%	Maksimize Faktörü	Y.A.D.K.	Plüviyograf Değeri	Son Çarpım
D.S.İ	3	1.00	1.13	0.950	0.57	0.611895

24 saatlik düzenlenmiş yağış değerleri kullanılarak h akış katsayıları hesaplanmaktadır. Bu değerler ile pik debinin çarpılmasıyla elde edilen tekerrürlü taşkın debileri Tablo 7.13.'te belirtilmiştir.  $Q_{500}$  ise  $Q_{10}$  ve  $Q_{100}$ 'e bağlı olarak aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$Q_{500} = Q_{10} + 1.692 * (Q_{100} - Q_{10}) \quad (7.1.)$$

Tablo 7.13. DSİ Yöntemi ile hesaplanan Küçücek Deresi Anakol tekerrürlü taşkın debileri

Uygulanan Yöntem	Tekerrür Yılı							
	2	5	10	25	50	100	200	500
D.S.İ	7.45	18.68	28.49	43.38	56.03	69.77	84.49	98.33

Küçücek Deresi Anakolu'nun Mockus Yöntemi ile hesaplanacak debi değerleri için yağış düzenlemesinde kullanılan parametrelere Tablo 7.14.'te yer verilmiştir.

Tablo 7. 14. Küçücek Deresi Anakolu Mockus yöntemi için yağış değerlerini düzenleme katsayısı

Uygulanan Yöntem	T (Saat)	%	Maksimize Faktörü	Y.A.D.K.	Plüviyograf Değeri	Son Çarpım
Süperpozesiz Mockus	3	1.00	1.13	0.950	0.57	0.611895



Tablo 7.15.'de düzenlenen yağış değerlerine Mockus Yöntemi uygulanmasıyla elde edilen tekerrürlü taşkın debileri belirtilmiştir.

Tablo 7.15. Mockus Yöntemi ile hesaplanan Küçücek Deresi Anakol tekerrürlü taşkın debileri

Uygulanan Yöntem	Tekerrür Yılı							
	2	5	10	25	50	100	200	500
Süperpozesiz Mockus	9.09	22.8	34.78	52.96	68.4	83.90	103.15	117.89

### 7.2.2. Karaca Deresine ait debilerin hesaplanması

Karaca Deresi'nin DSİ Yöntemi ile hesaplanacak debi değerleri için yağış düzenlemesinde kullanılan parametrelere Tablo 7.16.'da yer verilmiştir.

Tablo 7.16. Karaca Deresi DSİ yöntemi için yağış değerlerini düzenleme katsayısı

Uygulanan Yöntem	T (Saat)	%	Maksimize Faktörü	Y.A.D.K.	Plüviyograf Değeri	Son Çarpım
D.S.İ	2	1.00	1.13	1.00	0.53	0.5989

24 saatlik düzenlenmiş yağış değerleri kullanılarak h akış katsayıları hesaplanmaktadır. Bu değerler ile pik debinin çarpılmasıyla elde edilen Karaca Deresi'ne ait tekerrürlü taşkın debileri Tablo 7.17.'de belirtilmiştir.

Tablo 7.17. DSİ Yöntemi ile hesaplanan Karaca Deresi tekerrürlü taşkın debileri

Uygulanan Yöntem	Tekerrür Yılı							
	2	5	10	25	50	100	200	500
D.S.İ	4.48	11.47	17.62	26.95	34.89	43.56	52.86	61.51

Karaca Deresi'nin Mockus Yöntemi ile hesaplanacak debi değerleri için yağış düzenlemesinde kullanılan parametrelere Tablo 7.18.'de yer verilmiştir.

Tablo 7.18. Karaca Deresi Mockus yöntemi için yağış değerlerini düzenleme katsayısı

Uygulanan Yöntem	T (Saat)	%	Maksimize Faktörü	Y.A.D.K.	Plüviyograf Değeri	Son Çarpım
D.S.İ	2	1.00	1.13	1.00	0.53	0.5989

Tablo 7.19.'da düzenlenen yağış değerlerine Mockus Yöntemi uygulanmasıyla elde edilen tekerrürlü taşkın debileri belirtilmiştir.

Tablo 7.19. Mockus yöntemi ile hesaplanan Karaca Deresi tekerrürlü taşkın debileri

Uygulanan Yöntem	Tekerrür Yılı							
	2	5	10	25	50	100	200	500
Süperpozesiz								
Mockus	5.263	13.45	20.67	31.60	40.93	50.27	61.99	70.76

Farklı yağış-akış modelleri kullanılarak hesaplanan debiler karşılaştırılmış ve Mockus Yöntemi ile elde edilen debilerin çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir. Bu durumun nedeni, uzun yıllara ait debi kayıtlarının bulunmadığı havzalarda “K” katsayısı havzanın karakteristik yapısını daha iyi temsil etmesidir. Ayrıca; elde edilen debiler incelendiğinde Mockus yöntemi ile hesaplanmış debiler daha yüksek değere sahiptir. Taşkın gibi ekstrem debilerin görüldüğü afetlerde emniyetli tarafta kalınması amacıyla bu yöntem ile elde edilen debiler hidrolik analizlerde kullanılmıştır.

Akyazı-Küçücek Sanayi Bölgesinin içerisinde geçmekte olan Küçücek Deresi fabrikaların mansap tarafında 2 kolun (Küçücek Deresi ana kol ve Karaca Deresi) birleşmesi ile oluşmaktadır. Bu nedenle; uygulamada Küçücek ve Karaca Deresine ait debiler toplanarak (Tablo 7.20.) hidrolik analizler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 7.20. Hidrolik analizlerde kullanılan Küçücek Deresine ait debiler

Uygulanan Yöntem	Tekerrür Yılı							
	2	5	10	25	50	100	200	500
Süperpozesiz								
Mockus	14.35	36.25	55.45	84.56	109.33	134.78	165.14	188.65

### 7.3. Küçücek Deresinin ArcGIS Ortamında Sayısallaştırılması

Sakarya ili Akyazı Küçücek sanayi bölgesinin taşkın yayılım haritalarının üretilmesi için Hec-RAS programında hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, Hec-Ras'ta hidrolik analizler için altlığa ihtiyaç vardır. Bu altlık ise ArcGIS ortamında derenin sayısallaştırılması ile sağlanmaktadır.

ArcGIS ortamında dere, kıyı çizgisi, akış yolları ve enkesitler sayısallaştırılmıştır. Taşkın risk haritalarında kullanılmakta olan topoğrafik veriler, uydu görüntüleri, HGK'dan veya özel çalışmalar sonucu yüksek hassasiyete sahip haritalardan elde edilmektedir. Bu bağlamda HGK'dan alınabilecek en hassas haritalar UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonunda ve ED50 Datumunda bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan TIN haritasının projeksiyon özelliğinin (ED\_1950\_UTM\_Zone\_36N) olması nedeniyle oluşturulan tüm katmanlarda aynı projeksiyon ile çalışılmıştır. Şekil 7.2.'de çalışma alanının gerekli parametrelerinin tanımlanması ile derenin sayısallaştırılmış hali gösterilmektedir. Sayısallaştırma işleminde, 39 adet enkesit alınmıştır.



Şekil 7.2. Küçücek Deresinin ArcGIS ortamında sayısallaştırılması

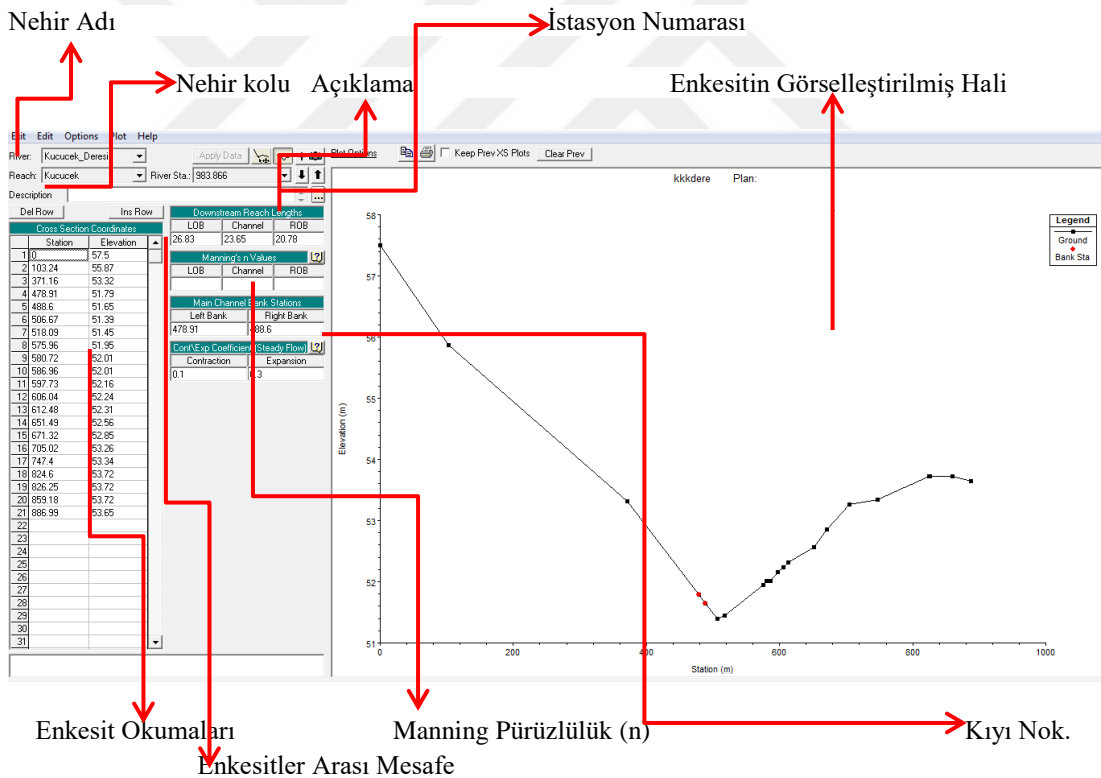
Uydu görüntüsü ve TIN kullanılarak oluşturulan altlık, HecGeoRAS kullanılarak hidrolik analizlerin gerçekleşeceği Hec-RAS'a aktarılmıştır.

#### 7.4. Küçücek Deresinin Islah Edilmeden Önceki Hali İçin Hidrolik Analizler

ArcGIS'te dere, kıyı çizgisi, akış yolu ve enkesitlerin tanımlanmasıyla oluşan altlık Hec-RAS'a aktarılmaktadır. Bu aşamada gerçekleştirilen adımlar aşağıda sıralanmıştır.

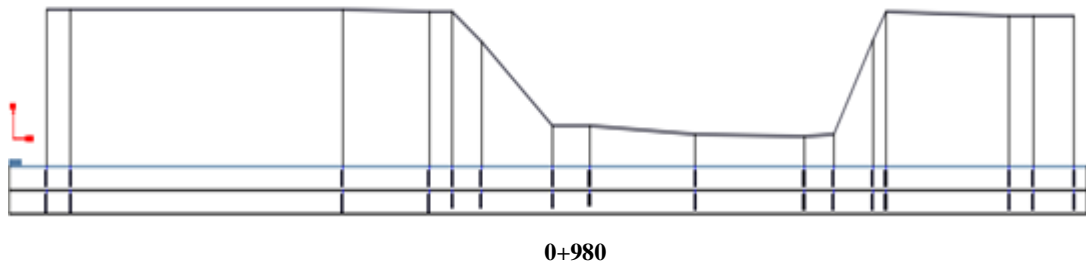
- Birim dönüştürme (US → SI)
- Dere yatağı düzenlenmesi,
- Manning pürüzlülük katsayılarının belirlenmesi,
- Kararlı akımlara ait şartların düzenlenmesi (akım profil sayısı, akım değerleri, akım sınır şartlarının belirlenmesi)
- Akım analizinin gerçekleştirilmesi.

ArcGIS ile sayısallaştırılması tamamlanan altlık dosyası Hec-RAS'a aktarılarak dere yatağı düzenlenmesi yapılır. Dere genişliği ve derinliği tüm dere boyunca sabit olmayıp oldukça değişken ve düzensiz yapıdadır. Şekil 7.3.'te Hec-RAS'a gönderilen dosyadan örnek bir topoğrafik kesitin dere yatağı düzenlemeden önceki hali, Şekil 7.4.'te aynı örnek topoğrafik kesitin autocad görünümü, Şekil 7.5.'de aynı enkesitin mevcut yatak yapısına göre düzenlenmiş haline yer verilmiştir.

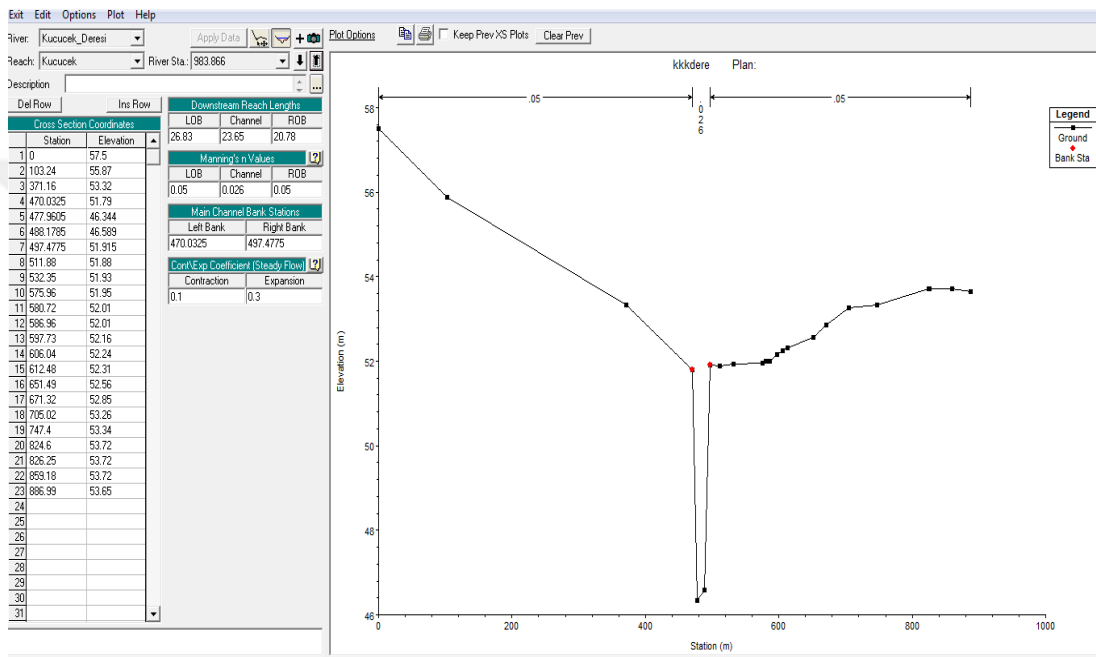


Şekil 7.3. ArcGIS'ten gönderilen örnek bir topoğrafik veri

Hec-RAS'a gönderilmiş olan topoğrafik verilerin düzenlenmesi gerekmektedir. Derenin tabanı kıyı kotlarından daha aşağıdadır. Bu nedenle gerçek ölçümlerine bağlı kalınarak her enkesit için dere tabanı oluşturulmuştur.

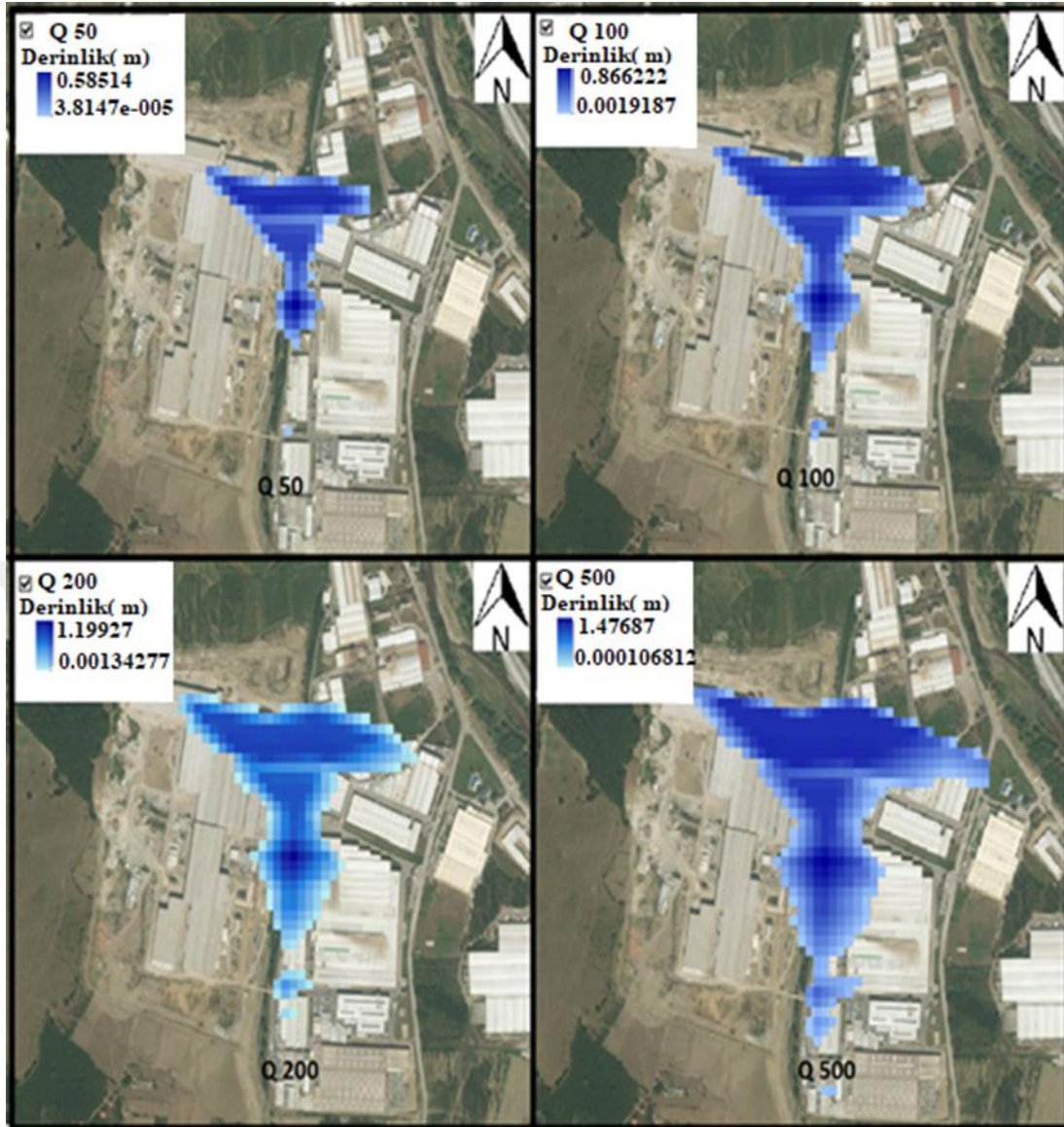


Şekil 7.4. Km 0+980 bulunan enkesitin autocad çizimi



Şekil 7.5. Km 0+980 bulunan enkesitin hecras ile düzenlenmiş hali

Deterministik yaklaşımlar kullanılarak hesaplanan debiler ile hidrolik analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada akımın zamanla değişmediği kabulü yapılmaktadır. Akım tipi olarak kararlı akım seçilmiştir. Kararlı akımın sınır şartlarını belirlemede “Normal Derinlik” ve derenin yatak eğimi 0.001 olarak belirlenmiştir. Hec-RAS’ta oluşturulan .sdf uzantılı taşkın yayılım dosyaları ArcGIS’te kml/kmz uzantılı dosyalara çevrilerek Google Earth programında açılabilir. Bu sayede 50, 100, 200 ve 500 yıllık dönüş aralığında meydana gelebilecek taşkınlarda su altında kalabilecek alanlar daha net görüntülenebilmektedir. Derenin ıslah öncesi hali için 2, 5, 10 ve 25 yıllık tekerrür debilerinde dere yatağında taşkın yaşanmamıştır. Üretilen 50, 100, 200 ve 500 yıllık taşkın yayılım haritaları Şekil 7.6.’da gösterilmiştir.



Şekil 7.6. Derenin mevcut hali için oluşturulan taşkın yayılım haritaları

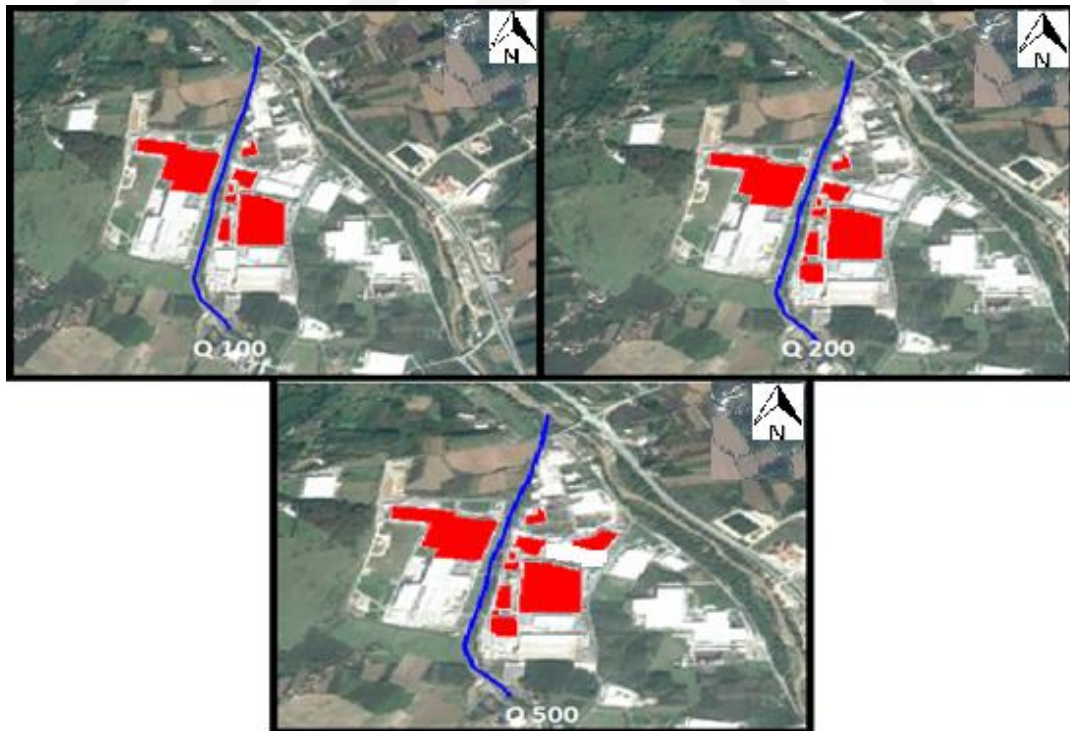
### 7.5. Hasar Faktörü Fonksiyonu Kullanılarak Taşkın Zarar Analizi

Taşkınlar meydana getirdikleri maddi ve manevi kayıplar nedeniyle önlem alınması gereken doğal afetlerden birisidir. FEMA'nın hasar analizlerinde ve taşkına karşı koruma yapılarının projelendirilmesinde 100 yıllık tekerrür debileri dikkate alınmaktadır. Bu nedenle, derenin ıslah öncesi hali için üretilen 100, 200 ve 500 yıllık taşkın yayılım haritalarının kullanılmasıyla yapı hasarı nedeniyle meydana gelebilecek ekonomik kayıplar araştırılmıştır. Taşkın debileri ile su derinliği arasındaki ilişki Tablo 7.21.'de gösterilmiştir.

Tablo 7.21. Küçücek Deresi taşkın bilgileri

Taşkın Göstergesi	Taşkın Debileri		
	Q 100	Q 200	Q 500
Max. su derinliği (m)	0.87	1.20	1.48
Alan (m <sup>2</sup> )	158743	169110	181603

Çalışma alanının sanayi bölgesi olması, çeşitli dönüş aralıklarında meydana gelen taşkınlarda ekonomik kaybın hem yapısal hem de ticari kaynaklı olmasına neden olmaktadır. Çalışmanın bu aşamasında Jonkman ve arkadaşları (2008) tarafından belirlenen hasar faktörü fonksiyonu kullanılarak değişik yineleme yıllarına bağlı ekonomik kayıplar üzerinde durulmuştur. Şekil 7.7.'de çalışma alanında taşkından etkilenebilecek yapılar belirtilmiştir. Bu yapıların belirlenmesinde; CBS ortamında oluşturulan taşkın yayılım alanları ile fabrikalara ait poligonlar kesiştirilmiştir. Taşkınlardan meydana gelebilecek ekonomik kayıp, yalnızca sanayi yapılarının uğrayabileceği zararlar göz önünde bulundurularak derinlik-zarar eğrisi (Şekil 6.5.) ile belirlenmiştir. Çalışma bölgesinde bulunan yapılar için yıpranma payı %25 olarak alınıp, yapı maliyetinin %75'i üzerinden olası ekonomik kayıp tahmini yapılmıştır.



Şekil 7.7. Taşkın riskine maruz kalan fabrikalar

Taşkından kaynaklı ekonomik kayıp yineleme yıllarına bağlı olarak 3-7 milyon TL arasında değişmektedir. Ekonomik kayıp Tablo 7.22.'de gösterilmiştir.

Tablo 7.22. Taşkın riskine maruz yapıların alansal miktarı ve taşkın zararları

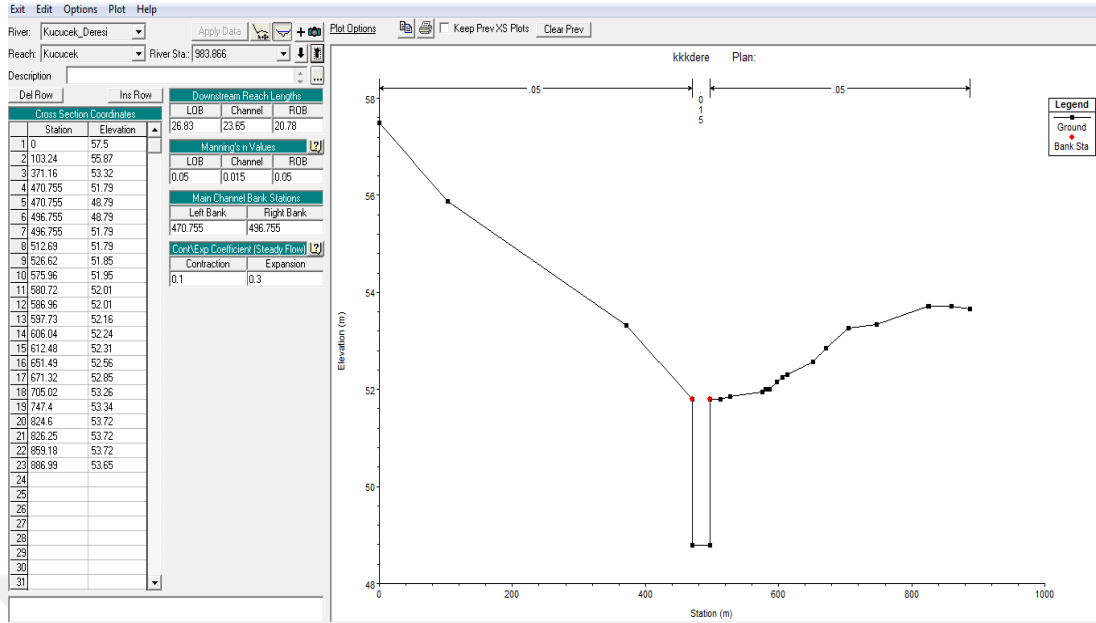
Tekerrür Aralığı (yıl)	Alan [A] (m <sup>2</sup> )	Max. Su Derinliği (m)	Hasar Faktörü [DF]	Ekonomik Kayıp (milyon TL) [DFxAx1016x0.75]
100	158743	0.87	0.029	3.5
200	169110	1.20	0.04	5.2
500	181603	1.48	0.049	6.8

Çalışmada sanayi bölgesinde bulunan yapıların yapısal hasar kaynaklı ekonomik kayıpları incelenmiştir. Ancak tarım ve peyzaj alanlarının, sanayi bölgesi içerisinde bulunan yolların ve Asaş'a ait fabrikaların lojistiği sağlayan küçük köprülerin taşkın sularına maruz kalması durumunda; ekonomik kaybın artması, araçların zarar görmesi, ulaşım problemleri yaşanması ve çalışmaların durması/aksaması beklenebilmektedir.

#### 7.6. Küçücek Deresinin Islah Edildikten Sonraki Hali İçin Hidrolik Analizler

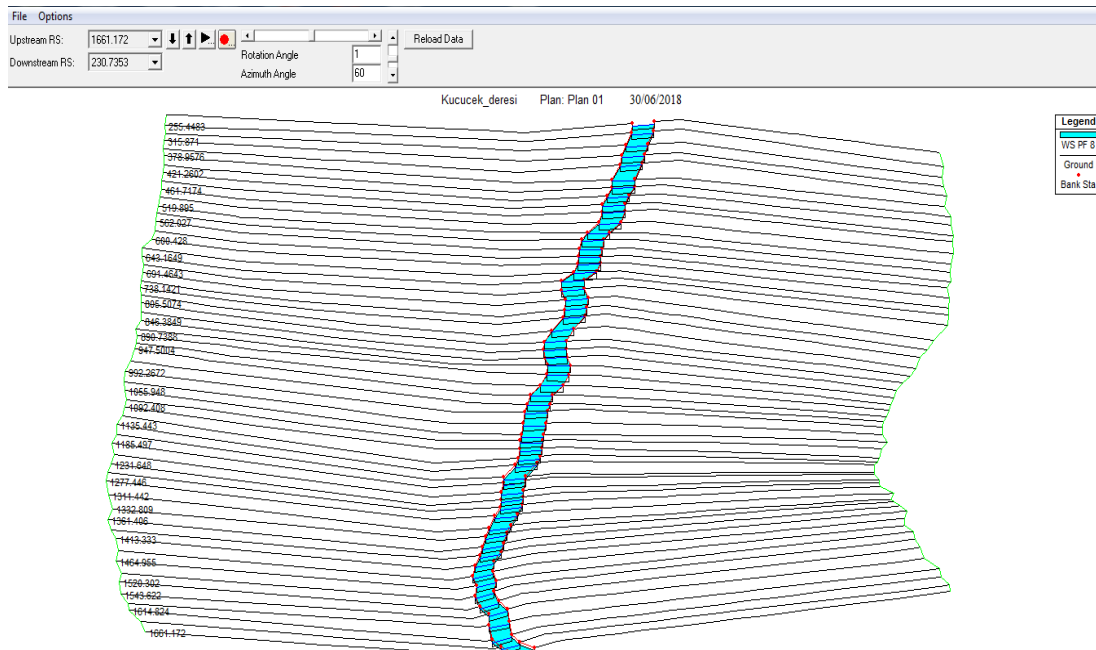
Çalışma alanı olarak belirlenmiş olan Sakarya Akyazı Küçücek sanayi bölgesinde aktif olarak çalışmakta olan 1000-1500 kişi bulunmaktadır. Ani ve kuvvetli bir yağış sonucu olası taşkında hem aktif çalışan kişi sayısının fazla olması nedeniyle can kaybının hem de sanayi bölgesi olması nedeniyle büyük ekonomik kaybın yaşanması kaçınılmazdır. Bu nedenle DSİ tarafından ilgili alan için dere ıslah çalışması planlanmıştır. Bu ıslah çalışması kapsamında km 0+150 ile km 1+ 600 arasında bulunan sanayi kısmı için b:26m ve h:3 m taşkın koruma duvarı yapılacaktır. ArcGIS ile sayısallaştırılması tamamlanan dere Hec-RAS'a aktarıldığında, bu kez ıslah projesinde belirlenen ebatlar dikkate alınarak düzenleme yapılmıştır. Bu sayede, öngörülen taşkın koruma duvarının 8 adet tekerrürlü taşkın debisi için yeterli kalıp kalmayacağı projenin etkin sonuç doğurup doğurmayacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 7.8.'de örnek bir topoğrafik verinin b:26 m ve h:3 m olacak şekilde düzenlenmiş hali gösterilmektedir.





Şekil 7.8. Örnek bir enkesitin öngörülen ölçülere göre düzenlenmiş hali

İslah öncesine ait manning pürüzlülük katsayısı dere yatağında 0.026, ıslah sonrası hal için master ile tesviyelenmiş beton olduğu öngörülerek 0.015, sol ve sağ sahillerde ekim alanları için 0.040 ve fabrikaların bulunduğu kısımlar için 0.050 olarak seçilmiştir. Şekil 7.9.'da 500 yıllık debi için gerçekleştirilen hidrolik analiz sonucu gösterilmiştir.



Şekil 7.9. Küçücek Deresi'nin düzenlenmiş halinin 500 yıllık debi için taşkın yayılım haritası

Deterministik yöntemler sonucu hesaplanan 8 adet tekerrürlü taşkın debisi ile hidrolik analizler gerçekleştirilmiştir. Hidrolik analizlerin hiçbirinde yayılım elde edilmemiştir. 500 yıllık tekerrür yılında dahi taşkın yayılımının yaşanmadığı Şekil 7.9.'da gösterilmiştir. Bu durum DSİ tarafından öngörülen ıslah projesinin etkin olabileceğini ortaya koymaktadır. DSİ tarafından oluşturulan ön inceleme raporu tutanaklarında yatırım gideri toplamı yaklaşık 8.479.179,28 TL olarak belirlenmiştir. Ancak; sadece yapısal hasar kaynaklı ekonomik kaybın yaklaşık 7 milyon TL ( $Q_{500}$ ) olduğu göz önünde bulundurulduğunda, fayda/gider kapsamında projenin uygulanmasının maliyet açısından uygun olduğu belirlenmiştir.

### 7.7. Küçücek Deresi'nin Islah Edildikten Sonraki Halinin Taşıma Kapasitesi

#### Hesabı

Taşkını önleme adına yapılan ıslah projesi (b:26 m ve h:3 m) dikkate alınarak taşıma kapasitesi hesaplanmıştır. Kapasite hesabında manning formülü (6.46) kullanılmıştır. Bu formüldeki parametreler ile hesaplanan debi Tablo 7.23.'te gösterilmiştir.

Tablo 7.23. Küçücek Deresi'nin taşıyabileceği maksimum debi

Km	Islak Alan (m <sup>2</sup> )	Islak Çevre (m)	Hidrolik Yarıçap (m)	Taban Eğimi	n	Taşıyabileceği Max. Debi (m <sup>3</sup> /sn)
0+150-1+600	78	32	2.4375	0.00164	0.015	381.40

## BÖLÜM 8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma 5 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlgili bölgeye ait 81 yıllık yağış kayıtları kullanılarak istatistiki yaklaşımlar ile 24 saatlik yağış-süre-tekerrür değerleri hesaplanmıştır. Ekstrem yağışlar belirlenirken; Normal Dağılım, Log-Normal Dağılım, Pearson Tip III Dağılımı, Log Pearson Tip III Dağılımı ve Gumbel Dağılımı olmak üzere 5 farklı olasılık dağılım fonksiyonu kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda, farklı olasılık dağılımları ile elde edilen yağışların birbirlerine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. FEMA'nın 17/B bülteninde taşkın debisi hesabında tavsiye etmesi, çalışmada diğer olasılık dağılımlarına kıyasla daha yüksek değerlere sahip olması ve uygulanan L- moment testi sonucunda uygun görülmesi nedeniyle Log-Pearson Tip III olasılık dağılım fonksiyonu ile elde edilen ekstrem yağışlar debi hesabında kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci aşamasında, Log Pearson Tip III olasılık dağılım fonksiyonu ile elde edilen yağış değerleri kullanılarak deterministik yaklaşımlar doğrultusunda debi hesabı yapılmıştır. Bu aşamada deterministik yaklaşımların özel kullanım şartları araştırılmıştır. Küçücek Deresi Anakolu için; havza alanının 38,43 km<sup>2</sup>, birim hidrograf pik süresinin ( $T_p$ ) 3,13 sa, suların toplanma zamanı ( $T_c$ ) 1,88 sa ve Karaca Deresi'nin havza alanının 16,26 km<sup>2</sup>, birim hidrograf pik süresinin ( $T_p$ ) 2,04 sa, suların toplanma zamanı ( $T_c$ ) 1,30 sa olması nedeniyle Küçücek Deresi için DSİ Sentetik Yöntemi ve Mockus Yöntemlerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Taşkın mevzuatında yer alan formülizasyon sırasına bağlı kalınarak tekerrürlü taşkın debileri hesaplanmıştır. Her iki yöntem ile hesaplanan debilerin sonuçları birbirine yakındır. Hidrolik analizlerde hangi yöntemin kullanılacağı belirlenebilmesi için debiler karşılaştırılmıştır. Uzun yıllara ait debi kayıtlarının bulunmadığı yerlerde, bölgenin fiziksel yapısı debi hesabında daha gerçekçi sonuçlar verebilmektedir.

Mockus Yönteminde kullanılan “K” havza katsayısının, havzanın fiziksel yapısını belirtmesi ve daha yüksek debiler elde edilmesi nedeniyle Mockus Yöntemi tercih edilmiştir. Özellikle taşkın gibi ekstrem doğal afetlerde emniyetli tarafta kalınması açısından yüksek olan debiler tercih edilmektedir.

Çalışmanın ikinci aşamasında Küçücek Deresi'nin ıslah edilmeden önceki hali için taşkın risk haritalaması yapılmıştır. Bu aşamada modellemenin gerçekleştirilebilmesi için ArcGIS 10.2 programında dere sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırma işlemi derenin km 0+150-1+600 arasında 39 adet enkesit alınmıştır. Bunun sonucunda;

2, 5, 10 ve 25 yıllık dönüş aralığında derenin yatağından taşmadığı belirlenmiştir.

50 yıl tekerrürlü taşkınının  $109.33 \text{ m}^3/\text{sn}$  lik debi oluşturması durumunda, taşkın maksimum su derinliğinin 0.59 m kadar olabileceği ve derenin her iki tarafında bulunan Asaş Alüminyum Fabrikasının bu taşkından nispeten etkilenebileceği belirlenmiştir.

100 yıl tekerrürlü taşkınının  $134.78 \text{ m}^3/\text{sn}$  lik debi oluşturması durumunda, taşkın maksimum su derinliğinin 0.87 m kadar olabileceği ve derenin her iki tarafında bulunan Asaş Alüminyum Fabrikası ile Çak Grup Baysan Boya Fabrikasının bu taşkından etkilenebileceği belirlenmiştir. Ayrıca, derenin her iki tarafına ulaşımın gerçekleşmesini sağlayan Asaş Fabrikasına ait köprüünün de bu taşkından etkilenebileceği belirlenmiştir.

200 yıl tekerrürlü taşkınının  $165.14 \text{ m}^3/\text{sn}$  lik debi oluşturması durumunda, taşkın maksimum su derinliğinin 1.20 m kadar olabileceği ve derenin her iki tarafında bulunan Asaş Alüminyum Fabrikası ile Çak Grup Baysan Boya Fabrikasının bu taşkından etkilenebileceği belirlenmiştir. Ayrıca, Asaş Fabrikasına ait köprüünün de taşkından etkilenebileceği belirlenmiştir.

500 yıl tekerrürlü taşkınının  $188.65 \text{ m}^3/\text{sn}$  lik debi oluşturması durumunda, taşkın maksimum su derinliğinin 1.48 m kadar olabileceği ve derenin her iki tarafında

bulunan Asaş Alüminyum Fabrikası ile Çak Grup Baysan Boya Fabrikasının bu taşkından etkilenebileceği belirlenmiştir. Ayrıca, Asaş Fabrikasına ait köprü'nün de taşkından etkilenebileceği belirlenmiştir.

Küçücek Deresi'nin ıslah edilmeden önceki hali için üretilen taşkın risk haritalarında yineleme yılları arttıkça taşkın sularına maruz kalan fabrikaların sayısında ve etkilene düzeylerinde artış olduğu dolayısıyla taşkın alanının da arttığı belirlenmiştir. Derenin her iki tarafında bulunan fabrikalar arasındaki ulaşımı sağlayan köprü'nün bu taşkınlarda etkilendiği, dolayısıyla olası bir taşkında ulaşım araçlarının, fabrika içerisinde bulunan ağır sanayi makinelerinin ve teçhizatların taşkın sularına maruz kalabileceği belirlenmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında derenin ıslah edilmeden önceki hali için üretilen taşkın yayılım haritalarındaki taşkına maruz kalan alanlar ile bölgede bulunan fabrikaların poligonları kesiştirilmiştir. Böylece taşkınlardan etkilenebilecek yapılar belirlenmiştir. Bu sayede, 100, 200 ve 500 yıllık dönüş aralıklarında meydana gelebilecek taşkınlarda yapısal hasara bağlı ekonomik kayıplar hesaplanmıştır. Bu ekonomik kayıplar hesaplanırken yapıların IV. Sınıf A grubu yapılar olduğu ve yıpranma paylarının %25 olduğu kabulü yapılmıştır.

100 yıllık dönüş aralığına ait taşkında, taşkın seviyesi-zarar eğrileri kullanılarak hasar faktörü 0.029 olarak belirlenmiştir. Bu taşkından kaynaklı ekonomik kaybın yaklaşık olarak 3.5 milyon TL olduğu hesaplanmıştır.

200 yıllık dönüş aralığına ait taşkında, taşkın seviyesi-zarar eğrileri kullanılarak hasar faktörü 0.04 olarak belirlenmiştir. Bu taşkından kaynaklı ekonomik kaybın yaklaşık olarak 5.2 milyon TL olduğu hesaplanmıştır.

500 yıllık dönüş aralığına ait taşkında, taşkın seviyesi-zarar eğrileri kullanılarak hasar faktörü 0.049 olarak belirlenmiştir. Bu taşkından kaynaklı ekonomik kaybın yaklaşık olarak 6.8 milyon TL olduğu hesaplanmıştır.

Çalışmanın yatırım gideri ile taşkın meydana gelmesi durumunda oluşabilecek zarar karşılaştırılması yapıldığında ıslah projesinin fayda/gider kapsamında uygulanabilir olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın dördüncü aşamasında aynı çalışma sahası için DSİ tarafından öngörülen ebatlar ( $b= 26$  m,  $h= 3$  m) dikkate alınarak HEC-RAS'ta enkesit düzenlemesi yapılmıştır. Hesaplanan 8 adet tekerrürlü taşkın debileri ile gerçekleştirilen hidrolik analizlerde, belirlenen tekerrür yıllarında taşkın yaşanmayacağı ve ıslah projesinin etkin olabileceği belirlenmiştir.

Çalışmanın beşinci ve son aşamasında ise ıslah projesi gerçekleştirilen derenin yeni halinin taşıma kapasitesi hesaplanmıştır. Serbest yüzeyle ve kanal kesit karakteristiğinin bilindiği kanallarda debi ve hız hesabında Manning formülü kullanılmaktadır. Bu hesaba göre derenin taşıyabileceği maksimum debi  $381.40$   $m^3/sn$  olarak bulunmuştur.

Yüksek Lisans Tezi olarak gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında ilgili bölge, ıslah çalışması öncesi ve sonrası olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Çalışma kapsamında meydana gelebilecek taşkın debileri, taşkın yayılım haritaları, yapısal hasar kaynaklı ekonomik kayıp ve derenin ıslah sonrası halinin kapasitesi hesaplanmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen Sakarya Akyazı Küçük Sanayi Bölgesi'nin taşkın konusunda oldukça kapsamlı bir çalışması yapılmıştır. Bu sayede bu çalışmanın; daha sonraki yıllarda toplumun güvenliği ve taşkından kaynaklı ekonomik kaybın yaşanmaması amacıyla alınabilecek taşkın önleme çalışmalarına ışık tutması amaçlanmaktadır.

Bölge için taşkın risk yönetimi planlamasının daha doğru bir biçimde yapılabilmesi amacıyla çalışmanın 2 boyutlu olarak ele alınması ve ıslah projesinin kapasitesinin de üzerinde debilere maruz kalması durumunda oluşabilecek yayılım ve buna bağlı olarak ekonomik kaybın belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması önerilmektedir. Sanayi kuruluşları için ekonomik kaybın belirlenmesine yönelik hasar olasılık fonksiyonlarının elde edilmesi gelecek çalışmalara fayda sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akın, M., Akın, G. 2007. Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi. 47(2):105-118.
- Akkaya, U. 2016. Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne şehir merkezi kısmında 2 boyutlu taşkın modellemesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.
- Akyürek, Z. 2013. Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması. Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı Hizmet İçi Eğitim Programı, Afyonkarahisar.
- Arenal, I. M., Allen Y. J., Concepción O. G., García I. S., Hernández A. L. P., Otero C. R., Padrón P. B., Parrado R. P., Pérez M. B. 1998. the coastal floods in the cuban territory, the most sensitive areas and the possible impact of the climate change. Institute of Meteorology.
- Atakuman, Ç. 2008. Su Fakirliği Kapımızda mı?. Bilim ve Teknik Dergisi, 489: 48-55.
- Avdan, Z., Yıldız, D., Çabuk, A. 2015. Yağmur Suyu Yönetimi Açısından Yeşil Altyapı Sistemlerinin Değerlendirilmesi. II. International Sustainable Structure Symposium, Ankara, 733-740.
- Azagra, E., Olivera, F., Maidment, D. 1999. Floodplain visualization using tins. CWR Online Report 99-5, , The University of Texas, 7-14, 23-53.
- Balcı, N. 1958. Elmalı Barajının İstasyondan Korunması imkânları ve Vejetasyon Su Düzeni Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Ormancılık Coğrafyası ve Yakınşark Ormancılığı Enstitüsü ve Kürsüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bayazıt, Y., Bakış, R. 2015. Seydisuyu Çayının Havza Taşkın Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması, VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi, Şanlıurfa, 157-164.
- Bear, J., Cheng, A., Sorek, S., Ouazar, D., Herrera I. 1999. Seawater Intrusion in Coastal Aquifers — Concepts, Methods and Practices. Kluwer Academic Publishers. 1-8.

- Benson, M.A. 1968. Uniform flood-frequency estimating methods for federal agencies. *Water. Resour. Res.* 4(5): 212-230.
- Berginnis, M., Wadsworth, I., Larson, L. 2016. Flood Risk Management in America: Reducing taxpayer costs and building economically stable communities. ASFP Transition Brief, America, 1-4.
- Bizimana, H. 2016. Taşkın risk bölgelerinin ağırlık fonksiyonu ve bulanık mantık tabanlı coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak elde edilmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bulu, A., Yılmaz, E. 2002. Serbest Yüzeyle Akımlarda Pürüzlülük Katsayısının Belirlenmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 420(4): 79-81.
- Büyükkaracıoğlu, N. 1997. Taşkın frekans analizinde kullanılan değişik dağılımların konya havzası yıllık pik akım serilerine uygulanıp karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Casa, A., Benito, G., Thorndycraft, V.R., Rico, M. 2006. The topographic data source of digital terrain models as a key element in the accuracy of hydraulic flood modelling. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(4): 444-456.
- Chen, B., Krajewski, F., Goska, R., Young, N. 2017. Using lidar surveys to document floods: a case study of the 2008 Iowa flood. *Journal of Hydrology*, 553: 338-349.
- Çelik, H. 2012. Sel Kontrolünde Hidroloji. Çem Sel kontrolü Semineri, Afyonkarahisar.
- Demir, F. 2014. Aşağı Sakarya Nehri Adapazarı kesimi taşkın risk tayini. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Demirkesen, A.C., Evrendilek, F., Berberoğlu, S., Kılıç, S. 2007. Coastal flood risk analysis using landsat-7 etm+ imagery and SRTM DEM: a case study of Izmir, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 131(1-3): 293-300.
- Demirkesen, A. C. 2011. Multi-risk interpretation of natural hazards for settlements of the Hatay province in the east Mediterranean region, Turkey using SRTM DEM. *Environmental Earth Sci.*, 65:1895–1907.
- Dernek, E. 2012. Taşkın Yapıları Tasarımı Ve Kayı Deresi Örneği. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.



- Dingguo, M.A., Jie, C., Zhang, W.J., Zheng, L., Liu, Y., 2007. Farmers' vulnerability to flood risk: a case study in the Poyang Lake Region. *Journal of Geographical Sciences*, 17(3): 269-284.
- Doğan, E., Sönmez, O., Yapan, E., Othan, K., Özdemir, S., Çitgez, T. 2013. Aşağı Sakarya Nehrinde taşkın yayılım haritalarının elde edilmesi. *SAÜ. Fen Bil. Der.*, 17(4): 363-369.
- 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.
- Devlet Su İşleri (DSİ). 2006. Teknik Şartnameler. Islah ve Taşkın Koruma Yapıları Uygulama Projeleri Yapım İş, 6-8.
- Devlet Su İşleri (DSİ). 2015. Watersavr kullanımının su kalitesi ve canlı kaynaklar üzerindeki potansiyel etkisinin araştırılması sonuç raporu, AR-GE Yayın No: 5, Ankara.
- Devlet Su İşleri (DSİ) III. Bölge Müdürlüğü. 2016. Sakarya Akyazı ilçesi Küçücek sanayi bölgesini etkileyen Küçücek Deresi ve Karaca Deresi taşkınlarının kontrol altına alınmasına ait ön inceleme raporu, Sakarya.
- Devlet Su İşleri (DSİ) 32.Şube Müdürlüğü. 2014. 6 haziran 2014 taşkını acil tedbir ihtiyaçları hakkında rapor, Sakarya.
- Dokuzuncu Kalkınma Planı (DPT). 2007. Toprak ve Su Kaynaklarının Kullanımı ve Yönetimi Raporu.
- Eagleson, P. S. 1970. *Dynamic Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, 1- 462.
- European Environment Agency Report (EAA). 2016. Flood risks and environmental vulnerability, 1: 9-11.
- Efe, H. 2014. Batman Çayı'nın taşkın analizinin hec-ras programıyla yapılması. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ekinci, D. 2003. İhsaniye Deresi Havzası (Zonguldak) taşkın analizi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 11: 97-118.
- Erdem, U. 2013. Yerleşimlerin taşıdığı deniz taşkını, sel ve deprem afet tehlikelerinin CBS kullanılarak yorumlanması: Balıkesir örneği. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(2): 40-57.
- Eren, M. E. 2011. Boğluca (Kayalı) Deresinin taşkın riskinin irdelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

- Erkek, C. 1995. Bölgesel taşkın zararları ve taşkın kontrolü. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 379: 42-46.
- Feng, L. H., Lu, j. 2010. The practical research on flood forecasting based on artificial neural networks. Expert Systems with Applications, 37(4): 2974-2977.
- Korycka, M., Magnuszewski, A., Suchożebrski, J., Jaworski, W., Marcinkowski, M., Szydłowski, M. 2006. Numerical estimation of flood zones in the Vistula River valley, Warsaw, Poland. Climate Variability and Change Hydrological Impacts, Cuba, 191-195.
- Gül, G.O., Harmancıoğlu, N., Ve Gül, A. 2009. A Combined Hydrologic and Hydraulic Modeling Approach for Testing Efficiency of Structural Flood Control Measures. Natural Hazards, 54(2): 245-260.
- Gümrükçüoğlu, M., Goodin, DG., Martin, C. 2010. Landuse change in upper Kansas river floodplain: following the 1993 flood . Natural Hazards, 55: 467-479.
- Güngör, Y. 2010. Afetler Tarihi. Acil Yardım Ve Afet Yönetimi Lisans Tamamlama Programı, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, 1-129.
- Hardmeyer, K., Spencer, M.A. 2007. Using risk-based analysis and geographic information systems to assess flooding problems in an urban watershed in Rhode Island. Environ Manage, 39: 563-574.
- Hoşgören, M. Y. 2015. Hidrografya' nın Ana Çizgileri I, Yeraltı Suları- Kaynaklar-Akarsular, 9. Baskı, Çantay Kitabevi, 1-166.
- HEC. 2009. HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS User's Manual 4.2. U.S. ArmyCorps of Engineers, Institute for Water Resources.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc). 2013. Climate Change 2013. 1-222.
- Islam, M., Sado, K. 2002. Development of flood hazard maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS. Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, 45(3): 337-355.
- Jonkman, S. N., Bočkarjova, M., Kok, M., Bernardini, P. 2008. Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the netherlands. Ecological Economics 66(1):77-90.
- Kadıoğlu, M. 2007. Sel, Heyelan ve Çığ İçin Risk Yönetimi. Sel – Heyelan – Çığ Sempozyumu, Samsun, 186-197.
- Kadıoğlu, M., 2008, Sel, heyelan ve çığ için risk yönetimi, Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, s251- 276.

- Kaleyci, H. 2004. Değirmendere Havzası'nda Taşkın Frekans Analizi ve Taşkın Sularının Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kara, S., Akar, İ. 2007. Sel ve Taşkınların; Nedenlerinin, Sonuçlarının ve Çözüm Önerilerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) ve Uzaktan Algılamanın (UA) Kullanımı: Beşikdüzü-Solaklı Arasındaki Karadeniz Akları Örneği. 5. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, İstanbul.
- Kara, Ö. 2009. Su yüzü profillerinin hec-ras paket programıyla incelenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Keller, E.A. 1979. Environmental Geology. Bell & Howell Company, 1- 522.
- Knebl, M.R., Yang, Z.L., Hutchison, K., Maidment, D.R. 2004. Regional Scale Flood Modeling Using NEXRAD Rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: A Case Study for The San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event. Journal of Environmental Management, 75(4): 325-336.
- Koca, Y. C. 2014. Rize iyidere alt havzası ikizdere kesiti için birim hidrografın belirlenmesi. T. C. Orman ve su işleri bakanlığı. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Uzmanlık Tezi.
- Kundzewicz, Z. W., Menzel, L. 2005. Natural flood reduction strategies – a challenge. International Journal of River Basin Management, 3(2): 125- 131.
- Lastra, J., Fernandez, E., DiezHerrero, A., Marquenez, J. 2008. Flood hazard delineation combining geomorphological and hydrological methods: an example in the Northern Iberian Peninsula. Nat Hazards., 45: 277-293.
- Malkoç, F. Ö., Yıldız, M., Malkoç, Y. 2008. Solaklı Deresi Havzası İçin Taşkın Hidrolojisi Çalışmaları. Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı, Trabzon, 89-100.
- Mcmohon, T. A., Srikanthan, R. 1981. LP3 distribution-is it applicable to flood frequency analysis of Australian streams?. J. Hydrol., 52: 139-149.
- Meriç, B. T. 2004. Su kaynakları yönetimi ve Türkiye. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28(1): 27-38.
- Onuşluel, G. 2005. Floodplain management based on the HEC-RAS modeling system. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.
- Özbal, R. 2010. Taşkın Koruma Projelerinde Yapısal Tedbirler. Ii. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Afyonkarahisar.

- Özcan E, 2006. Sel Olayı ve Türkiye. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 26 (1): 35-50.
- Özcan, O., Musaoğlu, N., Şeker, DZ., 2009. Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği. TMMOB Harita ve 75 Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel Teknik 2009 Kurultayı, Ankara.
- Özdemir H, 1978. Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi. DSİ Basım ve Foto – Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- Özdemir, H. 2007. Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) cbs ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.
- Özdemir, H. 2008. Havran Çayı'nın (Balıkesir) taşkın sıklık analizinde Gumbel ve Log Pearson Tip III dağılımlarının karşılaştırılması. Coğrafi Bilimler Dergisi, 6(1), 41-52.
- Özşahin E, 2013. Arnavutluk'ta taşkın risk analizi. Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi 12: 91-109.
- Öztürk, K. 2002. Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. G. Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1 47- 65.
- Rijswick, M., Kaufmann, M., Doorn-Hoekveld, W., Gilissen, H., Wiering, M. 2015. Flood Risk Management In The Netherlands. ECCA 2015, Copenhagen, Denmark.
- Rahman, A. S., Rahman, A., Zaman, M. A., Haddad, K., Ahsan, A., Imteaz, M. 2013. A Study on selection of probability distributions for at-site flood frequency analysis in Australia. Natural Hazards, Vol. 69 (3).
- SAF, B., 2009. Regional flood frequency analysis using L-moments for the West Mediterranean region of Turkey. Water Resour Manage, 23(3): 531-551.
- Sargın, A. 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Riski Ön Değerlendirmesi. DSİ Yayınları, 1-67.
- Seçkin, N. 2002. Ceyhan ve Seyhan havzalarının bölgesel taşkın frekns analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sinnakaudan, S.K., Ab Ghani, A., Kiat, C.C., Ahmad, M.S.S., Zakaria, N.A. 2002. Integrated triangular irregular network (itin) model for flood risk analysis case study: Pari River, Ipoh, Malaysia. Advances in Hydraulics and Water Engineering, 12: 656-660.

- Sönmez O. 2013. Nehirlerde 2 boyutlu taşkın modellemesi ve taşkın haritalarının oluşturulması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.
- Şahin E, Akıntuğ B, Yanmaz MA, 2013. Güzelyurt taşkını modellemesi ve çözüm önerileri. İMO Teknik Dergi, 6447-6462.
- Tarlock, A. 2012. United States flood control policy: the incomplete transition from The illusion of total protection to risk management. Duke Environmental Law & Policy Forum, 23: 151-183.
- Tarback, E.J., Lutgens F.R. 1984. The Earth: an Introduction to Physical Geology. Bell & Howell Company, USA, 594.
- Taş, E., İcağa, Y., Zorluer, İ. 2016. Taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve taşkın zarar analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16: 711-721.
- Taşkın Koruma Raporu, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- DSİ III. Bölge Müdürlüğü, Eskişehir, 1-24.
- Taşkın mevzuatı, T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Taşkın Yönetim Planı. 2017. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 1-228.
- Temiz, N., Aksoy, H. ve Ercanoğlu, M. 2004. Batı Karadeniz Bölgesi'nde potansiyel taşkın alanlarının belirlenmesine yönelik bir çalışma. Türkiye Jeoloji Bülteni, 47 (2): 41-48.
- The Ofda/Cred International Disaster Database (EM-DAT). 2017. Disaster Data: A Balanced Perspective, 48: 1-2.
- Uşşay, S. ve Aksu, S. 2002. Ülkemizde Taşkınlar, Nedenleri, Zararları Ve Alınması Gereken Önlemler. TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 420-421-422: 133-136.
- Turoğlu H, 2011. İstanbul'daki Sel ve Taşkınlar. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 3 (1): 39-46.
- Turan, B. 2002. Obtaining inundation maps by integration of gis and hydrologic and hydrologic-hydraulic model. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Türkkan, G. ve Korkmaz, S. 2015. Kaplıkaya Deresinin sayısal model ile taşkın analizi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi, Şanlıurfa, 62-69.

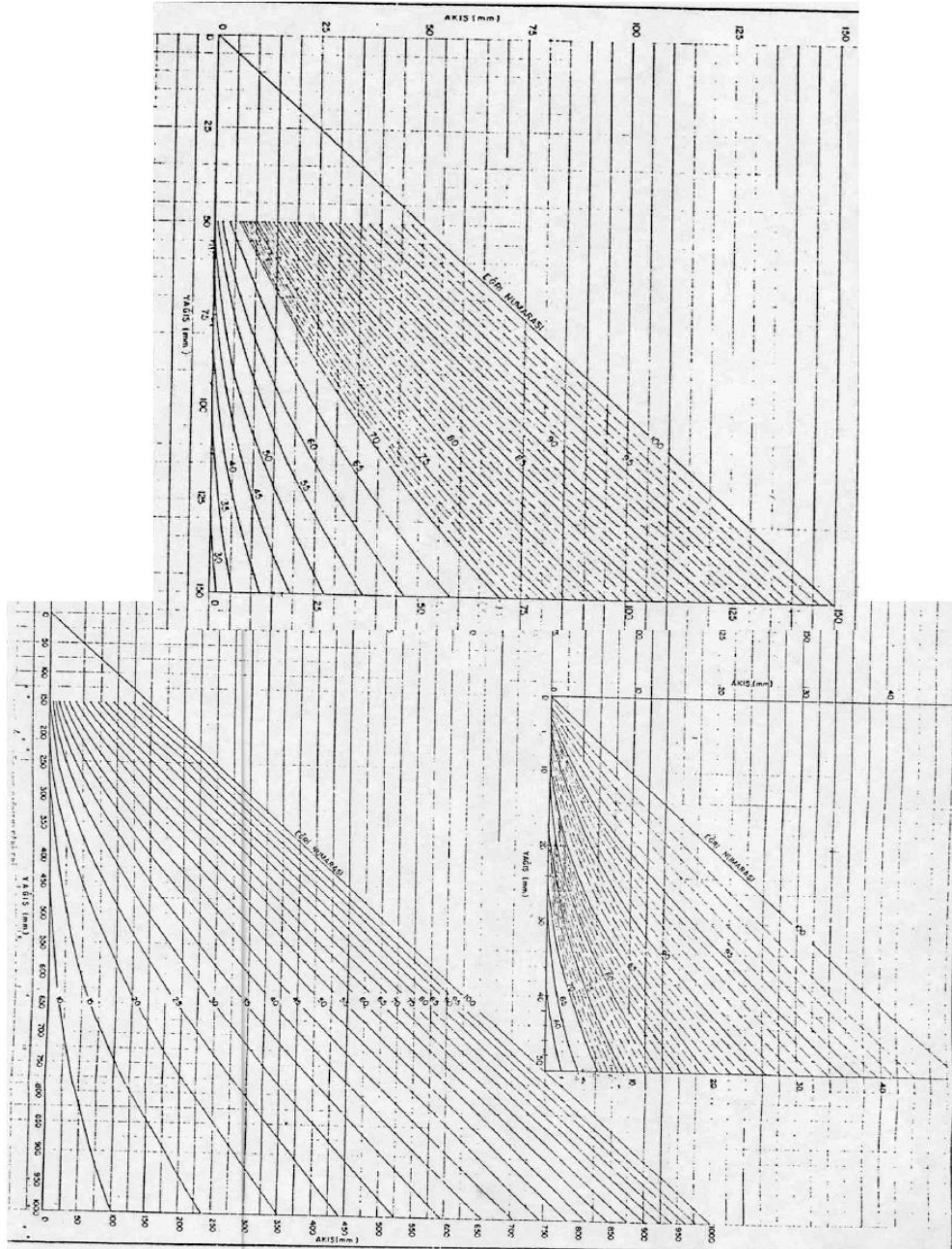
- Uçar, İ. 2010. Trabzon Değirmendere Havzası'nda coğrafi bilgi sistemleri ve bir hidrolik model yardımıyla taşkın analizi yapılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Usul, N. 2002. Engineering Hydrology. ODTÜ Basımevi, Ankara, 257-267.
- Usul, N. ve Turan, B. 2006. Flood forecasting and analysis within the Ulus Basin, Turkey, using geographic information systems. *Natural Hazards*, 39, 213-229.
- Usul, N. 2008. Çayboğazı Havzasında Hidrolojik-Hidrolik Model ve CBS ile Taşkın Çalışması. Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Trabzon, 147-159.
- Usul, N. 2013. Mühendislik Hidrolojisi. ODTÜ Basımevi, Ankara, 1-396.
- Vojinovic Z., Tutulic, D. 2009. On the use of 1D and coupled 1D-2D modelling approaches for assessment of flood damage in urban areas. *Urban Water Journal*, 6:183-199.
- WMO/GWP. 2008. Associated Program on Flood Management. Urban Flood Risk Management-A Tool for Integrated Flood Management. APFM Technical Document No. 11, Flood Management Tool Series.
- Wiles, J.J. ve Levine, N.S. 2002. A combined GIS and HEC model for the analysis of the effect of urbanization on flooding: the Swan Creek Watershed, Ohio. *Environmental and Engineering Geoscience*, 8 (1): 47-61.
- Yalçın, G. ve Akyürek, Z. 2004. Analysing Flood Vulnerable Areas With Multicriteria Evaluation. XX. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress, 12-23.
- Yaylak, M. 2016. Coğrafi bilgi sistemleri (cbs) yardımıyla Bitlis Deresi taşkın risk analizi. Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yazıcılar F.ve Önder, H. 1998. Taşkın yatakları planlamasında HEC-RAS bilgisayar programı ile su yüzü profili hesaplanması-Bartın Nehrinde bir uygulama. *Su Mühendisliği Problemleri Semineri (V)*, Muğla, 1-21.
- Yerdelen, C. 2006. Mevsimlik kar erimesinin yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilmesi. *S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(3-4): 49-55.
- Yukarı Havza Sel Kontrolü Eylem Planı (YHE) 2013-2017. 2013. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

- URL 1. [www.viron.chemeng.ntua.gr](http://www.viron.chemeng.ntua.gr), Erişim Tarihi: 16.08.2017.
- URL 2. [www.academia.edu](http://www.academia.edu), Erişim Tarihi: 09.08.2017.
- URL 3. [www.taskinyonetimi.suyonetimi.gov.tr](http://www.taskinyonetimi.suyonetimi.gov.tr), Erişim Tarihi: 21.09.2017.
- URL 4. [www.havaforum.com](http://www.havaforum.com), Erişim Tarihi: 02.10.2017.
- URL 5. [www.slideplayer.biz.tr](http://www.slideplayer.biz.tr), Erişim Tarihi: 03.10.2017.
- URL 6. [www.dsi.gov.tr](http://www.dsi.gov.tr), Erişim Tarihi: 05.07.2017.
- URL 7. [www.imo.org.tr](http://www.imo.org.tr), Erişim Tarihi: 12.08.2017.
- URL 8. [www.biriyilik.com](http://www.biriyilik.com), Erişim Tarihi: 30.05.2011.
- URL 9. [selvetaskinlarhakkindahersey.weebly.com](http://selvetaskinlarhakkindahersey.weebly.com), Erişim Tarihi: 23.07.2017.



# EKLER

## EK 1: Yağış-Akış Grafiği





## ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe HIRCA, 1992 yılında Sakarya’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya’da tamamladı. 2015 yılında Bayburt Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği anabilim dalı Hidrolik bilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan 3 adet sözlü bildirisi (ISITES 2017 Bakü –Azerbayjan, Sucev 2018 Bursa, ISHAD 2018 Sakarya), 2 adet poster bildirisi (Sucev 2018 Bursa) ve 1 adet uluslararası dergide yayımlanan makalesi bulunmaktadır. Halen akademik çalışmalarına devam etmektedir.