



**MENFEZLERİN PROJELENDİRİLMESİNDE
TAŞKIN DEBİSİ SAPTAMA YÖNTEMLERİNİN
İRDELENMESİ**

Şeymanur TOPUKSAK

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN**

**MENFEZLERİN PROJELENDİRİLMESİNDE TAŞKIN DEBİSİ SAPTAMA
YÖNTEMLERİNİN İRDELENMESİ**

Şeymanur TOPUKSAK

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN**

**KARABÜK
ŞUBAT 2021**

Şeymanur TOPUKSAK tarafından hazırlanan “MENFEZLERİN PROJELENDİRİLMESİNDE TAŞKIN DEBİSİ SAPTAMA YÖNTEMLERİNİN İRDELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 22/02/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Emrah DOĞAN (SAÜ)

.....

Üye : Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Şeymanur TOPUKSAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MENFEZLERİN PROJELENDİRİLMESİNDE TAŞKIN DEBİSİ SAPTAMA YÖNTEMLERİNİN İRDELENMESİ

Şeymanur TOPUKSAK

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

Şubat 2021, 90 sayfa

Doğal ve antropojenik kaynaklı olabilen taşkınlar son yıllarda ülkemizde ve tüm dünyada can ve mal kaybına en fazla sebep olan afetler arasındadır. Farklı tekerrür yıllarına ait taşkın debilerinin tahmini akım veya yağış verileri yardımıyla yapılabilmektedir. Bu çalışmada, 2016 yılında taşkın afetine maruz kalarak üzerindeki menfezi yıkılan ve akım gözlem istasyonuna sahip olmayan Bulak Deresi'nin 2, 5, 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrür süreli gelmesi muhtemel taşkın debileri tahmin edilmiştir. Bu amaç için Bulak Deresi Havzası çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının günlük maksimum yağış verilerinden yararlanılmış ve taşkın analizinde yöntem olarak da DSİ Sentetik ve Mockus Yöntemleri tercih edilmiştir. Çalışmada, havza modellemesi, yağış analizi ve taşkın analizleri yapılmış ve havza modellemesi için 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar ve 30x30m çözünürlüklü ASTER görüntüleri kullanılmış olup, havza alanları sırasıyla 30.551 km² ve 29.724 km² olarak saptanmıştır. Yağış analizi için 40 yıl eksiksiz verisi bulunan

Karabük¹⁷⁰⁷⁸ istasyonu için 6 farklı olasılık hesabı yapılmış ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi ile olasılık dağılım modelleri belirlenmiştir. Çalışmada farklı harita/görüntü, akış eğri numarası ve taşkın analiz yöntemi ve plüviyograf katsayısı seçimi sonucunda 20 ayrı model oluşturulmuştur. Ayrıca bu çalışmada, elde edilen en uygun taşkın debisine göre Bulak Deresi üzerinde bulunan, 2016 yılında yaşanan taşkın sonrasında tahrip olmuş menfezin yerine yapılmış mevcut menfez için de hidrolik hesaplar yapılmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda yeni yapılmış 7x6 boyutlarındaki kutu menfezin 47.236 m³/sn olan 100 yıllık debiyi mevcut normal şartlar altında geçirebileceği saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler : Menfezler, Taşkın debisi, DSİ Sentetik Yöntemi, Mockus Yöntemi, Bulak Deresi (Karabük).

Bilim Kodu : 91106

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EXAMINATION OF FLOOD DISCHARGE DETECTION METHODS IN DESIGNING CULVERTS

Şeymanur TOPUKSAK

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Civil Engineering**

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN

February 2021, 90 pages

Floods, which can be of natural and anthropogenic origin, are among the disasters that have caused the most loss of life and property in our country and all over the world in recent years. Estimation of flood discharges for different repeating years can be made with the help of flow or precipitation data. In this study, it has been tried to estimate the flood discharges of Bulak River, which was exposed to a flood disaster in 2016 and its culvert was destroyed and does not have a flow observation station, with a recurrence period of 2, 5, 10, 50, 100, 500 and 1000 years. For this purpose, the daily maximum rainfall data of the precipitation monitoring stations around the Bulak River Basin were used and DSI Synthetic and Mockus Methods were preferred as the method for flood analysis. In the study, basin modeling, precipitation analysis and flood analysis were performed and 1:25 000 scaled digitized topographic maps and 30x30m resolution ASTER images were used for basin modeling, and the basin areas were determined as 30.551 km² and 29.724 km², respectively. For the Karabük¹⁷⁰⁷⁸ station,

which has 40 years of complete data for precipitation analysis, 6 different probability calculations were made and probability distribution models were determined with the Kolmogorov-Smirnov convenience test. In the study, 20 different models were created as a result of different map/image, flow curve number, flood analysis method and pluviograph coefficient selection. In addition, in this study, hydraulic calculations were made for the existing culvert, which was built on the Bulak River, which was destroyed after the flood in 2016, according to the optimum flood discharge obtained. As a result of the calculations, it has been determined that the newly built 7x6 box culvert can pass the 100 years flow discharge of 47.236 m³/sec under current normal conditions.

Key Word : Culverts, Flood Discharge, DSI Synthetic Method, Mockus Method, Bulak River (Karabük).

Science Code : 91106

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütülmesinde, değerlendirilmesinde ve yazım aşamasında ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında Őkillendiren sayın hocam Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN'e sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, DSİ 23. Şube Müdürlüğü'nde görev yapan Yavuz AYDOğAN'a Bulak Deresi taşkınına ait verdiği bilgiler için,

Menfez tasarımı için gerekli projeleri sağlayan sayın Rıfat AKSÖKÜ'ye,

Netcad programında menfez tasarımı sırasında yardımlarını esirgemeyen sayın Halil İbrahim ÇETİNER ve Umut YEGÜL'e,

Bu süreçte her daim yanımda olup her türlü desteği veren niŐanlım Mert AYDUğAN'a ve aileme,

TeŐekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
EKLER DİZİNİ.....	xivii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. TAŞKIN	1
1.2. TAŞKIN NEDENLERİ	2
1.2.1. Havzanın Meteorolojik Özellikleri.....	2
1.2.2. Havzanın Yapısal Özellikleri.....	4
1.2.2.1. Havzanın Şekli ve Büyüklüğü	4
1.2.2.2. Zeminin Doygunluğu.....	5
1.2.2.3. Bitki Örtüsü.....	5
1.2.2.4. Eğim.....	6
1.2.2.5. Depolama Kapasitesi	6
1.2.3. Beşeri Faktörler	6
1.3. MENFEZLER.....	9
1.4. MENFEZ ÇEŞİTLERİ	9
1.4.1. Boru (Büz) Menfezler.....	10
1.4.2. Kutu (Box) Menfezler.....	10
1.4.3. Kemer Menfezler	11
1.4.4. Tabliyeli Menfezler	112

	<u>Sayfa</u>
1.5. MENFEZ TASARIMI.....	12
1.5.1. Menfezlerin Yatay ve Düşey Yerleşimi	12
1.5.2. Menfez İşletme Şartları.....	14
1.5.3. Menfezlerde Giriş ve Çıkış Yapıları.....	17
1.6. MENFEZLERİN HİDROLİK TASARIMI VE TAŞKIN DEBİLERİNİN BELİRLENMESİ	18
1.6.1. Rasyonel Metot	21
1.6.2. McMath Metodu	24
1.6.3. Mockus Yöntemi	25
1.6.4. DSİ Sentetik Yöntem.....	28
1.7. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	29
 BÖLÜM 2	 36
ÇALIŞMANIN AMACI	36
2.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI.....	37
2.1.1. Çalışma Alanının Topografik Konumu	37
2.1.2. İklim.....	37
2.1.3. Bulak Deresinin Genel Özellikleri.....	40
2.2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ.....	43
2.2.1. ALT KREATESE	43
2.2.1.1. Ulus Formasyonu (Ku)	43
2.2.1.2. Ahmetusta Üyesi (Kua).....	43
2.2.1.3. Sunduk Üyesi (Kus).....	43
2.2.2. EOSEN	44
2.2.2.1. Safranbolu Formasyonu (Tes).....	44
2.2.2.2. Karabük Formasyonu (Teka)	44
2.2.2.3. Çerçen Üyesi (Tekaç)	45
2.2.2.4. Soğanlı Formasyonu (Teso).....	45
2.2.2.5. Akçapınar Formasyonu (Tea)	45
2.2.3. PLİYOSAN	45
2.2.3.1. Örencik Formasyonu (Tplö)	45
2.2.4. KUVATERNER	46

	<u>Sayfa</u>
2.2.4.1. Alüvyon (Qal).....	46
BÖLÜM 3	47
MATERYAL VE METOT	47
BÖLÜM 4	49
TAŞKIN ANALİZİ.....	49
4.1. HAVZANIN MODELLENMESİ	49
4.2. YAĞIŞIN ALANSAL DAĞILIMI VE YAĞIŞ DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI	51
4.3. HARMONİK EĞİM HESABI	53
4.4. TAŞKIN DEBİ HESABI.....	53
4.4.1. 1:25 000 Ölçekli Sayısallaştırılmış Topoğrafik Haritalar Kullanılarak Yapılan Analizler.....	53
4.4.1.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı	53
4.4.1.2. Mockus Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı	537
4.4.2. ASTER-GDEM Verileri Kullanılarak Yapılan Analizler.....	61
4.4.2.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı	62
4.4.2.2. Mockus Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı	653
4.4.3. Akım Ölçümlerinin Değerlendirmeye Dahil Edilmesi.....	69
BÖLÜM 5	71
MENFEZ BOYUT ANALİZİ.....	71
BÖLÜM 6	80
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	80
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Türkiye’de 1975-2015 yılları arasında yaşanan taşkınlar ve can kayıpları..	2
Şekil 1.2. Aynı havzada oluşabilecek farklı taşkın hidrografları	3
Şekil 1.3. Havza şeklinin hidrografa etkisi	5
Şekil 1.4. Dere yatağına izinsiz yapılan dolgu.....	7
Şekil 1.5. Taşkın sonrası Kastamonu-Karabük Karayolu	8
Şekil 1.6. Taşkında tahrip olmuş menfezin tahmini kesiti.....	9
Şekil 1.7. Boru (Büz) menfez.....	10
Şekil 1.8. Karabük-Kastamonu Karayolu altında bulunan menfezin mansap tarafı..	11
Şekil 1.9. Kemer menfez örneği.....	11
Şekil 1.10. Menfezlerin yatay yerleşimi.	13
Şekil 1.11. Menfezlerin düşey yerleşimi.....	14
Şekil 1.12. Giriş kontrollü menfez işletme şartları	15
Şekil 1.13. Çıkış kontrollü menfez işletme şartları	15
Şekil 1.14. Menfezlerde akım kontrollü giriş yapıları	17
Şekil 1.15. Kanat duvarlı menfez girişi.....	8
Şekil 2.1. Karabük-Kastamonu Karayolu altında bulunan menfezin memba tarafı ..	6
Şekil 2.2. Çalışma alanının yer bulduru haritası	9
Şekil 2.3. Bulak (Mencilis) Mağarası girişi	40
Şekil 2.4. Bulak (Mencilis) Mağarası	41
Şekil 2.5. Bulak Kaynağının mağaradan çıkış noktası.....	41
Şekil 2.6. Bulak Kanyonu Köprüsü.....	42
Şekil 2.7. Bulak Kanyonu	42
Şekil 4.1. D8 akım modelinin görselleştirilmiş hali.....	49
Şekil 4.2. Sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak modellenmiş havzalar ve akış kolları.....	50
Şekil 4.3. ASTER-GDEM verileriyle modellenmiş havzalar ve akış kolları.....	51
Şekil 4.4. Yağış istasyonlarının havza üzerindeki alansal dağılımı.....	52
Şekil 4.5. Sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak elde edilen DSİ Sentetik Birim Hidrografı.....	55

Sayfa

Şekil 4.6. Sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak elde edilen Mockus Birim Hidrografi.....	58
Şekil 4.7. ASTER Görüntüleriyle elde edilen DSİ Sentetik Birim Hidrograf.	63
Şekil 4.8. ASTER Görüntüleriyle elde edilen Mockus Birim Hidrograf.....	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1.	Farklı metotlar için kullanım şartları	20
Çizelge 1.2.	Drenaj elemanlarının taşkın tekerrür aralıkları	21
Çizelge 1.3.	Yüzeysel akış katsayıları.....	23
Çizelge 1.4.	Yüzeysel akış katsayıları (McMath Metodu).....	25
Çizelge 1.5.	Akış eğri numaraları (CN)	27
Çizelge 2.1.	Karabük yağış gözlem istasyonuna ait 10 günlük yağış verileri.....	38
Çizelge 4.1.	Karabük istasyonuna ait 24 saat süreli yağışların farklı tekerrür yıllarındaki 6 farklı istatistiksel dağılım sonuçları.....	52
Çizelge 4.2.	Havzaya etki eden istasyonun 24 saat süreli yağış yinelemelerinde farklı tekerrür aralıklarındaki en uygun dağılım sonuçları	52
Çizelge 4.3.	1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak gerçekleştirilen DSİ Sentetik Yöntemi hesap girdileri ve sonuçları.....	54
Çizelge 4.4.	Plüviyograf katsayıları	55
Çizelge 4.5.	1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 77 için hesaplanmış taşkın tekerrür debileri (m^3/sn).....	55
Çizelge 4.6.	1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için hesaplanmış taşkın tekerrür debileri (m^3/sn).....	56
Çizelge 4.7.	1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 77 için hesaplanmış taşkın tekerrür debileri (m^3/sn).....	56
Çizelge 4.8.	1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için hesaplanmış taşkın tekerrür debileri (m^3/sn).....	57
Çizelge 4.9.	1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Ortalama PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için hesaplanmış taşkın debi sonuçları (m^3/sn)	57
Çizelge 4.10.	Çerkeş PLV katsayıları kullanılarak, CN 77 ve CN 80 için Mockus Birim Hidrograf Yönteme göre hesap girdileri ve sonuçları.....	59
Çizelge 4.11.	1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 77 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m^3/sn).....	59

Çizelge 4.12. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m ³ /sn).....	60
Çizelge 4.13. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 77 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m ³ /sn).....	60
Çizelge 4.14. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m ³ /sn).....	61
Çizelge 4.15. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Ortalama PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m ³ /sn).....	61
Çizelge 4.16. ASTER görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilen DSİ Sentetik Yöntemi hesap girdileri ve sonuçları.....	62
Çizelge 4.17. ASTER görüntüleri kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve CN 77 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m ³ /sn).....	63
Çizelge 4.18. ASTER görüntüleri kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve CN 80 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m ³ /sn).....	64
Çizelge 4.19. ASTER görüntüleri kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve CN 77 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m ³ /sn).....	64
Çizelge 4.20. ASTER görüntüleri kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve CN 80 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m ³ /sn).....	64
Çizelge 4.21. ASTER görüntüleri kullanılarak Ortalama PLV katsayıları ve CN 80 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m ³ /sn).....	65
Çizelge 4.22. ASTER görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilen Mockus Birim Hidrograf Yöntemi hesap girdileri ve sonuçları.....	66
Çizelge 4.23. ASTER görüntüleri kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve CN 77 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m ³ /sn).	66
Çizelge 4.24. ASTER görüntüleri kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve CN 80 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m ³ /sn).	67
Çizelge 4.25. ASTER görüntüleri kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve CN 77 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m ³ /sn).	67
Çizelge 4.26. ASTER görüntüleri kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve CN 80 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m ³ /sn).	68
Çizelge 4.27. ASTER görüntüleri üzerinde Ortalama PLV katsayıları kullanılarak, CN 80 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m ³ /sn).....	68
Çizelge 5.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi ile Çerkeş PLV ve CN 80 değerleriyle bulunmuş debi değerlerine göre analiz sonuçları.....	75

Sayfa

Çizelge 5.2. Bulak Deresinde belli yıllar aralığında yapılan debi ölçümlerinin maksimum değerinin eklenmesiyle yapılan analizin sonuçları.....	78
Çizelge 5.3. Giriş suyu yüksekliği hesabı için regresyon katsayıları.....	79
Çizelge 5.4. Giriş suyu yüksekliği hesap sonuçları.....	79

EKLER DİZİNİ
(Aşağıdaki ekler arka kapaktaki ceptedir)

Ek I. Çalışılan Bölgenin Jeolojik Haritası

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- A : alan
A_{kr} : ıslak alan
B : menfez genişliği
cm : santimetre
c : zemin geçirimlilik katsayısı
C : yüzeysel akış katsayısı
C_M : McMath Metoduna göre yüzeysel akış katsayısı
C_B : bitki örtüsüne bağlı katsayı
C_Z : zemin cinsine bağlı katsayı
C_T : topoğrafik yapıya bağlı katsayı
D : suların toplanma zamanına karşılık gelen yağış süresi
D_k : kritik akım yüksekliği
D_n : normal su yüksekliği
ET_{ga} : gerçek buharlaşma miktarı
ET_p : potansiyel buharlaşma miktarı
F : menfez içinden yönlendirilen ortalama çıkış akışının işlevi
h_{akış} : artık akış yüksekliği
h' : hava payı
h : toplam su yüksekliği
H : menfez yüksekliği
H_i : akarsu yatağındaki kot farkı
H_w : giriş suyu yüksekliği
I : yağış şiddeti
J_{menfez} : menfez eğimi
J_{kr} : kritik eğim
km : kilometre

km^2 : kilometrekare
K : havza katsayısı
L : akarsu uzunluğu
 L_c : çıkış noktası ile havzanın ağırlık merkezi arasındaki akarsu uzunluğu
 L_i : akarsu yatağı uzunluğu
m : metre
 m^2 : metrekare
 m^3 : metreküp
n : manning pürüzlülük katsayısı
P : 24 saat yinelemeli yağış
 q_p : 1 mm'lik akış verimi
 q_n : n yıl tekerrür süreli taşkın debisi
Q : taşkın debisi (m^3/sn)
 Q_p : pik debi
 R_{kr} : hidrolik yarıçap
s : saniye
S : harmonik eğim
 S_i : 10 eşit parçaya bölünmüş akarsu yatağında her bir parçanın eğimi
S' : maksimum kayıp (biriktirme)
 t_i : ana akarsu yatağındaki akış süresi
 t_1 : arazi üstü akış süresi
T : birim hidrograf süresi
 T_c : toplanma süresi
 T_p : hidrografın yükselme zamanı (saat)
 T_r : hidrografın alçalma süresi
 T_s : hidrografın taban süresi (saat)
 T_w : çıkış suyu yüksekliği
 U_{kr} : ıslak çevre
V : akım hızı
 V_b : birim hacim
 V_k : kritik akım hızı
 V_{max} : maksimum akım hızı
 V_n : normal akım hızı

V_1 : arazi üstü akış hızı

$^{\circ}\text{C}$: santigrat derece

KISALTMALAR

AGİ : Akım Gözlem İstasyonu

ASTER:Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
(Gelişmiş Uzay Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi)

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS)

CN : Akış (Toprak) Eğri Numarası

DSİ : Devlet Su İşleri

FHWA: The Federal Highway Administration (Amerikan Federal Karayolları İdaresi)

GDEM: Global Digital Elevation Model (Küresel Sayısal Yükseklik Modeli)

KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü

METI : Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan (Japonya, Ekonomi,
Ticaret ve Sanayi Bakanlığı)

MF : Maksimize faktörü

MGM : T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü

NASA : The National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve
Uzay İdaresi)

PLV : Plüviyograf Katsayısı

YADK: Yağış Alan Dağılım Katsayısı

BÖLÜM 1

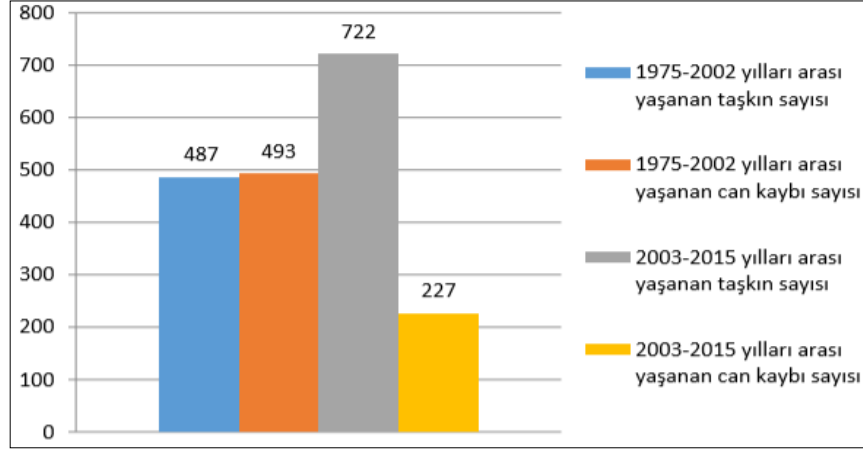
GİRİŞ

1.1. TAŞKIN

Taşkın, bir nehrin çeşitli nedenlerle yatağından taşarak, çevresindeki arazilere, yerleşim birimlerine, sanat yapılarına, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vererek, etki ettiği bölgede sosyo-ekonomik faaliyeti kesintiye uğratabilecek ölçüde bir akış büyüklüğünün meydana gelmesidir (Dernek, 2012). Akarsularda su seviyesi ve debi sabit değil değişkendir. Debinin ve su seviyesinin yüksek olduğu zamanlarda akım akarsu yatağından taşabilmektedir. Akarsuyun bu şekilde taşmasıyla can kayıpları yaşanıp, çeşitli zararlar oluşturabilmektedir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Taşkınlar her yıl büyük sayıda can kayıplarına ve ekonomik zararlara neden olmaktadır. Özellikle son yıllarda küresel ısınma ve arazilerin de bilinçsiz kullanılmasıyla taşkınların sayısında önemli miktarda artışlar meydana gelmiştir. Türkiye’de depremden sonra en büyük can kayıplarına ve maddi zararlara sebep olan doğal afet taşkınlardır (Çetin ve Tezer, 2013). Şekil 1.1’de Ülkemizde 1975-2015 yılları arasında yaşanan taşkınlar ve can kayıpları görülmektedir (<http://www.taskinyoneti.org.tr/>).

Taşkınlar maksimum debi, maksimum su seviyesi ve taşkın hacmiyle saptanabilir. Maksimum su seviyesi akarsu boyunca yapılacak seddelerin planlanmasında ve taşkın yayılım alanlarının belirlenmesinde gereklidir. Maksimum debi ise köprülerin, menfezlerin, taşkın kanallarının, dolu savakların projelendirilmesinde ve benzeri mühendislik yapılarında dikkate alınmaktadır. Taşkın hacmiyse taşkınların kontrolü için yapılacak depolama yapılarının hesaplamalarında önemli rol oynamaktadır (Bayazıt ve Önöz, 2008).



Şekil 1.1. Türkiye’de 1975-2015 yılları arasında yaşanan taşkınlar ve can kayıpları (<http://www.taskinyonetimi.ormansu.gov.tr/>).

1.2. TAŞKIN NEDENLERİ

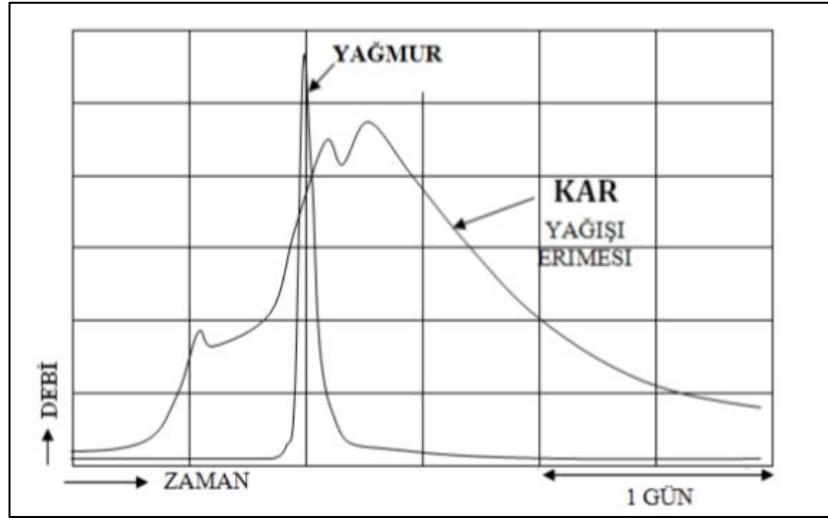
1.2.1. Havzanın Meteorolojik Özellikleri

Akarsuyun havzası içerisinde yaşanan meteorolojik olaylar oluşacak taşkın özelliklerini doğrudan etkileyebilmektedir (Doğu, 2016).

Yağış, sıcaklık ve rüzgar taşkınlara neden olan meteorolojik faktörler arasındadır. Yağışlar şiddet, süre ve oluşum şekilleriyle taşkınların oluşumuna etki etmektedir. Aşırı ve şiddetli yağışlarda sızma için yeterli zaman oluşamamakta ve buna bağlı yüzey akış artışı taşkınlara neden olabilmektedir. Yağışlar genellikle yağmur, kar ve dolu şeklinde gözlenmektedir. Yağmur şiddetine, süresine ve tipine bağlı olarak taşkın olayının meydana gelmesinde kısa süre içerisinde etkili olabilirken, kar ve dolu ise erimeye başladığında taşkında rol oynamaktadır. Karın erimesiyle yüzey altı ve yeraltı-suyu miktarlarında artışlar görülmektedir (Özdemir, 1978).

Dağlık kesimlerde hızlı kar erimesiyle meydana gelen kuvvetli akışlar, drenaj sisteminin yetersiz olduğu durumlarda büyük taşkınlar oluşturmaktadır. Yağmurların oluşturdukları taşkınlar ile karın oluşturduğu taşkınlar arasındaki en önemli fark, oluşturacakları hidrografların (debinin zamana bağlı değişim grafiği) özelliklerinde saklıdır (Şekil 1.2). Yağmurların oluşturdukları taşkın hidrografında debinin

maksimum olduğu değer yüksek ve taşkın pikini oluşma süresi kısadır. Karın oluşturduğu taşkın hidrografında pik değer oluşma dönemi daha uzun sürer. Her ne kadar yağmurların oluşturdukları akımlar yüksek debilerin oluşmasına sebep olsa da, kar erimesininin oluşturduğu akımların hacimleri çok daha büyük olmaktadır. Şiddetli yağmurlar ve hızlı kar erimeleri birlikte oluşuyorsa ve yan kollardaki seviyeler bu sebeple aynı anda yükseliyorsa, mansapta tehlikeli taşkınlar oluşacaktır (Linsley vd, 1983).



Şekil 1.2. Aynı havzada oluşabilecek farklı taşkın hidrografları (Uçar, 2010).

Dolu, genellikle sıcaklık 0°C 'nin üzerindeyken yağar, bu yüzden erimesi kara göre daha hızlıdır ve daha kısa sürede yüzeysel akışa geçer. Kar ile kıyaslandığında dolu, taşkınlar üzerinde daha etkilidir (Özdemir, 1978).

Sıcaklık taşkına etki eden diğer bir meteorolojik faktördür. Taşkın anında meydana gelen sıcaklık değişimi, yağışın türünü doğrudan etkileyeceğinden taşkın hidrografını da etkileyecektir. Sıcaklık 0°C 'nin altındayken genellikle kar yağışı görülmekteyken, 0°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda yağmur ve dolu yağışı görülmektedir. Bu yüzden sıcaklık, taşkın hidrografının şekline etki edecek ve böylece yağıştan akışa geçen miktarda direkt etkileyen bir faktör olacaktır. Ülkemizde özellikle Mart ve Nisan aylarında kısa sürede havanın ısınmasıyla oluşacak kar erimesi ve şiddetli yağışların beraber görülmesi ani taşkınlar için neden olabilmektedir. Bu durumda; taşkın pik değerine ulaşma zamanı kısa olup, yüksek eğime sahip bölgelerin mansap kısmında

düşük kotlarda bulunan yerleşim yerleri için tehlikeli durumlar görülebilir (Uçar, 2010).

Taşkına etki eden bir diğer meteorolojik faktör rüzgârlardır. Karın erimesindeki etkisiyle, rüzgâr taşkınları hızlandırmaktadır. Ayrıca basınç ve nem gibi etkenler de taşkınları dolaylı yoldan etkiler (Uçar, 2010).

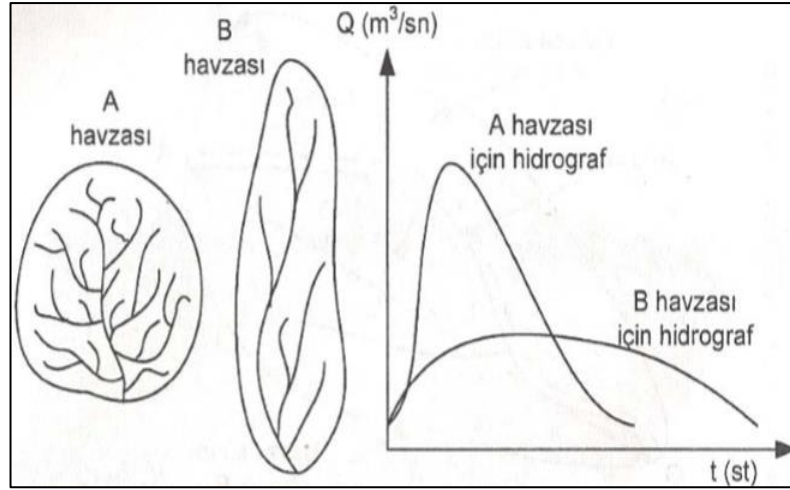
Şiddetli yağışlar sonucunda taşıma gücü düşük, yamaç hareketlerine meyilli zeminlerde sık sık heyelanlar görülmektedir. Heyelanlarla birlikte büyük toprak kütlelerinin akarsuya doğru hareket etmesi, akarsu kesitinin daralmasına sebep olarak taşkınların çevreye daha çok zarar vermesine neden olacaktır. Akarsular vasıtasıyla sürüklenen sedimentler (rüsubatlar) akarsu üzerinde bulunan köprü, menfez vb. gibi sanat yapılarının membasında birikerek akımın geçişini engelleyecek ve su seviyesinin artmasına neden olabilecektir. Dolayısıyla heyelanlar taşkınların şiddetini arttırarak etkilerinin daha fazla hissedilmesine neden olabilmektedirler (Uçar, 2010; Beden, 2019).

1.2.2. Havzanın Yapısal Özellikleri

1.2.2.1. Havzanın Şekli ve Büyüklüğü

Havzanın şekli taşkın debisini ve taşkın pike ulaşma süresini etkileyen doğal kaynaklı faktörlerdendir. Havzanın mansabında meydana gelecek bir taşkın hidrografi incelendiğinde, aynı alana sahip iki havzadan, uzun ve ince şekle sahip havzalarda toplanma zamanı daha uzunken, kısa ve yuvarlak şekle sahip olanda daha kısa olduğu görülebilir. Uzun havzalarda taşkın debisi çıkış noktasına zamana yayılarak daha geç ulaşacağından maksimum değeri daha küçük olur, kısa ve yuvarlak havzalardaysa pik değere ulaşma süresi daha kısa olacaktır (Beden, 2019).

Şekil 1.3'te havza şeklinin taşkın hidrografına etkisi görülebilmektedir (Usul, 2008).



Şekil 1.3. Havza şeklinin hidrografa etkisi (Usul, 2008).

1.2.2.2. Zeminin Doygunluğu

Zemin önceki yağışlarda yeterince neme doymuş ise, üzerinde akışa geçen suyun çok az bir miktarının süzülmesine izin vermektedir. Zeminin doymuş olması, taşkınlar için olumsuz bir faktördür. Ayrıca ilkbaharda yağmur yağışı ve kar erimesiyle yüzeysel akışa geçen su miktarı daha fazla olurken, daha az yağışlı ve sıcak geçen sonbahar, doymuşluk derecesi daha düşük olacak ve yağış suyu zemin içerisine daha fazla süzülecektir. Serin ve yağışlı geçen sonbaharlarda ise yüzey akışı daha fazla olacaktır (Gürer, 1998).

1.2.2.3. Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü, yüzeysel akışı yavaşlatıp ve zemine suyun süzülmesini sağlayarak yüzeydeki suyu azalttığı için taşkınların etkisini azaltmada kullanılan bir faktördür. Drenaj alanında yeterli bitki örtüsü olmaması durumunda ise, yağıştan süzülen su miktarı az olacak buna bağlı olarak da yüzeyel su miktarı da artacaktır. Bu da doğal olarak yataktaki su seviyesini arttıracaktır. Bu tür havzaların membalarında ağaçlandırma yaparak önlem alınabilir (Uçar, 2010).

1.2.2.4. Eğim

Havzanın eğiminin yüksek olması, yüzey akışının hızını artırırken süzülme yi azaltmaktadır. Hız arttığından nehir yatağına ulaşacak su miktarı artmaktadır (Uçar, 2010). Aynı taşkın hacmine sahip iki havzadan, yüksek eğime sahip havzanın taşkın debisi düşük eğimli havzaya göre daha büyük, pike ulaşma süresi daha kısa olacaktır (Ward ve Stanley, 2004).

1.2.2.5. Depolama Kapasitesi

Drenaj alanında bulunan çukurlarda oluşacak yüzey depolamaları taşkın pikinde büyük ölçüde düşüşe sebep olacaktır. Jeolojik yapısı karstik olan dolin ve benzeri yapılarda oluşan akış bir süre depolanarak taşkın etkisini bir miktar azaltabilecektir. Havza depolaması hem yüzey üzerinde hem de yeraltı sularında olabilir. Yeraltı sularında meydana gelen depolanmalar yaşanılacak ani taşkın sırasında taşkın şiddetini artırarak daha yıkıcı etkiler yaratabilir.

Bunlara ek olarak akarsu kollarının sıklığı ve yeraltı akiferinin kapasitesi taşkın etkileyen doğal faktörlerden sayılabilir (Uçar, 2010).

1.2.3. Beşeri Faktörler

Taşkın oluşmasında insan etkisi büyük önem taşımaktadır. Taşkınların oluşması için meteorolojik ve jeolojik şartların oluşması gereklidir (Uçar, 2010). Taşkın neden olan beşeri faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kirmencioğlu, 2015).

1. Dere yatağı içerisine bina benzeri yapıların yapılması
2. Dere yataklarının üzerinin kapatılması
3. Yol ve dolgu yapımı sırasında dere yataklarının kesitinin daraltılması
4. Uygun boyutta yapılmayan menfez, büz benzeri geçiş yapıları
5. Tekniğine aykırı ve izinsiz köprü yapımı
6. Dere yataklarından izinsiz malzeme alımı
7. Çarpık kentleşme

Bu çalışmada 02.02.2016 tarihinde Karabük İli Safranbolu İlçesi sınırlarından geçen Bulak Deresi'nde yaşanan taşkın ele alınmıştır. DSİ 23. Bölge Müdürlüğü (2016) 'nın taşkın raporunda; taşkın Bulak Deresi üzerine Karabük Belediyesi tarafından inşaa edilmekte olan Bulak Kanyonu Köprüsü yapımı sırasında dere yatağının kazı malzemesi ile doldurulması sonucunda meydana geldiği belirtilmektedir. Ayrıca yapılan izinsiz dolgu sonrasında sular dolgunun membasında birikerek göllenme oluşturmuş ve akabinde dolgunun patlamasıyla biriken suların kontrolsüz akışıyla taşkın meydana geldiği ifade edilmiştir (DSİ, 2016) (Şekil 1.4).



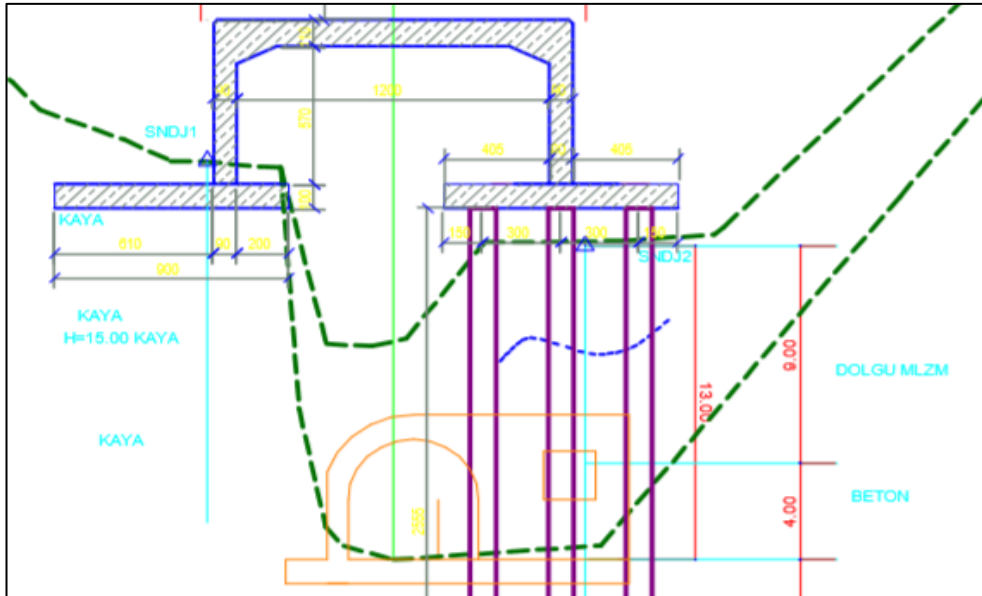
Şekil 1.4. Dere yatağına izinsiz yapılan dolgu (DSİ, 2016).

DSİ (2016)'da taşkın nedeniyle, 4 ev su altında kalmış, 1 ev ve 1 ahır yıkılmış olup ahırda bulunan hayvanların telef olduğu belirtilmiştir. Kastamonu-Karabük Karayolu altında bulunan menfezin yıkılmasıyla yol bir süreliğine ulaşıma kapanmış ve Bostanbükü Köyü içerisindeki köprü yıkılmıştır. Kastamonu-Karabük Karayolu yakınında bulunan isale hattı ve diğer altyapı hatları da zarar görmüştür (DSİ, 2016). Şekil 1.5.'te tahrip olan Kastamonu-Karabük Karayolu verilmiştir.



Şekil 1.5. Taşkın sonrası Kastamonu-Karabük Karayolu (DSİ,2016).

Bu çalışmada taşkında tahrip olmuş menfez yerine KGM tarafından yeni yapılan mevcut menfezin hidrolik hesapları yapılacaktır. DSİ'den elinde tahrip olmuş söz konusu menfeze ait herhangi bir verinin bulunmadığı bilgisi alınmıştır. Fakat Aksökü (2019) tarafından sözlü görüşme neticesinde elde edilen tahmini eski menfez kesiti Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1.6. Taşkında tahrip olmuş menfezin tahmini kesiti (Aksökü, 2019)

1.3. MENFEZLER

Yağışın akışa dönüştüğü kısmını taşıyan doğal dere yataklarının yolu kesmesi durumunda, yağıştan dolayı yüzeysel akışa geçen yağış sularının yola zarar vermeden yolun altından geçirilmesi amacıyla yapılan drenaj yapılarına menfez denilmektedir (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Menfezler yol ile akarsuların çakıştığı havzalarda, akarsuların akışını devam ettirmeleri için yapılacak yolun işletme ömrü boyunca su yüzünden zarar görmesini engelleyerek; yolun altından insan, hayvan ve araçların geçmesine olanak sağlayan sanat yapılarıdır. Ana işlevi yolun bir tarafından diğer tarafına geçişi sağlamak olan menfezlerin kullanım amacına ya da bulunduğu yere göre farklı çeşitleri vardır. Menfezler; yaya ya da araç geçişlerine elverişli yapıda projelendirilirse altgeçit olarak da kullanılabilirler. En çok betonarme menfezler kullanılsa da farklı boyut ve biçimlerde çelik ya da boru şeklinde plastik menfezlerde tercih edilmektedir. Daha basit eski tip menfezlerdeyse taş duvar ya da killi yapılar görülmektedir (Özel, 2019).

1.4. MENFEZ ÇEŞİTLERİ

Suyu drene etmek için inşa edilen menfezlerde en önemli unsur hidrolik kapasitedir. Menfezler aynı hidrolik kapasiteye sahip değişik kesitlerde yapılabilir. Yaya, hayvan ya da altgeçit olarak kullanılacak menfezlerde ise yol dolgusu kotu kesit boyutlarının belirlenmesinde önemlidir. Menfezler akarsuyun debisine göre uygun tipte seçilip akar kotları saptanarak inşa edilirler (Özel, 2019).

Karayolu Teknik Şartnamesi (2013)'e göre 4 tip menfez çeşidi bulunmaktadır, bunlar aşağıda verildiği gibidir.

1. Boru Menfezler (Büz Menfezler)
2. Kutu Menfezler (Box Menfezler)
3. Kemer Menfezler
4. Tabliyeli Menfezler (Standart Köprüler) (Karayolu Teknik Şartnamesi, 2013).

1.4.1. Boru (Büz) Menfezler

Boru (Büz) menfezler genel olarak dolgu yüksekliğinin az olduğu yerlerde kullanılırlar. Acil durumdaki yol projelerinde ya da bakım maksatlı işlerde beton veya betonarme olarak önceden dökülmüş büzler kullanılırlar. Karayolu Teknik Şartnamesinde (2013), büz tipleri, çeper kalınlıkları, büzlerin yerleşimi, beton ve donatı çelikleri standartlaştırılmıştır (Özel, 2019). Şekil 1.7’de büz menfeze örnek verilmiştir (<https://www.humes.co.nz/concrete-precaster/wing-walls/>).



Şekil 1.7. Boru (Büz) menfez.

1.4.2. Kutu (Box) Menfezler

Kutu menfezler en çok kullanılan menfez çeşididir. Üst ve alt plak, yan duvarlar, memba ve mansapta suyu toplamak için bulunan kanat duvarlardan oluşan dikdörtgen kesitli olup betonarme olarak inşa edilirler. Tek, çift ve üç gözlü olarak projelendirilebilirler. Yüksekliği değiştirmeden açıklıkları artırılarak hidrolik kapasitesi artırılabilir. KGM tarafından hazırlanmış “Standart Tek Gözlü Menfez Tipleri 2005” ve “Standart Kutu Menfez Tipleri 2012” yönetmeliklerinde farklı yükseklikteki dolgular için farklı ebatlardaki menfezlerin donatı detayları, projelendirilmesine ve yapımına ilişkin notlar verilmiştir (Özel, 2019).

Şekil 1.8’de Karabük-Kastamonu Karayolu altında bulunan kutu menfez verilmiştir.



Şekil 1.8. Karabük-Kastamonu Karayolu altında bulunan menfezin mansap tarafı.

1.4.3. Kemer Menfezler

Beton ya da kagir kemerli olarak inşa edilen bu menfezler yüksek dolgular altında kullanılırlar. İmalatlarında “Köprü Tipleri-Kemerli Menfez” kitapçığı kullanılmaktadır (Karayolu Teknik Şartnamesi, 2013). Şekil 1.9’da kemer menfez görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1.9. Kemer menfez örneği.

1.4.4. Tabliyeli Menfezler

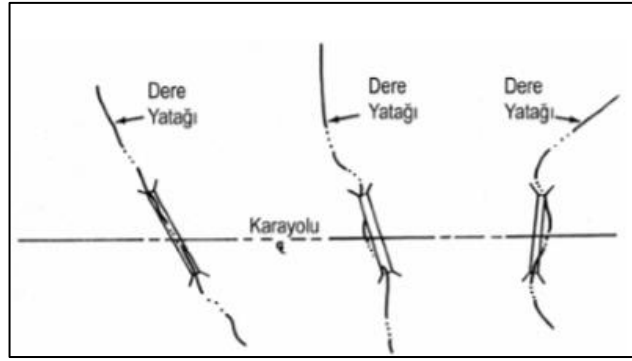
Karayolu Teknik Şartnamesi'ne (2013) göre tabliyeli menfezler, beton veya kagir ayaklardan ve ricat duvarlarıyla üst tabliyeden oluşmaktadırlar. Bu menfezlerde iki kenar ayaklarının arasındaki mesafe 10 m'den küçüktür. İmalatlarında “Standart Tabliyeli ve Kemerli Menfez” kitapçığı kullanılmaktadır (Karayolu Teknik Şartnamesi, 2013).

1.5. MENFEZ TASARIMI

Menfez boyutlandırılması doğru yapılmaz ise aşırı yağışlardan sonra dere yataklarında sular kabarak yolun kapanmasına, yol dolgusunun erozyonuna veya dolgu ya da dolgu altındaki zeminin taşıma gücünün azalmasına sebep olmaktadır. Menfez yakınlarındaki kaplamalarda oturma, deformasyon vb. bozulmaların çoğunun uygun boyutta tasarlanmayan menfezlerden kaynaklandığı unutulmamalıdır (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

1.5.1. Menfezlerin Yatay ve Düşey Yerleşimi

Drenaj sistemlerinin yeterli çalışması için menfezlerin dere yataklarına yerleşimi çok önemlidir. Menfez kesitleri her ne kadar yeterli olsa bile düzgün yerleştirilmediğinde menfezin hidrolik kapasitesi aşılabılır. Bu yüzden menfezler yerleştirilirken dikkat edilmesi gereken en önemli husus doğal dere yatağıyla düzenli çalışmasını sağlamak amacıyla menfezin doğal dere yatağı üzerine yerleştirilerek yapısal stabiliteyi korurken aynı zamanda da işletme maliyetlerini en aza indirmektir. Bu şartlar her zaman sağlanmayabilir. Bazı akarsular şekli itibariyle tek menfezle geçilemez, böyle durumlarda akarsu yataklarında Şekil 1.10'da görüldüğü gibi bazı düzenlemeler yapılmalıdır. Menfezler dolguların tabanlarına yerleştirilirler. Bu durum çok istenen bir yöntem değildir, menfezler şartlar el verdiğiince doğal zemine yerleştirilmelidir (Özel, 2019).



a) Doğal dere yatağı üzerine menfezlerin yerleşimi



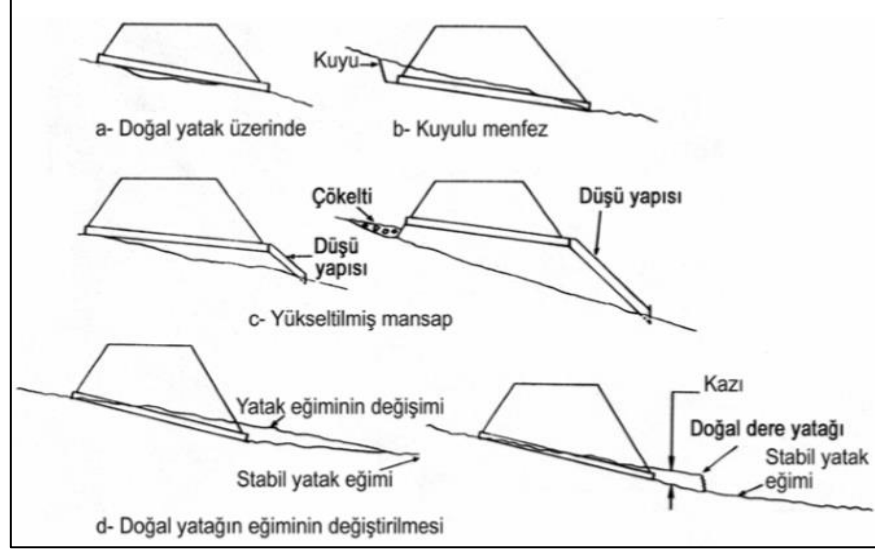
b) Düzenlenmiş dere yatağı üzerinde menfezlerin yerleşimi

Şekil 1.10. Menfezlerin yatay yerleşimi (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Menfezler doğal dere yatağına yerleştirildiği zaman, dere akışı menfez girişi ve çıkışında bozulmayacağı için çökelti, su kabarması vb. gibi sorunlar meydana gelmeyecektir (Şekil 1.10a). Eğer doğal dere yatağına çok uzun bir menfez yapılması gerekiyorsa menfezle yol eksenini arasındaki açı azaltılıp, menfez boyu kısaltılmalıdır (Şekil 1.10b). Ancak dere yatağının eğimi ile çok fazla oynanırsa çökelti, oyulma, su birikmesi vb. sorunların meydana geleceği unutulmamalıdır. Bunlara ek olarak doğal dere yatağının çok keskin dönüş yaptığı yerlerde, yol gövdesinde erezyona sebep olacağı ve çökelti potansiyelini arttıracığı unutulmamalıdır (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Şekil 1.11’de görüldüğü gibi menfezlerin düşey yerleşiminde doğal dere yatağının düşey ekseninin üzerinde olmasına dikkat edilmelidir. Menfezin tabanı doğal dere

yatağının üzerine yerleştirilmelidir. Doğal dere yatağının üzerine yerleştirilmeyen menfezlerde oluşacak çökelti, oyulma vb. sorunların giderilmesi için gerekli önlemler alınmalıdır (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).



Şekil 1.11. Menfezlerin düşey yerleşimi (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

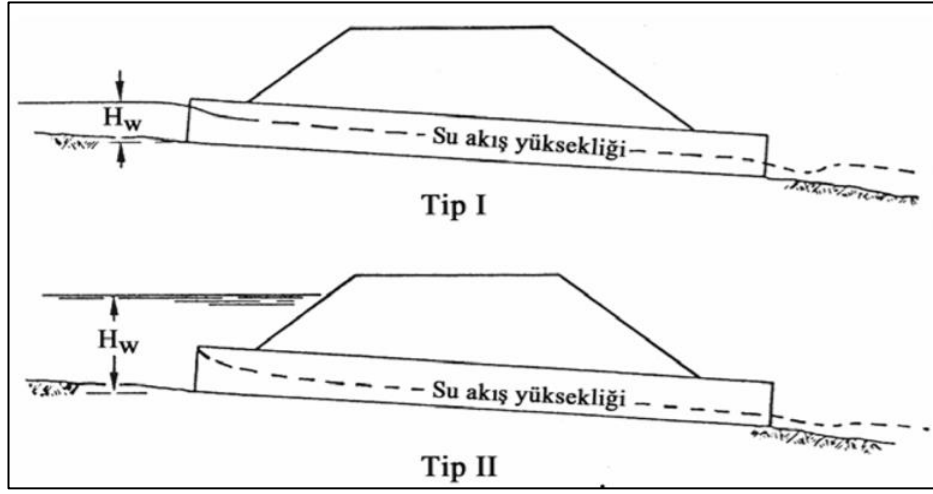
Menfezler doğal dere yatağıyla aynı eğimde ve dere yatağının ekseni üzerine yerleştirildiğinde menfezin memba ve mansabında ek bir önlem olmak gerekmez. Fakat bazı sebeplerden dolayı menfezler doğal dere yatağının eğiminde yapılamaz, böyle zamanlarda ilave tedbirler almak gerekir. Bu sebeple menfezin membasında oluşacak oyulmaları ve mansabında oluşacak çökeltiyi önlemek amacıyla beton, kazı veya anroşman kaplı dere yatakları yapılarak akış yatağı sağlam zemine oturtulmalıdır. Dere yatağının eğimi %10'dan fazla olduğunda suyun akış hızı artacağından menfezin tabanında aşınmalar meydana gelebilir, bu nedenle menfez tabanı dayanıklı inşa edilmeli ve menfezin membasında dere yatağı üstüne enerji kırıcı, dinlendirme çukuru vb. tedbirler ile akış hızı azaltılmaya çalışılmalıdır. Dere yatağının eğiminin azaltılması gerekiyorsa menfezin memba kısmında beton deşarj kanalları yapılarak yol dolgusunun erezyona uğraması engellenebilir (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

1.5.2. Menfez İşletme Şartları

Menfezlerde akış hızını belirleyip, boyutunun seçilmesi için menfezlerin işletme şartlarını saptamak gerekir. Menfez işletme şartları iki farklı yolla belirlenir.

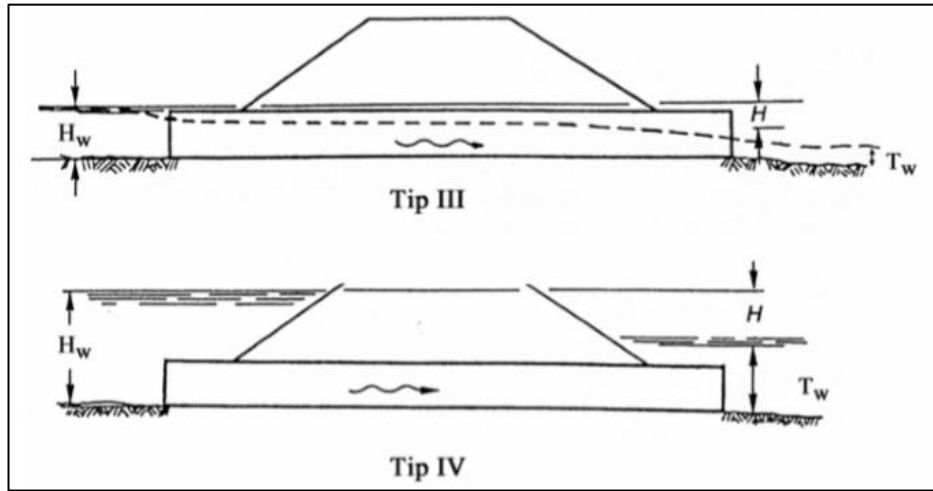
1. Giriş kontrollü menfez (girişte su kabarması)
2. Çıkış kontrollü menfez (çıkışta su kabarması) (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Karayolu Tasarım El Kitabı (2005) 'na göre menfez tasarımında girişte su kabarmasına izin verilerek hız ve debi hesabının buna göre yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Şekil 1.12'de iki farklı giriş kontrollü menfez çeşitleri verilmiştir.



Şekil 1.12. Giriş kontrollü menfez işletme şartları (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Zorunlu durumlar dışında menfezlerin çıkışında su kabarmasına müsaade edilmez. Çıkışta su kabarmasına izin verildiğinde gerekli önlemlerin alınması gerekir (Şekil 1.13) (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).



Şekil 1.13. Çıkış kontrollü menfez işletme şartları (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Şekil 1.12 ve Şekil 1.13'te verildiği gibi menfezlerde akan su yüksekliği değişebilir. H, menfezdeki su seviyesi ile giriş su seviyesi arasındaki fark olarak tanımlanabilir. Bu değişim giriş suyu yüksekliği (Hw), çıkış suyu yüksekliği (Tw) ve kritik akım yüksekliği (Dk) ile saptanacaktır. Bunlara ek olarak menfezin debisine ve akımın hızına bağlı olarak sabit akış su yüksekliğine denk gelen normal su yüksekliği (Dn) saptanacaktır. Menfez kesitindeki kritik hız (Vk) maksimum debide meydana gelir. Şekil 1.12 ve Şekil 1.13'te verilen 4 tip menfez için işletme şartları aşağıda verilmiştir (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Tip I

1. $H_w \leq 1,2 H$ olduğunda girişte kabarma yok veya az (H:menfez yüksekliği)
2. Doğal dere yatağının oldukça az eğimli ve geniş olduğu durumlardaki menfez akımı
3. Kritik hız menfezin çıkışındadır.

Tip II

1. $H_w > 1,2 H$ olduğundan girişte kabarma var

Tip III

1. $H_w \leq 1,2 H$ olduğundan girişte kabarma yok veya az
2. Dağlık arazide görülen akım şekli

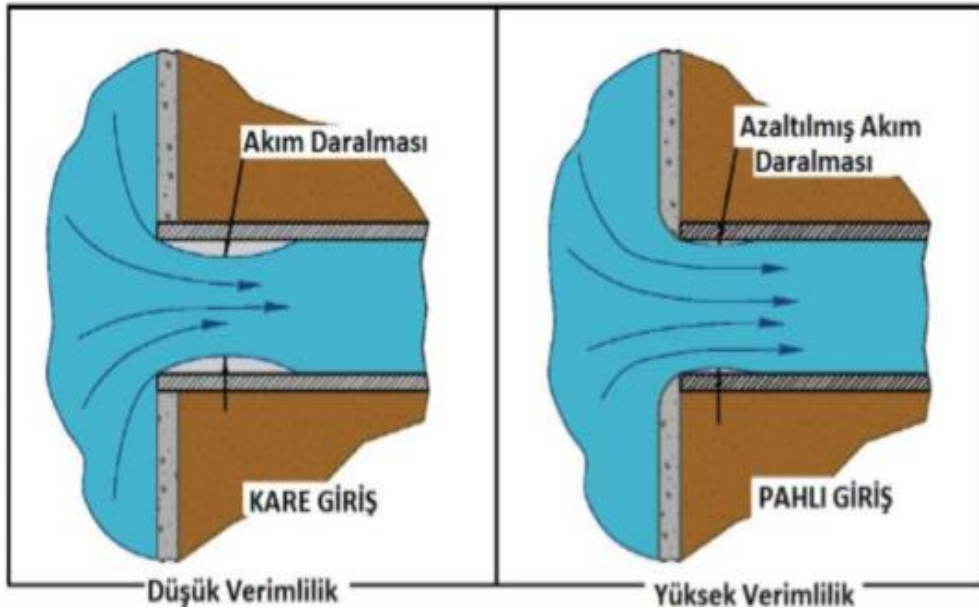
Tip IV

1. $H_w > 1,2 H$ olduğundan girişte kabarma var
2. $T_w > H$ olduğundan çıkışta kabarma var
3. Bu koşullarda menfez tam dolu akmaktadır.

Normal su yüksekliği kritik akım yüksekliğinden küçük ise ($D_n < D_k$) menfez girişinde kabarmaya karşı önlem alınmalıdır. Normal su yüksekliği kritik akım yüksekliğinden büyük ise ($D_n > D_k$) menfezin çıkışında kabarmaya karşı önlem alınmalıdır. Minimum akım hızının sağlanabilmesi için menfez eğiminin en az %0.5 olması gerekmektedir. Aşırı akım hızlarının önüne geçmek içinse maksimum menfez eğimi %10 olmalıdır (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

1.5.3. Menfezlerde Giriş ve Çıkış Yapıları

Menfezlerin giriş ve çıkış yapıları öncelikli olarak yapısal sağlamlığı, yol dolgusunu tutması ve erozyon kontrolü de dikkate alınarak tasarlanır. İmalatları prefabrik ya da yerinde dökme olmak üzere iki farklı şekilde olabilir. Uygun giriş yapısının seçilmesi menfezlerde hidrolik kapasiteyi geliştirebilir. Dere yatağı menfezin girişinden daha geniş olduğundan girişte akım daralır, böylece ilk akış kontrolü sağlanmış olur. Kare girişe nazaran yumuşatılmış pahlı girişlerde akış kademeli bir geçiş yapar bu sayede enerji kaybı azalacak ve hidrolik açıdan daha verimli bir giriş şartı oluşacaktır (Şekil 1.14).



Şekil 1.14. Menfezlerde akım kontrollü giriş yapıları (FHWA, 2012; Özel, 2019).

Sık sık kullanılan kanat duvarları enerji kaybını azaltmak için kullanılır (Şekil 1.15). Menfezlerin çıkış yapıları doğal dere akışının hızına uyumlu olabilmesi için akış hızının azaltılması ve dolguları desteklemek için yapılmaktadır (Özel, 2019).



Şekil 1.15. Kanat duvarlı menfez girişi (FHWA, 2012).

1.6. MENFEZLERİN HİDROLİK TASARIMI VE TAŞKIN DEBİLERİNİN BELİRLENMESİ

Menfezler akarsuların üzerine inşa edileceklerinden taşkınların rolü mutlaka göz önüne alınmalıdır. Yüzey ve yeraltı suları yol dolgusunu suya doygun biçime getirerek, trafik yüklerinin de etki etmesiyle boşluk suyu basıncını arttıracak ve böylece zeminin içsel sürtünme açısı azalarak dolgunun taşıma gücünün azalmasına yol açacaktır. Bunun sonucunda, çökmeler oluşmakta, maddi ve manevi hasarlar ortaya çıkabilmektedir. (Öztürk vd, 2003).

Menfezler yağıştan akışa geçen yüzeysel suları drene eden yapılardır. Menfezlerin projelendirilmesinde yola en uygun şekil seçilerek en uygun ekonomik şartlarda menfezin verimi dikkate alınır. Menfezler uygun boyutlandırılmazsa aşırı yağışlarla beraber akışa geçen sular yol dolgusunun erozyonuna sebep olabilir. Bu durum dolgunun stabilitesini azaltarak menfez üstündeki yol kaplamalarında deformasyonlara ve oturmalara sebebiyet verebilmektedir (Özel, 2019).

Menfezler belirli bir ihtimalle gelebilecek taşkın debisine göre boyutlandırılırlar. Büyük zararların oluşmaması için taşkın analizleri doğru yapılmalıdır (Öztürk vd, 2003).

Karayolunda yapılması planlanan menfezlerin tasarımına geçmeden önce sistemde yapıyı etkileyecek taşkın debilerinin saptanması gereklidir. Taşkın debisinin saptanması, projelendirmedeki en karmaşık ve en önemli basamaktır. Taşkın debisinin yanlış hesaplanması, inşa edilecek menfezin yanlış projelendirilmesi demektir. Debinin hesaplanmasında hata yapılarak gerçek değerden daha küçük bulunması, menfezlerin kapasitesinin yetersiz olmasına sebep olur bu da karayolunun tahrip olmasına ve buna bağlı olarak can ve mal kayıpları gözlenebilir. Debinin gerçek debiden büyük hesaplanması ise yapılacak menfezin gerçekten fazla kapasiteye sahip olması ve sonuç olarak ekonomik olmayan bir tasarım doğuracaktır (Çalışkan, 2007).

Taşkın havzası küçük olan bölgelerde çoğunlukla akım gözlem istasyonu (AGİ) bulunmaz, bu nedenle ölçülmüş debi değerleri olmadığından yağış gözlem istasyonundan alınan veriler yardımıyla taşkın analizi yapılır.

Taşkın debisi kadar akımın hızı da oldukça önemlidir. Menfezlerin içinde suyun optimum bir hızla akması istenir. Akım hızının büyük olması menfezlerin erozyon sonucunda aşınarak zarar görmesine sebep olur. Akım hızının çok küçük olması da akarsuda bulunan katı maddeler birikip kesitin tıkanmasına sebep olabilir (Çalışkan, 2007).

Manning formülü yardımıyla hız ve debi bulunabilir (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Highway Design Manual, 2018). Eşitlik 1.1’de Manning formülü verilmiştir. Eşitlik 1.2 yardımıyla hız kullanılarak debi hesaplanabilir.

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (1.1)$$

$$Q = V * A \quad (1.2)$$

V: Akım hızı (m/s)

n: Manning pürüzlülük katsayısı

S: Dere yatağının eğimi

R: Hidrolik yarıçap (m)

A: Alan (m²)

Q: Debi (m³/s)

Menfezler tasarlanırken çevre koşulları dikkate alınarak menfezin cinsi seçilir ve kesiti boyutlandırılır. Menfez boyutlandırılırken dikkat edilen en önemli unsur menfezin membasına gelecek debi miktarıdır. Bu yüzden karayolu projelerinde öncelikle yol güzergâhı üzerinde dere yatakları ve buna bağlı olarak drenaj alanları (havza) saptanmalıdır.

Buna ek olarak havzanın yağış miktarına ve güzergah üzerinde mansapta oluşabilecek taşkına göre debi hesaplanmalıdır. Hidrolik tasarımdaki en önemli ölçüt havzada gerçeğe en yakın debiyi veren metotun seçilmesidir (Özel, 2019).

Taşkın debisi hesapları akarsu üzerindeki AGİ'den alınan akım verileri yardımıyla veya üzerinde AGİ bulunmaması halinde ise yağış gözlem istasyonlarından alınan veriler yardımıyla yapılır.

Yağışla akışa geçen nehirlerde taşkın debisi; Rasyonel Metot, McMath Metodu, Mockus Yöntemi ve DSİ Sentetik Yöntem gibi çeşitli yöntemler kullanılarak hesaplanabilir (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005). Çizelge 1.1'de Netcad'in çalışmalarına göre farklı metotlar için gerekli tercih şartları verilmiştir.

Havzanın en uç noktasına düşen yağmurun menfeze varması için geçen zamana toplanma süresi (Tc) denir. Tp ise hidrografın yükselme zamanıdır.

Çizelge 1.1. Farklı metotlar için kullanım şartları (<http://portal.netcad.com.tr>).

Drenaj Alanı (km ²)	Tasarım Metodu	Toplanma ve Yükselme Zamanı
<1	Rasyonel	Yok
1-10	Mockus	Tc<30 saat
10-1000	DSİ Sentetik	Tp≥2 saat
>1000	Synder	Yok

1.6.1. Rasyonel Metot

Karayolu Tasarım El Kitabı (2005) 'na göre yağıştan akışa geçen debinin hesabında kullanılacak yöntemlerden biri de Rasyonel Metottur. Öztürk vd. (2003), makalelerinde bu yöntemin havza alanı 1 km²'den küçük bölgelerde kullanılmasının daha uygun olacağını belirtmişlerdir. Bu metotla bulunacak debi Eşitlik 1.3'te verilen bağıntıya göre hesaplanabilmektedir (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$Q = C * I * A / 3.6 \quad (1.3)$$

Q: Taşkın debisi (m³/s)

C: Yüzeysel akış katsayısı

I : Yağış şiddeti (mm/saat)

A : Yağış havzası alanı (km²)

Belirli bir yağış havzası için yağıştan oluşan yüzeysel akış miktarı yağışın şiddetine bağlıdır. Yağış şiddeti frekansın (tekerrür süresi) artmasıyla, yağış süresinin kısalmasıyla ve yağış alanının küçülmesiyle artar. Yağış şiddeti, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından hazırlanan Yağış – Şiddet – Süre – Tekerrür Eğrileri'ne göre belirlenir. Taşkın tekerrür aralığı Çizelge 1.2'den seçilmektedir (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Çizelge 1.2. Drenaj elemanlarının taşkın tekerrür aralıkları (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Drenaj Elemanı	Taşkın Tekerrür Aralığı
Refüj, Kenar, Kafa, Topuk Hendekleri	10 Yıl
Palye Hendekleri	10 Yıl
Kademeli Hendekler	10 Yıl
Özel Hendekler	10 – 25 Yıl
Toplayıcı Borular (Kollektörler)	2 – 10 Yıl
Enine Deşarj Yapıları	2 – 10 Yıl
Asfalt Bordür ve Düşük Olukları	10 Yıl
Şütler (Kolektöre Deşarj Durumunda)	10 Yıl
Şütler (Menfeze Deşarj Durumunda)	10 Yıl
Menfezler (Projelendirme için)	Önemine Göre Seçilecek
Menfezler (Kontrol için)	10 Yıl
Menfezler (Taşkın Alanının Önemine Göre)	100 Yıl
Menfez Giriş ve Çıkış Yapıları	10 Yıl
Köprüler	100 Yıl – 500 Yıl

Yağış şiddeti toplanma süresine bağlıdır. Bu yüzden yağış şiddetini (I) bulabilmek için önce toplanma süresinin hesaplanması gerekir (Çalışkan, 2007). Havzanın en uç noktasına düşen yağmurun menfeze varması için geçen zamana T_c denir ve bu sürenin sonunda akış pike ulaşır. Pik debiye göre tasarlanan menfez havzada birikmiş suları güvenle drene edecek boyutlara sahip olur (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

T_c , ana akarsu yatağındaki akış süresiyle (t_i) arazi üstü akış süresinin (t_1) toplamına eşittir. Toplanma süresi Eşitlik 1.4 yardımıyla hesaplanır (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Highway Design Manual, 2018).

$$T_c = t_1 + t_i \quad (1.4)$$

Arazi üstü akış süresi Eşitlik 1.5'ten bulunabilir (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Highway Design Manual, 2018).

$$t_1 = L_1 / 60V_1 \quad (1.5)$$

t_1 : Arazi üstü akış süresi (dakika)

L_1 : Arazi üstü akış uzunluğu (m)

V_1 : Arazi üstü akış hızı (m/s)

Arazi üstü akış hızı (V_1) arazi eğimi %2'den küçükse 0.08-0.15 m/s, %2 ile %4 arasında ise 0.15-0.21 m/s ve %4'ten büyükse 0.21-0.3 m/s alınmalıdır (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Ana akarsu yatağındaki akış süresi (t_i) Eşitlik 1.6 yardımıyla hesaplanır (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$t_i = 0.0195 \left(L^3 / H_i \right)^{0.385} \quad (1.6)$$

L: Akarsu yatağı uzunluğu (m)

H_i : Akarsu yatağındaki kot farkı (m)

Bulunan toplanma süresiyle tasarlanacak menfezin en yakınındaki meteoroloji istasyonuna ait Frekans – Yağış süresi – Yağış şiddeti abağından yağış şiddeti değeri mm/saat cinsinden saptanabilecektir (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Zeminin eğimine ve zemin özelliklerine bağlı olarak havzaya düşen yağmur sularının bir kısmı zemine doğru sızarken geri kalanı ise akışa geçmektedir. Havzaya düşen yağmurun hangi oranda akışa geçtiğini C katsayısı belirler. Arazinin eğimi arttıkça yüzeysel akış katsayısı artarken bitki örtüsü arttıkça azalır (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Sızma miktarları; kumlu zeminlerde 10 – 25 mm/saat, killi zeminlerde 0,3 – 3 mm/saat, kayalık zeminlerde ise 0,1 – 0,3 mm/saat olarak belirlenmiştir (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Highway Design Manual, 2018).

Farklı arazi şartları için C katsayıları Çizelge 1.3'ten alınabilmektedir.

Çizelge 1.3. C katsayıları (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Highway Design Manual, 2018).

Yol Platformu İçin	C Akış Katsayıları
Yol Platformu ve Kaplanmış Alanlar	0.9
Yüksek Eğimli Yarma veya Dolgu Şevleri ($\alpha > 45^\circ$)	0.8
Düşük Eğimli Yarma veya Dolgu Şevleri ($\alpha \leq 45^\circ$)	0.5
Düzenlenmiş Düşük Eğimli Alanlar (Refüj vs.)	0.3
Kırsal Havzalar İçin	
Geçirimsiz	0.90 – 0.95
Düz – Çıplak	0.80 – 0.90
Dalgalı – Çıplak	0.60 – 0.80
Yumuşak – Çıplak	0.50 – 0.70
Dalgalı – Çayırılık	0.40 – 0.65
Yaprakları Dökülen Orman	0.35 – 0.60
Çam Ormanı	0.25 – 0.50
Meyve Ağaçlıklı	0.15 – 0.40
Ziraat Arazisi	0.15 – 0.40
Kentsel Havzalar İçin	
Yoğun ve Kesintisiz Biçimde Yapılaşmış Kentsel Alan	0.80 – 0.90
Ticari/Kentsel Alan, Yakın Yapılaşma	0.70 – 0.85
Kentsel Konut Alanı, Sınırlı Bahçeler	0.45 – 0.75
Banliyöde Bahçeli Konut Alanı	0.35 – 0.65
Kum Tabakası Üzeride Bütünüyle Yapılaşmış Banliyo	0.25 – 0.55
Park Bahçe ve Çayırklar	0.15 – 0.45

Drenaj alanı büyük ve farklı zemin yapıları barındıran sahalarda yüzeysel akış katsayısı, Eşitlik 1.7 ile hesaplanmaktadır (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$C_o = (C_1 * A_1 + C_2 * A_2 + \dots + C_n * A_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n) \quad (1.7)$$

C_o : Yüzeysel akış katsayısının ağırlıklı ortalaması

C_i : Drenaj alanındaki farklı yüzeysel akış katsayıları

A_i : Drenaj alanındaki farklı yüzeysel akış katsayısına sahip alanlar

Sırasıyla I ve C katsayıları belirlendikten sonra 10 yılda gelmesi muhtemel taşkın debisi (Q_{10}) hesaplanır. Taşkın debisine bağlı olarak belirlenen su kabarma miktarı menfez yüksekliğinden en fazla 20 cm büyük olabilir. Bu koşulu sağlayan debiye göre menfez kesiti seçilir (Özel, 2019).

1.6.2. McMath Metodu

Karayolu Tasarım El Kitabı (2005)'e göre McMath metodu yağış havzası alanı 10–15 km^2 'den büyük düz arazilerde iyi sonuç vermektedir, dik eğimli yamaçlardan beslenen akarsulara uygulanmamalıdır. McMath metoduna göre taşkın debisi Eşitlik 1.8 ile hesaplanabilir.

$$Q = 0.0023 * C_M * I * A^{4/5} * S^{1/5} \quad (1.8)$$

Q : Doğal akarsu yatağının debisi (m^3/sn)

C_M : Yüzeysel akış katsayısı

I : Yağış şiddeti (mm/saat)

A : Yağış havzasının alanı (ha)

S : Doğal akarsu yatağı eğimi (m/km)

Yüzeysel akış katsayısı Eşitlik 1.9'da verilen denklem ile bulunacaktır. C_B , C_Z ve C_T katsayıları Çizelge 1.4'ten alınacaktır (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$C_M = C_B + C_Z + C_T \quad (1.9)$$

C_M : Yüzeysel akış katsayısı

C_B : Bitki örtüsüne bağlı katsayı

C_Z : Zemin cinsine bağlı katsayı

C_T : Topografik yapıya bağlı katsayı

Çizelge 1.4. C_M katsayıları (McMath Metodu) (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

Akım Şartları	C_B		C_Z		C_T	
Düşük	Çok iyi örtülü	0.08	Kumlu	0.08	Düz	0.04
Düşük – Orta	İyi örtülü	0.12	Hafif	0.12	Hafif eğimli	0.06
Orta	Oldukça örtülü	0.16	Orta	0.16	Dalgalı	0.08
Yüksek	Seyrek Örtülü	0.22	Ağır	0.22	Çok dalgalı	0.11
Çok yüksek	Çıplak	0.30	Kaya	0.30	Dik	0.15

Rasyonel Metot'ta yapıldığı gibi yüzeysel akış debileri (Q_{10} ve Q_n) hesabında Eşitlik 1.4 ve Eşitlik 1.5 ile hesaplanan T_c baz alınarak ilgili abaklardan yağış şiddetleri (I_{10} ve I_n) bulunur. Eşitlik 1.8'de verilen debi hesabındaki bir parametre olan yatak eğimi (S) akarsuyun 1 km'lik parçasındaki m cinsinden kot farkıdır. Eşitlik 1.10 ile akarsu yatağının harmonik eğimi bulunur (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$\sqrt{S} = \left[10 / \sum \left(1 / \sqrt{S_i} \right) \right] \quad (1.10)$$

S : Akarsu yatağının harmonik eğimi (m/km)

S_i : 10 eşit parçaya bölünmüş akarsu yatağında her bir parçanın eğimi

Son olarak Eşitlik 1.8 kullanılarak Q_{10} ve Q_n hesaplanarak Rasyonel Metotta yapıldığı gibi menfez boyutlandırılacaktır (Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

1.6.3. Mockus Yöntemi

Drenaj alanı 1-10 km² olan havzalarda kullanılması daha doğru sonuç vermektedir. Ayrıca T_c 30 saate kadar olan havzalara uygulanabilmektedir. Hesabının pratik olması ve üçgen hidrografın çizilmesinin kolaylığından çokça tercih edilmektedir (Doğu, 2016). Toplanma süresi 30 saatten daha büyük havzalarda havza küçük parçalara bölünüp her bir alt havza için hidrograf gecikme zamanına göre süperpoze edilebilir

(Beden, 2019). Suların toplanma zamanına karşılık gelen yağış süresi (D) süperpozesiz durumda Eşitlik 1.11 ile, süperpozeli durumda Eşitlik 1.12 ile bulunabilir (Doğu, 2016).

$$D = 2\sqrt{T_c} \quad (1.11)$$

$$D = T_c \quad (1.12)$$

T_c , L ve S'e bağlı olarak Eşitlik 1.13 ile bulunabilir (Beden, 2019).

$$T_c = 0.00032(L^{0.77}/S^{0.385}) \quad (1.13)$$

T_p , toplanma süresi ve toplanma süresine karşılık gelen yağış süresine bağlı olarak Eşitlik 1.14 ile bulunabilir (Ersoy, 2017).

$$T_p = 0.5D + 0.6T_c \quad (1.14)$$

Hidrografın alçalma süresi (T_r) Eşitlik 1.15 ile bulunabilir.

$$T_r = 1.67 * T_p \quad (1.15)$$

Hidrografın taban süresi (T_s) hidrografın yükselme zamanı ile alçalma zamanının toplamıdır (Eşitlik 1.16).

$$T_s = T_r + T_p \quad (1.16)$$

1 mm'lik yağışın oluşturduğu debi Eşitlik 1.17 bağıntısıyla bulunabilir (Ersoy, 2017).

$$q_p = K * A/T_p \quad (1.17)$$

K; havza katsayısı olup, bu çalışma için 0.208 ve 0.163 alınarak işlem yapılmıştır (<http://portal.netcad.com.tr>). A, havza alanı (km^2) değerini ifade etmektedir.

$$h_{akış} = (P - 0.2S')^2 / (P + 0.8S') \quad (1.18)$$

$h_{akış}$, artık yağış yüksekliği olup mm cinsinden ifade edilir (Eşitlik 1.18). Denklemdaki P değeri farklı tekerrür süreleri için en büyük yağış miktarıdır (Beden, 2019).

S' zeminin cinsi ve başlangıç nemine bağlıdır ve CN akış eğri numarası ile Eşitlik 1.19 yardımıyla hesaplanır (Ersoy, 2017).

$$S' = \left(\left(\frac{1000}{CN} \right) - 10 \right) * 25.4 \quad (1.19)$$

Akış eğri numarası CN zeminin jeolojik özellikleri ve arazi kullanımına bağlı olarak Çizelge 1.5'ten seçilir (Chow, 1964; SCS, 1972; SCS, 1989; Bayazıt, 2003).

Çizelge 1.5. Akış eğri numaraları (CN) (Chow, 1964; SCS, 1972; SCS, 1989; Bayazıt, 2003; Sönmez vd. 2012)

Arazinin Kullanım Şekli		A	B	C	D
Etkili Alanlar	Korunmalı	72	81	88	91
	Korunmasız	62	71	78	81
Otlak	Kötü Durumda	68	79	86	89
	İyi Durumda	39	61	74	80
Çayır		30	58	71	78
Orman	Zayıf	45	66	77	83
	İyi	25	55	70	77
Açık Yerler (Parklar,Çim)	İyi Durumda	39	61	74	80
	Kötü Durumda	49	69	79	84
Ticaret ve İş Bölgeleri		89	92	94	95
Endüstri Bölgeleri		81	88	91	93
Oturma Bölgeleri	%65'i geçirimsiz	77	85	90	92
	%38'i geçirimsiz	61	75	83	87
Oturma Bölgeleri	%30'u geçirimsiz	57	72	81	86
	%25'i geçirimsiz	54	70	80	85
Oturma Bölgeleri	%20'i geçirimsiz	51	68	79	84
Kapalı Otoparklar, Çatı		98	98	98	98
Yollar	Kaplamalı	98	98	98	98
	Çakıl	76	85	89	91
	Toprak	72	82	87	89

Son olarak taşkın debisi (Q) Eşitlik 1.20 bağıntısı ile bulunabilir.

$$Q = h_{akış} * q_p \quad (1.20)$$

1.6.4. DSİ Sentetik Yöntem

DSİ Sentetik Yöntemine göre taşkın debisi hesabı yapılırken yağışın şiddeti ve süresi, havzanın bitki örtüsüne bağlı olarak yağışın akışa geçebildiği miktarı ve yağış havzasının topoğrafyası dikkate alınmaktadır. Taşkın debisi hesaplanırken drenaj alanları 10 km²'den 1000 km²'ye kadar olan havzalarda bu yöntemin kullanılması uygundur. Debi hesabında Eşitlik 1.21'de verilen denklem kullanılmaktadır (Bayazıt, 2003; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Bayazıt ve Önöz, 2008).

$$Q = A * q_p * h_{akış} * 10^{-3} \quad (1.21)$$

Q : Taşkın debisi (m³/s)

A : Yağış havza alanı (km²)

q_p : 1 mm'lik akış oluşturduğu varsayılan debi (l/s/mm/km²)

h_{akış} : artık akış yüksekliği (mm)

DSİ Sentetik Yöntemi, Birim Hidrograf Yöntemi olarak da anılmaktadır. Birim Hidrografa göre artık akışın neden olacağı debi 1 mm'lik akıştan bulunan debinin h_{akış} katı olduğu için “A * q_p * h_{akış}” değeri taşkın debisine eşittir. Akarsu membasından başlayarak toplam uzunlukta 10 (veya daha fazla) eşit parça üzerinden harmonik eğim hesaplanmaktadır (Eşitlik 1.8) (Bayazıt, 2003; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Bayazıt ve Önöz, 2008).

Ana akarsu kolunun uzunluğu L olmak üzere topografik haritalar üzerinde havza alanı ağırlık merkezinin akarsu üzerindeki izdüşüm mesafesinden mansaba kadar olan mesafesi L_c bulunur. Eşitlik 1.22'de verilen denklemden havza alanı, ana akarsu kolu uzunluğu ve harmonik eğime bağlı olarak izafi debi bulunabilmektedir (Bayazıt, 2003; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Bayazıt ve Önöz, 2008).

$$q_p = 414 / [A^{0.225} (L * L_c / S^{0.5})^{0.16}] \quad (1.22)$$

1 mm akış için debi Eşitlik 1.23 yardımıyla bulunur.

$$Q_p = A * q_p * 10^{-3} \quad (1.23)$$

Birim hacim Eşitlik 1.24 bağıntısı ile bulunabilir. Alan km^2 cinsinden olup $h_a:1\text{mm}$ 'dir. Hacmin birimi m^3 'tür (Doğu, 2016).

$$V_b = A * h_a * 10^3 \quad (1.24)$$

Birim hidrograf süresi (T) Eşitlik 1.25 yardımıyla bulunup birimi saattir ve verilen denklemde çıkan sonuç saniye olduğundan gerekli dönüşüm yapılmalıdır (Doğu, 2016).

$$T = 3.65 * \frac{V}{Q} \quad (1.25)$$

Pik debiye ulaşma süresi (T_p) saat cinsinden olup Eşitlik 1.26 yardımıyla bulunabilir.

$$T_p = T/5 \quad (1.26)$$

DSİ Sentetik Yönteminde sağanak süresi 2 saat olarak alınmaktadır. Boyutsuz birim hidrograf koordinatlarından T/T_p değerleri T_p değeri ile çarpılarak T süresi, Q/Q_p değerleri ise Q_p değeri ile çarpılarak Q debileri elde edilir. Bulunan T süreleri ve Q debileri ile taşkın hidrografı elde edilmiş olunur (Bayazıt, 2003; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Bayazıt ve Önöz, 2008).

1.7. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür taramasında çalışma alanında daha önceden yapılmış taşkın analizi ile birlikte değerlendirilen bir menfez çalışmasına rastlanılmamıştır. Bununla birlikte Batı Karadeniz Bölgesi için yapılmış taşkın analizi çalışmaları mevcuttur. Ayrıca bu çalışmanın bir alt başlığını oluşturan yeraltı drenaj alanının taşkınlarla etkisini araştıran bir çalışmaya genel anlamda rastlanılmamıştır. Bu tezin planlanması, yapılması ve

yazımı aşamasında farklı açılardan yararlanılan menfezleri ve taşkın analizlerini konu alan çeşitli çalışmalar incelenerek aşağıda özet halinde verilmiştir.

Normann vd., (1972), Amerikan Federal Karayolları İdaresi (FHWA) için yaptığı çalışmada menfezlerde ağız yapısında yapılan geliştirmeler sayesinde menfezin gövde boyutlarının ciddi oranda azaltılabileceğini dile getirmiştir. Geliştirilmiş ağız yapısına sahip menfezlerin daha fazla suyun akışına olanak sağladığını saptamıştır. Normann, menfezlerin gövdesindeki sürtünme kayıplarının girişteki kayıplara nazaran çok fazla olduğunu vurgulamıştır. Böylece gövde pürüzlüğünün azaltılmasıyla menfezin kapasitesinde giriş yapısının geliştirilmesine kıyasla daha fazla artış olacağını ileri sürmüştür.

Törk (1995) “Safranbolu (Zonguldak) Kuzeyinin Karst Hidrojeolojisi İncelemesi” isimli yüksek lisans tezinde Safranbolu'nun su ihtiyacını karşılayan karstik kaynakların yapısını irdelemiştir. Törk yeraltısuyu akımının ifade edilebilmesi için çok önemli olan baz akım ve sızma parametrelerinden bahsetmiştir. Araştırmacı, çalışma sahasının yıllık ortalama yağışının belirlenmesinde kullanılan birkaç yağış gözlem istasyonunun verilerinin eksik olduğunu gözlemleyip, verisi tam olan diğer istasyonlara ait veriler yardımıyla çoklu lineer regresyon ile eksik verileri tamamlamış ve yıllık ortalama yağış miktarını eş yağış eğrisi yöntemiyle 600 mm olarak hesaplamıştır. Yıllık buharlaşma ve terlemeyle havzadan çıkan suyun saptanmasında Turc ve Thornthwaite eşitliklerini kullanarak sırasıyla gerçek buharlaşma-terleme miktarını (ET_{ga}) 479 mm, potansiyel buharlaşma-terleme miktarını (ET_p) ise 640 mm olarak hesaplanmıştır. 1991-1993 yılları arasında belirli aralıklarla akım ölçümü DSİ 23. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Buna göre Mencilis (Bulak) Kaynağına ait maksimum akım değeri Mart ayında $2.20 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak gözlenmiştir. Törk (1995) tarafından, maksimum akımın Mart ayında gözlenmesinin nedenini eriyen kar sularının yeraltısuyuna karışması olduğunu belirtmiştir.

Öztürk vd. (2003), Konya ve Malatya'da seçilen farklı dereler için Mockus, DSİ Sentetik ve Rasyonel Metotlarını kullanarak taşkın debilerini hesaplamışlardır. Yapılan hesaplamalarla maksimum debiyi veren yöntemin Mockus olduğunu

gözlemlemişlerdir. Ayrıca menfez tasarımında Rasyonel Metot yerine Mockus Metodun kullanılmasının daha güvenli sonuç verebileceğini belirtmişlerdir.

Çalışkan (2003), yüksek lisans tezinde 79 km'lik bir orman yolu üzerindeki 14'ü menfez olan 71 adet sanat yapısını incelemiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla belirlenen havza alanları dikkate alınarak yapılacak sanat yapısının boyutlarını Talbot formülü (Sonuç, 1977; Seçkin, 1978) ile saptamıştır. Kesit alanlarına göre mevcut sanat yapıları sınıflandırılmıştır. Seçilen yol üzerindeki sanat yapılarına ilaveten farklı havzalar için sanat yapısı yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Havzanın sürekli yağış alması nedeniyle taşınacak malzemelerin yolu tahrip ederek sanat yapılarında tıkanmalara sebep olacağı için basamaklı beton kasislerin yapılmasının uygun olacağını belirtmiştir. Büz ve menfezlerin çıkışında oluşacak sediment birikintilerinin önlenmesi gerektiğini ve gerekli yerlere istinat duvarları yapmanın metaryal hareketini önleyeceğini vurgulamıştır. Yamaç eğimi fazla olan bölgelerde projelendirme yapılırken yol güzergahının sıfır hattını takip etmesinin önemli olduğunu belirtmiştir.

Çalışkan ve Acar (2003), Trabzon, Maçka sınırlarında bulunan 35 km'lik bir orman yolunu çalışma bölgesi olarak belirlemişlerdir. Bu yol üzerinde 7'si menfez olmak üzere 31 adet sanat yapısının olduğunu belirtmişlerdir. Bu sanat yapılarından yalnız %40'ının işlevini yerine getirdiğini saptamışlardır. Bilhassa menfez ve büzlerde çimento oranının yeterli olmadığını belirtmişlerdir. Menfezlerin %43'ünün tıkalı olduğu ve menfez tabanına uygun eğim verilmediğinden tıkanmanın meydana geldiği sonucuna varmışlardır.

Çalışkan (2007) "Karayolu Ulaşım Ağlarında Yüzeysel Drenaj Sistemleri ve Hidrolik Tasarım Esasları" adlı tez çalışmasında karayolundaki drenaj yapılarını açıklayarak ülkemizdeki projelendirme kriterlerine değinmiştir. Taşkın debisi hesabında Rasyonel Yöntem ve DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemini açıklamıştır. Menfez, köprü ve viyadüklerin tasarım ilkelerini açıklayarak, köprü ayaklarında meydana gelen oyulmaları inceleyip bunlara karşın alınacak tedbirlere değinmiştir.

Bayarı vd. (2009) “Karstik Sistemlerde Yeraltısuyu Kalitesi Ve Akışının Esnek Hesaplama Yöntemleriyle (Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık) Modellemesi” isimli TUBİTAK projesinde yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleriyle Fransa ve Türkiye’de seçilen akiferlerde yağış verilerinden akım, elektriksel iletkenlik ve bulanıklılık değerlerinin tahmin edilmesini hedeflemişlerdir. Türkiye’de karstik kaynak olarak Bulak ve Hızar kaynakları seçilmiştir. Araştırmacılar esnek hesaplama modelinde gerek duyulan veri setinde yağışın yanında kar erimelerine bağlı beslenimi de dikkate aldıklarını belirtmişlerdir. Bulak Kaynağının akım ölçümleri sürekli olmaksızın 1991-2003 yılları arasında DSİ 23. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Raporda ölçüm yapılan sürede Bulak deresinin maksimum akımının 3.5-4.0 m³/s olduğu belirtilmiştir.

Öztürk ve İnan (2010) “Orman Yollarında Drenaj Yapılarının Konumlarının ve Boyutlarının Belirlenmesinde CBS’nin Kullanılması” isimli çalışmalarında seçtikleri menfezlerin yerlerinin uygunluğunu, tip ve boyutlarının araziye uygun olup olmadığını irdemişlerdir. Menfezlerin boyutlandırılmasında Talbot Formülünü (Sonuç, 1977) kullanmışlardır. ArcGIS 9.3 programını kullanarak havzaların büyüklüğüne göre menfezlerin olması gereken minimum boyutlarını saptamışlardır. Buna göre seçilen 7 menfezden yalnız 3’ünün işlevini yerine getirdiği sonucuna varmışlardır. İncelenen menfezlerin yol güzergahına 30°-45° açılı yapılması gerekirken dik yapıldığını ve bu nedenle menfez girişlerinde sediment biriktiğini gözlemlemişlerdir. İnceledikleri menfezler için düzenli bakım yapılmasını, aksi takdirde biriken sedimentlerin çökerek tıkanmalara sebep olacağını belirtmişlerdir.

Dernek (2012), çalışmasında taşkınların neden olduğu ve neden olduğu zararlara değinerek, taşkınları önlemek için yapılan yapıların tasarımı hakkında bilgi vermiştir. Kayı Deresinin (Değirmenaltı, Tekirdağ) taşkın debisini Mockus ve DSİ Sentetik Yöntemlerini kullanarak hesaplamıştır. 1987 yılında Beton kanal ile ıslah edilen Kayı Deresinde oluşan taşkından sonra 2008 yılında yenilenen tasarım yapısını incelemiş, geçen 20 yıl ile yapılaşmanında etkisiyle drenaj alanının küçüldüğünü ve bununla birlikte taşkın debisinin de arttığını gözlemlemiştir. Artan debiyle kanal kesitinin yetersiz kaldığını ve üzerindeki 3 gözlü menfezin akışa engel olduğunu belirterek

mevcut yapıların yıkılarak yerine hesaplanan debiye göre boyutlandırılmış tek açıklıklı betonarme köprü yapılması sonucuna varmıştır.

Doğu (2016) “Kırıkkale Çoruhözü Deresinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve Bir Boyutlu Modellenmesi” isimli çalışmada Kırıkkale ilinde bulunan Çoruhözü Deresi için Mockus ve DSİ Sentetik Yöntemlerini kullanarak taşkın debilerini hesaplamıştır. Çalışmada HEC-RAS yazılımını kullanarak 1999 yılında DSİ tarafından yapılan Çoruhözü Dere ıslah projesinde kullanılan taşkın debilerine göre aynı tekerrür yıllarındaki yeni hesaplanan debilerin çok fazla olduğunu görmüş, oluşacak taşkın durumunda mevcut kesitlerin bu taşkınları geçiremeyeceği sonucuna ulaşmıştır.

Ay (2016) “Design of Road-Crossing Drainage Culverts Using GIS Data” isimli çalışmada Rasyonel Metot ve ArcGIS yardımıyla söz konusu kutu menfezin boyutlandırmasını yapmıştır. Her iki yöntemle ulaşılan sonuçlar kıyaslanmıştır. Zeminin geçirimsizlik katsayısı (C) seçilirken çalışılan bölge yakınlarında önceden yapılan çalışmalar dikkate alınmış ve 10 ve 100 yıllık taşkın debileri Rasyonel Metot yardımıyla hesaplanmıştır. GIS verileriyle yapılan taşkın analizi sonucunda elde edilen debilerin Rasyonel Metotla bulunan debilerden daha büyük olduğu görülmüştür. ArcGIS üzerinde yapılan boyutlandırma sonucunda 65.76 m³/sn’lik taşkın debisi için 4.5x4.5 kutu menfezin debi için yeterli olduğu görülürken, Rasyonel Metot ile hesaplanan 43.84 m³/sn’lik taşkın debisi için 3x3 boyularında kutu menfezin yeterli olacağı sonucuna varılmıştır. Araştırmacı, ArcGIS programının gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Ersoy (2017), Manisa İli sınırlarından geçen ve üzerinde AĞI bulunmayan Kızıldere Deresinin farklı tekerrür süresindeki taşkın debilerini Mockus Yöntemine göre hesaplamış ve HEC-RAS yazılımı yardımıyla Kızıldere Havzasında 100, 500 ve 1000 yıllık tekerrür süreli taşkın debilerinin görülmesiyle oluşacak taşkın yayılım alanlarını belirlemiştir.

Kuş (2017) “Theoretical Effects of Geometrical Parameters on Reinforced Concrete Box Culverts” isimli çalışmada betonarme kutu menfezlerin üzerine etkiyen ölü ve

hareketli yüklerle taşıt yükü formüllerini açıklamıştır. SAP2000 programında iki boyutlu sonlu elemanlar modeli oluşturarak menfezin genişliği, yüksekliği ve dolgu derinliğinin kutu menfezin tasarımında ne gibi etkilerinin olduğunu incelemiştir. Dolgu yüksekliği 1 m'den daha az olduğunda taşıt yükleri hakimken, 1 m'den daha fazla olduğu yerlerdeyse toprak yükünün hakim olduğu saptanmıştır. Çalışmada iç kuvvetler üzerinde menfez genişliğinin ve dolgu yüksekliğinin etkili olduğu görülürken, menfez yüksekliğinin çok etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Keskin vd. (2018), üzerinde AGİ bulunmayan Eskipazar Çayı için DSİ Sentetik Yöntemini kullanarak taşkın debisi hesabı yapmışlardır. Analiz için Netcad programının Nethydro modülünü kullanmışlardır. Çalışma bölgesinin yakınlarındaki yağış gözlem istasyonlarından sadece Çerkeş istasyonunun plüviyograf katsayısı (PLV) bulunduğundan, taşkın analizinde Çerkeş istasyonuna ait PLV değerleri kullanmışlardır. Analiz sonucunda 2 saatlik yağış için 100 yılda gelmesi muhtemel taşkın debisini $30.18 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplamışlardır.

Ulu ve Aydın (2017) "HEC-RAS Yardımıyla Bir Menfezin Hidrolik Analizi" isimli çalışmalarında 2.35 km^2 drenaj alanına sahip bir derenin taşkın debisini Rasyonel Metot ile hesaplamışlardır. Daha sonra 3x3 boyutlarındaki kutu menfezin hidrolik analizini HEC-RAS yazılımını kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Seçilen menfezin boyutlarının Rasyonel Metot ile hesaplanan debi için yeterli olduğu sonucuna varmışlardır.

Çetiner ve Yıldızbaş (2018), 9 ayrı havza için Rasyonel, DSİ Sentetik ve Mockus Yöntemleriyle 10 ve 100 yıllık taşkın debilerini hesaplamışlar ve sonrasında seçilen bir havzadaki menfezin boyutlandırmasını yapmışlardır. 4x4 boyutlarındaki kutu menfez için hesap yapıldığında akım hızlarının maksimum hız değeri olan 7 m/s aştığını saptamışlar ve bu nedenle boyut olarak 5x5 boyutlarındaki kutu menfez seçilmesine karar vermişlerdir.

Beden (2019), çalışmasında Cevizdere Havzasının sayısal modelleme sistemleriyle taşkın analizini yapmayı amaçlamıştır. Yağış analizinde farklı olasılık dağılımlarının uygunluğunu Kolmogorov-Smirnov testi ile saptamıştır ve taşkın analizinde Mockus,

DSİ Sentetik ve Synder Metotlarını kullanmıştır. Taşkın modellemesinde DSİ Sentetik Metodu ile elde edilen 50, 100, 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli debileri kullanmış ve Cowan Yöntemini kullanarak dere yatağının pürüzlülük katsayısını saptamıştır.

Özel (2019) “Karayolu Kutu Menfez Yapılarında Farklı Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırılması” çalışmasında menfezlerin tasarım kriterlerini açıklayarak seçtiği kutu menfezi SAP2000 programında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak modellemiştir. Ayrıca modellemeyi iki boyutlu çerçeve sistem olarak da dizayn etmiş ve iki farklı modelleme sonucunun da birbirine yakın değerler verdiğini gözlemlemiştir. Araştırmacı ayrıca program üzerinden elde ettiği sonuçlarla Karayolu abaklarının uyum sağladığını görmüştür.

BÖLÜM 2

ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada Karabük İli Safranbolu İlçesi'nden geçen ve üzerinde AGİ bulunmayan Bulak Deresi'nin taşkın debilerinin, havza çevresindeki yağış gözlem istasyonlarından alınan veriler yardımıyla ve DSİ Sentetik ve Mockus taşkın debisi hesaplama yöntemlerine göre saptanması hedeflenmiştir. Ayrıca bulunan maksimum debiye göre 02.02.2016 tarihinde yaşanan Bulak Deresi taşkınında tahrip olmuş menfez yerine inşaa edilmiş kutu menfezin boyutlandırılması da hedefler çerçevesindedir. Bulak Deresi, ana olarak karstik kireçtaşından oluşan Bulak Kaynağından beslenmektedir. Bu nedenle menfezin boyutlandırılmasında yeraltı drenaj alanının etkisi de dikkate alınarak ikinci bir boyutlandırma yapılmış ve bu teze ayrıca bir özgünlük katmıştır. Şekil 2.1'de Karabük- Kastamonu Karayolu altında taşkın sonrasında inşa edilen ve boyut yeterliliği kontrol edilen 7x6 boyutlarındaki kutu menfez verilmiştir.



Şekil 2.1. Karabük-Kastamonu Karayolu altında bulunan menfezin memba kesimi.

2.1. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

2.1.1. Çalışma Alanının Topografik Konumu

Taşkın bölgesi Karabük İli Safranbolu İlçesi sınırlarında bulunmaktadır. Bulak Deresi 13 numaralı Batı Karadeniz Havzası içerisinde yer almaktadır. Bulak Deresi Havzasının alanı 30.551 km², ana kol uzunluğu 17.623 km'dir. Bulak Deresi havzası 1:25 000 ölçekli topografik haritasında Zonguldak F29-a3, F29-a4, F29-d1 ve F29-d2 paftalarında bulunmaktadır. Tez çalışmasına konu olan menfez F29-d2 paftasında yer almaktadır. Arazi güneydoğudan kuzeybatıya yükselmektedir (DSİ, 2016).

Çalışılan bölgenin yer bulduru haritası Şekil 2.2'de verilmiştir.

2.1.2. İklim

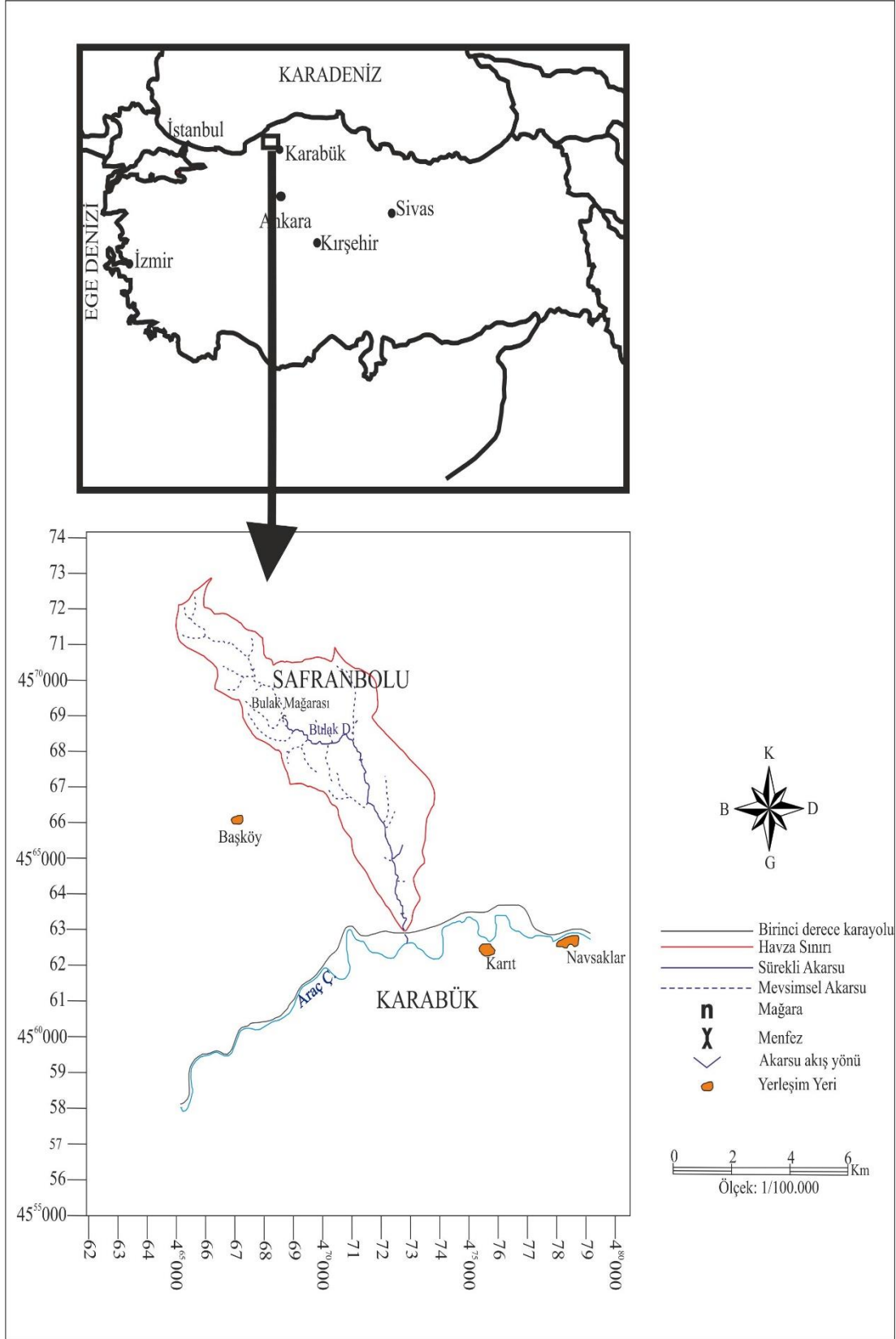
Kuzeyinde Bartın, kuzeydoğu ve doğuda Kastamonu, güneydoğuda Çankırı, güneybatıda Bolu ve batıda ise Zonguldak ile komşu olan Karabük Batı Karadeniz Bölgesinde bulunmaktadır. Karabük vadi ve platolardan oluşmaktadır ve deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 270 metredir. Karabük ili kısmen Karadeniz iklim özelliklerini göstermektedir. Bununla birlikte taşkın gözlenen alan kıyıda içeride kaldığından nemli havadan pek faydalanamaz ve bu nedenle Karabük ve taşkın alanında karasal iklimin özellikleri daha ağır basan karasal iklime geçiş tipi bir iklim etkili olmaktadır. İlin yıllık ortalama sıcaklığı 13.2 °C'dir. En soğuk ay Ocak olup ortalama sıcaklık 2.6 °C iken en sıcak ay Temmuz'da sıcaklık 23.1 °C'dir. Şimdiye kadar ölçülen en yüksek sıcaklık 43 °C ve en düşük sıcaklık ise -14.2 °C'dir (www.karabuk.ktb.gov.tr).

Karadeniz iklim özelliklerini taşımasıyla her mevsimde yağış olsa da Temmuz ve Ağustos aylarında kurak dönem görülmektedir. Karabük Karadeniz kıyı kesimlerine nispeten çok daha az yağışa sahip olup yıllık ortalama yağışı 487.7 mm'dir. Temmuz ve Ağustos aylarında minimum yağış görülmektedir. Karabük'ün hakim rüzgar yönü güneybatıdır ve yıllık ortalama rüzgar hızı 0.8 m/sn'dir (www.karabuk.ktb.gov.tr).

Bu teze de konu olan Bulak Deresi üzerinde meydana gelen taşkın afeti 02.02.2016 tarihinde yaşanmıştır, buna bağlı olarak taşkının yaşandığı günü de kapsayan 10 günlük yağış değerleri Çizelge 2.1’de verilmiştir. Yağış verileri Karabük¹⁷⁰⁷⁷ gözlem istasyonundan alınmıştır (www.mgm.gov.tr). Taşkın afetinin yaşandığı 02.02.2016 tarihinde havzaya 25.9 mm (kg/m²) yağış düşmüştür (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Karabük yağış gözlem istasyonuna ait 10 günlük yağış verileri.

İstasyon/Tarih	Karabük (17077)
25.01.2016	0.0
26.01.2016	0.0
27.01.2016	0.0
28.01.2016	1.2
29.01.2016	1.1
30.01.2016	3.4
31.01.2016	0.7
01.02.2016	0.0
02.02.2016	25.9
03.02.2016	0.0



Şekil 2.2. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

2.1.3. Bulak Deresinin Genel Özellikleri

Bulak Deresinin ana kaynağını oluşturan Bulak Kaynağı oldukça kırık çatalaklı ve karstik yapıya sahip kireçtaşından (Ulus Formasyonu, Sunduk Üyesi) boşalmaktadır. Kaynak, Bulak (Mencilis) mağarası içinde bulunan, 3.3 km uzunluğundaki yeraltı ırmağının 740 m kotunda yüzeye çıktığı kesimde gözlenmektedir. Mağara içinden boşalan kaynağın girişi ulaşımına kapalı olup, doğal yatağında akan suyun bir kısmı yatağından saptırılarak mağara dışındaki kaptaj yapısına yönlendirilmiştir. Geriye kalan su akışına devam ederek mağara dışına ulaşır, buradan bir dere oluşturup güneye doğru akmaya devam etmektedir (Bayarı vd., 2009).

Yeraltı suyu dolaşımında karst yeraltı şekillerinden olan mağaralar büyük rol oynamaktadır (Şekil 2.3). Bulak (Mencilis) Mağarası havzaya düşen yağışların büyük çoğunluğunu drene etmektedir (Törk, 1995).



Şekil 2.3. Bulak (Mencilis) Mağarası girişi.

Şekil 2.4'te Mencilis mağarası içerisinden çekilmiş bir fotoğraf verilmiştir. Şekil 2.5'te kaynağın mağaradan çıkış noktası verilmiştir.



Şekil 2.4. Bulak (Mencilis) Mağarası.

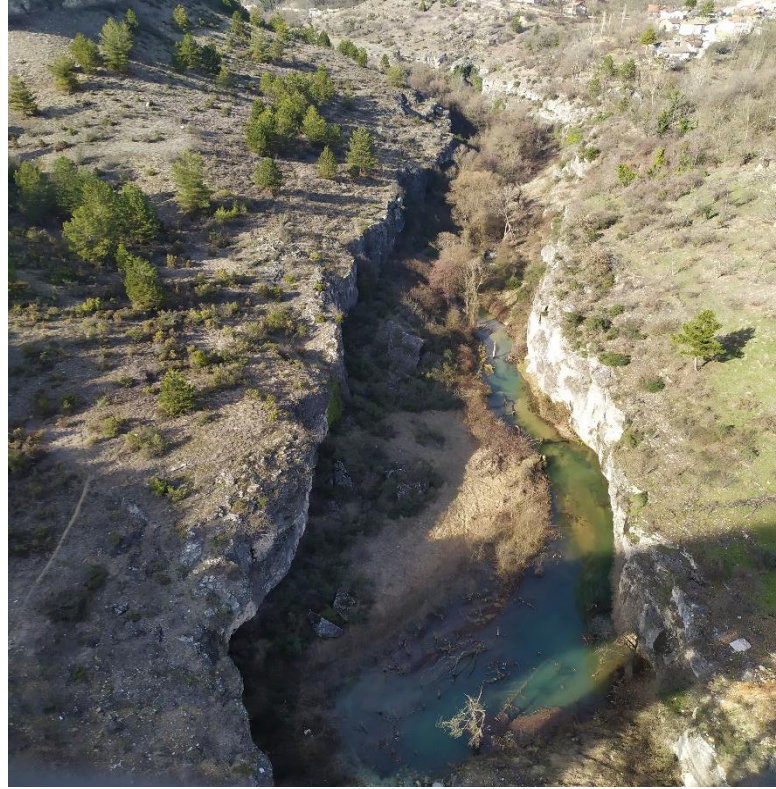


Şekil 2.5. Bulak Kaynağının mağaradan çıkış noktası.

2016 yılında Bulak Deresi üzerinde yapımı sırasında derenin izinsiz doldurulması sonucu taşkına sebep olan Bulak Kanyonu Köprüsü Şekil 2.6’da verilmiştir. Şekil 2.7’de Kanyon köprüsü üzerinden Bulak Kanyonunun görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.6. Bulak Kanyonu Köprüsü.



Şekil 2.7. Bulak Kanyonu.

2.2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Havzanın içinde bulunduğu Zonguldak F29 paftası jeolojik ve tektonik anlamda Ketin ve Gümüş, 1963; Akyol vd., 1974; Kipman, 1974; Arpat vd., 1978; Kaya, 1978; Saner vd., 1979; Saner vd., 1980; Kaya ve Dizer, 1982; Yergök vd., 1987; Aydın vd., 1987; Barkut vd., 1990; Akman, 1992; Derman ve Sayılı, 1995 tarafından çalışılmıştır. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası Ek-1’de verilmiştir. Bölgede mostra veren birimler yaşlıdan gence doğru aşağıda açıklanmıştır.

2.2.1. ALT KREATESE

2.2.1.1. Ulus Formasyonu (Ku)

Akyol vd., (1974) tarafından adlandırılan formasyon; şeyl, kilitaşı, marn ve kireçtaşı gibi yerinde çökelmiş sedimanlarla kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve konglomera gibi türbiditik çökellerin ardalanmasından oluşmaktadır. Formasyonun içinde bulunan kireçtaşlarına Sunduk Üyesi, konglomeralara ise Ahmetusta üyesi adı verilmiştir (Timur ve Aksay, 2002).

2.2.1.2. Ahmetusta Üyesi (Kua)

Ulus formasyonunda ara seviye halinde bulunan konglomeralar, gri, sarı, kahverengimsi sarı renğinde, masif orta-kalın tabakalanmalıdır. İyi yuvarlanmış çakıllı birim kötü boylanmıştır. Çimentosu çoğunlukla karbonat veya silisten oluşmaktadır (Timur ve Aksay, 2002).

2.2.1.3. Sunduk Üyesi (Kus)

Timur ve Aksay, (2002) tarafından Sunduk Üyesi adı verilen kireçtaşı İnaltı Formasyonundan türemiş kireçtaşları gri-bej renkli, masif orta-kalın katmanlı olup, kütle akmasıyla ve/veya blok şeklinde Ulus Formasyonu içine taşınmasıyla tekrardan çökelmiş kayalardan oluşmaktadır. Birimin tane ve çamur akmasıyla çökelenleri Ulus Formasyonu ile uyumludur. Birimin kalınlığı yaklaşık 2000 m’dir (Timur ve Aksay,

2002). Çalışma konusunu oluşturan Bulak Deresinin ana kaynağını oluşturan Bulak kaynağı bu üyenin bünyesinde yer alan Bulak (Mencilis) Mağarasından boşalmaktadır.

2.2.2. EOSEN

2.2.2.1. Safranbolu Formasyonu (Tes)

Safranbolu ilçesi dolaylarında geniş alanları kapsayan Alt-Orta Eosen yaşlı kireçtaşlarına; Timur ve Aksay (2002) tarafından Safranbolu Formasyonu adı verilmiştir.

Altta çok ince bir konglomera-kumtaşı seviyesiyle başlayan Safranbolu formasyonu üste doğru gidildikçe karbonatlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşına geçiş yapmaktadır. Çoğunlukla orta-kalın tabakalı, beyaz, sarımtırak, açık gri-pembe renğinde, yumrulu bir formdadır. Birimin kalınlığı 50-500 m aralığında değişmektedir (Timur ve Aksay, 2002).

2.2.2.2. Karabük Formasyonu (Teka)

Saner vd., (1980) tarafından adlandırılan Karabük Formasyonu; gri-haki yeşil renğinde, alt seviyeleri marnlı, üst seviyelere doğru kiltası ve kumtaşı araldanmasından oluşmaktadır. Saner vd., (1980) tarafından Çerçen Formasyonu olarak ayrılan kırmızı konglomera, kumtaşı ve şeyl araldanması Timur ve Aksay (2002) tarafından Karabük formasyonuna dahil edilerek, Çerçen Üyesi olarak verilmiştir.

Formasyonun altkesimlerinde marnlar görülmektedir. Marnlar çok az kumtaşı ara seviyeleri bulundurmaktadır. Üst seviyelere gidildikçe kumtaşı ara katkılarında artış görülmektedir. En üst seviyelerde ise tümüyle kumtaşı görülmektedir. Formasyon genellikle yeşil ve gri olup, orta-kalın tabakalanma göstermektedir. En üst kesimde bulunan kumtaşları çakıllıdır (Timur ve Aksay, 2002).

2.2.2.3. Çerçen Üyesi (Tekaç)

Birim; kırmızı karasal konglomera, kumtaşı, kiltası, silttaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşmaktadır ve Orta Eosen yaşlıdır. Üyenin az tutturulmuş, sıkışmamış kesimlerinde sık sık heyelanlar olmaktadır. Kumlu ve çakıllı seviyeleri kötü boylanmalı ve iyi yuvarlanmış tanelerden oluşmaktadır. Birimin kalınlığı yaklaşık 450 m'dir (Timur ve Aksay, 2002).

2.2.2.4. Soğanlı Formasyonu (Teso)

Kireçtaşlarından oluşan birim Orta Eosen yaşlıdır. Soğanlı Çayının kuzey ve güney yamaçlarında gözlenmekte olup, sert morfolojileri sayesinde kolayca ayırt edilebilmektedir. Kireçtaşları beyaz, açık gri ve sarımtırak olup; masif orta, kalın tabakalanmalıdır. Kireçtaşlarının içinde derin karst yapıları ve bolca eklem sistemi gelişmiştir. Formasyonun kalınlığı ortalama 150 m'dir (Timur ve Aksay, 2002).

Kireçtaşlarının çökmesiyle dolin adı verilen karstik yapılar oluşmaktadır (Türk, 1995).

2.2.2.5. Akçapınar Formasyonu (Tea)

Beyaz, sarımsı gri renklerinde, killi kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve çört bantları ile gösterilen istif Saner vd., (1980) tarafından adlandırılmıştır. Orta Eosen yaşlı olan birim beyaz, bej ve sarımsı gri renklerinde olup, belirgin ince tabakalıdır. Birimin kalınlığı 150-200 m arasında değişmektedir (Timur ve Aksay, 2002).

2.2.3. PLİYOSEN

2.2.3.1. Örencik Formasyonu (Tplö)

Aydın vd., (1987) tarafından adlandırılan Örencik formasyonu karasal konglomera, kumtaşı, çamurtaşı araldanmasıyla temsil edilir. Genel olarak çok az tutturulmuş, orta-kalın tabakalanan bir birimdir. Konglomeraların tabanları aşınmalı ve kötü boylanmalı

olup çakılları yuvarlak-az yuvarlaktır. Üste doğru kumtaşları ve çamurtaşlarına derecelenme gösterir (Timur ve Aksay, 2002).

2.2.4. KUVATERNER

2.2.4.1. Alüvyon (Qal)

Akarsu yataklarının eski çukurluklarının üzerinde gelişen çakıl, kum ve çamur çökelleridir (Timur ve Aksay, 2002).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

Çalışmada havza modellemesi, yağış analizi, taşkın analizi ve menfez boyutlandırması için Netcad yazılımının NetHydro ve NetPro modülü kullanılmıştır. Bulak Deresi havzası Batı Karabük Bölgesinde (UTM 6 projeksiyon sisteminde, ITRF96 datumunda ASTGTM2_N40E032) ve Karabük İli'nin kuzeydoğusunda bulunmaktadır. Bu çalışmada 30x30 m çözünürlüklü Japonya, Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) ve Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi (NASA) tarafından ortaklaşa geliştirilen ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) GDEM (Küresel Sayısal Yükseklik Modeli) haritaları ve 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılarak havza modellemesi yapılmıştır. Programda yapılan modellemeyi kontrol etmek amacıyla Bulak Deresinin üzerinde bulunduğu 1:25 000 ölçekli Zonguldak F29-a3, F29-a4, F29-d1 ve F29-d2 paftaları birleştirilerek Bulak Deresi havzası el ile çizilmiştir. Sonuç olarak çizilen havza ile Netcad üzerinde modellenen havzanın uyumlu olduğu saptanmıştır. Yağış analizi için havza yakınlarında minimum 15 yıl eksiksiz verisi bulunan meteoroloji istasyonlarının etki alanları bölgenin topoğrafyası göz önünde bulundurularak Thiessen Yöntemine göre hesaplanmış, Bulak Deresi havzasına Karabük¹⁷⁰⁷⁸ istasyonunun etki ettiği görülmüştür. Taşkın debisi hesaplarında kullanılan akış katsayılarını belirleyebilmek amacıyla 6 farklı olasılık yöntemi kullanılmış, bunların uygunluk durumu Kolmogorov-Smirnov testi ile sağlanmıştır. Karabük istasyonunun PLV katsayısı bulunmadığı için hesaplamalar Bartın ve Çerkeş istasyonlarının PLV değerleri ile yapılmış, daha sonra Bartın ve Çerkeş istasyonlarının PLV değerlerinin ortalamasını alarak da ayrı bir analiz yapılmıştır. Havzanın hidrojeolojik ve arazi kullanım özelliklerine bağlı olarak Akış Eğri Numarası (CN) 77 olarak saptanmış (Chow, 1964; SCS, 1972; SCS, 1989; Bayazıt, 2003), kıyaslama yapabilmek amacıyla hesaplamalar 80'e göre de yapılarak DSİ Sentetik Birim Hidrograf ve Mockus Birim Hidrograf Yöntemlerine göre Bulak

Deresi'nin 2, 5, 10, 50, 100, 500 yıllık tekerrür süreli gelmesi muhtemel taşkın debileri hesaplanmıştır (Keskin vd., 2018; Keskin vd., 2019; Topuksak ve Keskin, 2020).

1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalarda; önce Çerkeş istasyonunun PLV katsayılarını kullanıp CN 77 ve CN 80 için iki ayrı hesap yapılarak DSİ Sentetik Birim Hidrograf ve Mockus Birim Hidrograf Yöntemlerine göre debi sonuçları elde edilmiştir. Aynı işlemler Bartın istasyonunun PLV katsayılarına göre yapılarak, ortalama PLV değerleriyle CN 80 için hesap yapılmıştır. Topoğrafik haritalarda yapılan tüm işlemler sırasıyla ASTER görüntülerinde de uygulanmıştır. Tüm bu parametreleri kullanarak yapılan taşkın analizleri sonrasında DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yönteminde 10 ve Mockus Birim Hidrograf Yönteminde 10 farklı sonuç elde edilmiş olup toplamda 20 farklı taşkın analizi sonucu verilmiştir.

Taşkın analizleri sonrasında 20 analiz içinden en uygun parametre ve yöntem belirlenerek, Bulak Deresi taşkını sonrasında tahrip olmuş menfezin yerine yapılmış 7x6 boyutundaki kutu menfezin seçilen analiz sonucundaki debi değerini geçirip geçirmediğinin kontrolü Netcad yazılımını kullanarak yapılmıştır.

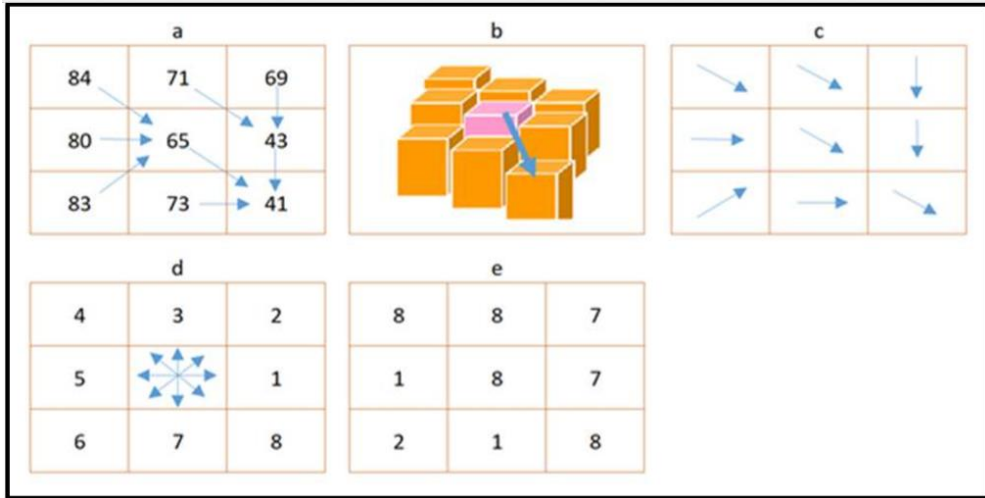
Bulak Deresi karstik bir kaynak olup diğer havzalardan sürekli bir beslenme söz konusu olduğundan yeraltı drenaj alanının etkisi de bu çalışmada dikkate alınmıştır. Daha önce yapılmış çalışmalardan yararlanılarak kaynak üzerinde doğrudan ölçüm yapılan bazı yıllardaki verilere ulaşılmış, ulaşılan verilerden maksimum debinin taşkın analizi sonucu seçilen yöntemdeki debi değerine eklenerek menfezin bu debi değerini geçirip geçirmediğinin kontrolü de Netcad yazılımı yardımıyla yapılmıştır.

BÖLÜM 4

TAŞKIN ANALİZİ

4.1. HAVZANIN MODELLENMESİ

Netcad programının Nethydo modülü kullanılarak Bulak Deresi Havzası modellenmiştir. Programda 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalar ve 30x30 m çözünürlüklü ASTER görüntüleri üzerlerinde bazı düzeltme işlemleri yapılarak ana havza ve alt havzalar TauDEM algoritmasına göre D8 akım modeline uygun bir şekilde bulunmuştur (Keskin vd., 2018; Keskin vd., 2019; Topuksak ve Keskin, 2020). Şekil 4.1’de D8 akım modelinin şematik gösterimi verilmiştir.



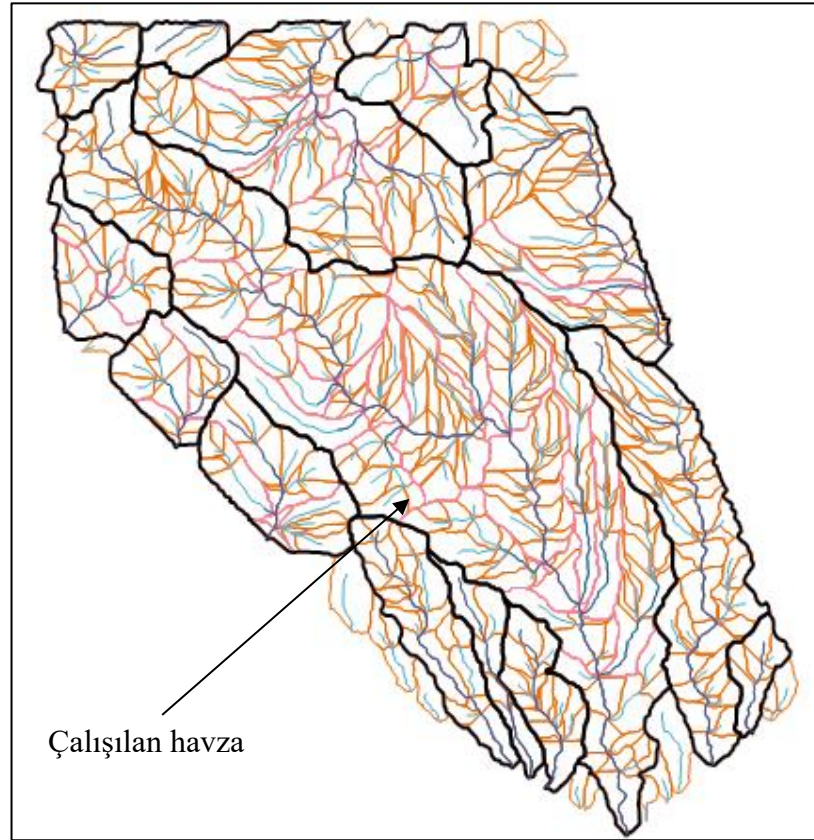
Şekil 4.1. D8 akım modelinin şematik gösterimi (Çetiner, 2017).

D8 akım modeli aşağıdaki adımlarla açıklanabilir.

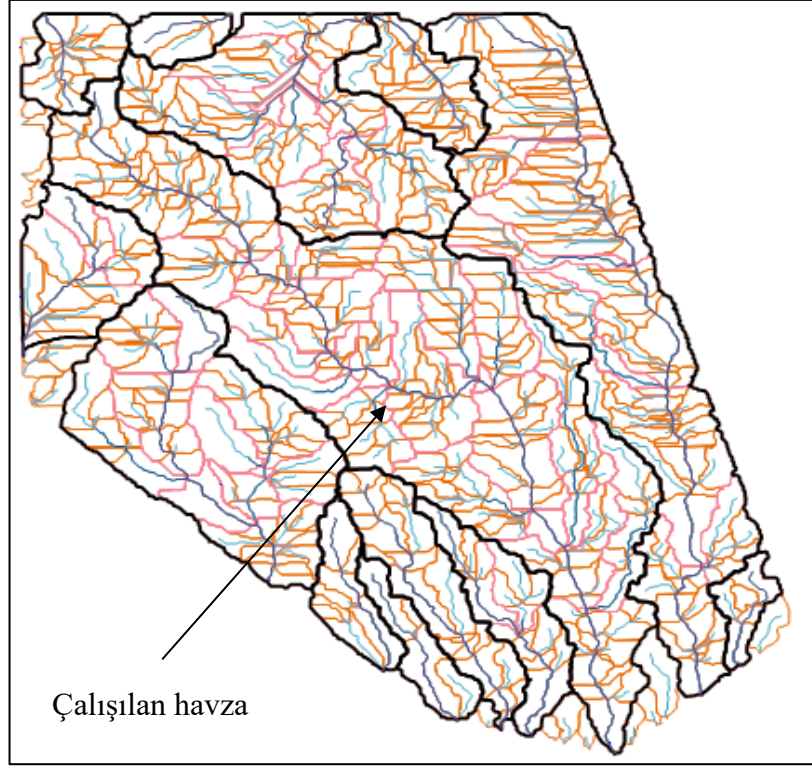
1. Sayısal arazi modeli üzerinde belirli aralıklarla piksellere bölünerek, her bir piksele bir kot atanmaktadır.

3. Akış ağını saptamak için her bir hücreden itibaren, birbirine komşu 8 hücre içinden en düşük kota sahip hücre seçilmekte ve drenaj kollarının geçtiği hücreden başlayarak en düşük kotlu hücreye gidilerek drenaj ağları oluşturulmaktadır.
4. Akım yönleri için her hücreye bir yönü gösterecek şekilde sayısal değerler verilmektedir.
5. D8 akım modeline uygun bir şekilde akış kolları ve akış yönleri saptanmaktadır (Çetiner, 2017; Keskin vd., 2018).

Modelleme sonucunda Bulak Deresi havzasının alanı 1:25 000'lik haritalarla yapılan analizde 30.551 km², ASTER-GDEM verileriyle yapılan analizde 29.724 km² olarak bulunmuştur. Şekil 4.2'de Netcad üzerinde 1:25 000'lik haritalar kullanarak modellenmiş ana havza, alt havza ve akım ağları verilmiştir. Şekil 4.3'te ise ASTER-GDEM verileri üzerinde modellenmiş havza verilmiştir.



Şekil 4.2. Sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak modellenmiş havzalar ve akış kolları.

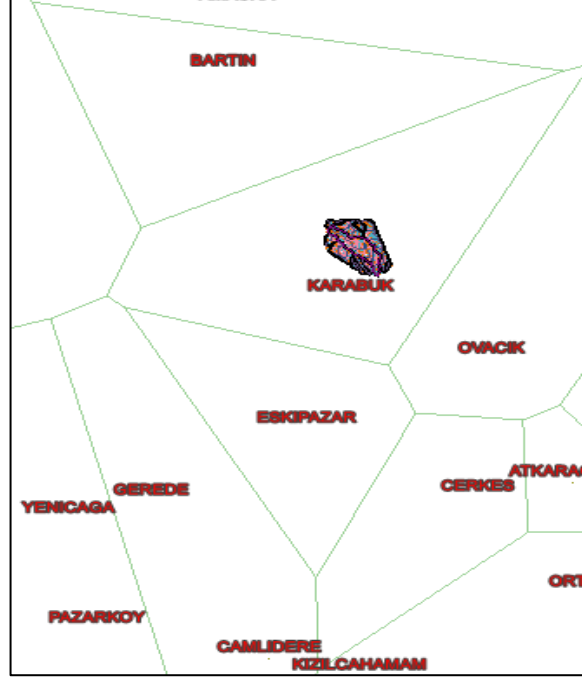


Şekil 4.3. ASTER-GDEM verileriyle modellenmiş havzalar ve akış kolları.

4.2. YAĞIŞIN ALANSAL DAĞILIMI VE YAĞIŞ DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

Yağış analizi için havzanın yakınlarında minimum 15 yıl aralıksız verisi bulunan meteoroloji istasyonları dikkate alınmıştır. Çalışma havzanın yakın çevresinde bulunan Bartın¹⁷⁰²⁰, Karabük¹⁷⁰⁷⁸, Eskipazar¹⁷⁶⁴¹, Çerkeş¹⁷⁶⁴⁶ istasyonlarının günlük maksimum yağış değerleri kullanarak 6 farklı istatistiksel dağılım fonksiyonu (Normal dağılım, Log-Normal (2 parametrelili), Log-Normal (3 parametrelili), Pearson Tip-3 (Gama Tip-3), Log-Pearson Tip-3 ve Gumbel) uygulanmıştır. Kullanılan dağılımların güvenilirlik/uygunluk testi Kolmogorov-Smirnov Yöntemi kullanılarak saptanmış, farklı tekerrür yıllarına ait 2, 4, 6, 8, 12, 18 ve 24 saat süreli yağış yinelenmeleri hesaplanmıştır. İstasyon yağışlarının alansal dağılımları ve etki alanları bölgenin topoğrafyasını da göz önünde bulundurarak Thiessen Yöntemi yardımıyla elde edilmiştir. Thiessen Yöntemi uygulandıktan sonra havzaya Karabük istasyonunun %100 etki ettiği görülmüştür (Şekil 4.4). Çizelge 4.1’de Netcad programının Nethydro

modülü kullanılarak elde edilen günlük maksimum yağış verilerinin farklı tekerrür yıllarındaki dağılım sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.4. Yağış istasyonlarının havza üzerindeki alansal dağılımı.

Çizelge 4.1. Karabük istasyonuna ait 24 saat süreli yağışların farklı tekerrür yıllarındaki 6 farklı istatistiksel dağılım sonuçları.

Dağılım Tipi	2	5	10	25	50	100
Normal Dağılım	34.205	45.835	51.916	58.404	62.587	66.354
Log-Normal (2 parametrel)	31.714	43.993	52.202	62.657	70.483	78.365
Log-Normal (3 parametrel)	31.377	43.503	51.944	63.019	71.518	80.237
Pearson Tip-3	30.685	43.523	52.567	64.107	72.647	81.063
Log-Pearson Tip-3	30.785	42.411	51.337	64.130	74.812	86.555
Gumbel	32.061	45.784	54.871	66.351	74.868	83.322

Çizelge 4.2’de Kolmogorov-Smirnov testi sonucunda saptanan en uygun dağılımın sonuçları ve Karabük istasyonuna ait bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.2. Havzaya etki eden istasyonun 24 saat süreli yağış yinelenmelerinde farklı tekerrür aralıklarındaki en uygun dağılım sonuçları.

İstasyon Adı-Temsil oranı(%)	Kolmogorov-Smirnov Testi	2	5	10	25	50	100
Karabük (1.0)	Log-Pearson Tip-3	30.785	42.,411	51.337	64.13	74.812	86.555
24 saatlik havza yağışı		30.79	42.41	51.34	64.13	74.81	86.56

4.3. HARMONİK EĞİM HESABI

Harmonik eğim; topoğrafik haritalarda 17.623 km'lik akarsu üzerinde 50 parça üzerinden hesaplanarak ortalama 0.052 olarak saptanırken, ASTER-GDEM verileri kullanılarak 17.269 km'lik akarsu üzerinde yine 50 parça üzerinden 0.054 olarak belirlenmiştir.

4.4. TAŞKIN DEBİ HESABI

4.4.1. 1:25 000 Ölçekli Sayısallaştırılmış Topoğrafik Haritalar Kullanılarak Yapılan Analizler

4.4.1.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı

DSİ Sentetik Yönteminde birim akış yüksekliğini (mm) oluşturan 2 saat süreli yağışın birim alandan geçireceği akış verimi (q , (lt/sn/mm/km²)) hesaplanmaktadır (Bayazıt, 2003; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Bayazıt ve Önöz, 2008; Keskin vd, 2018). Çizelge 4.3'te 1:25 000 ölçekli topoğrafik harita üzerinde DSİ Sentetik Yönteme göre yapılan hesaplamaların sonuçları verilmiştir.

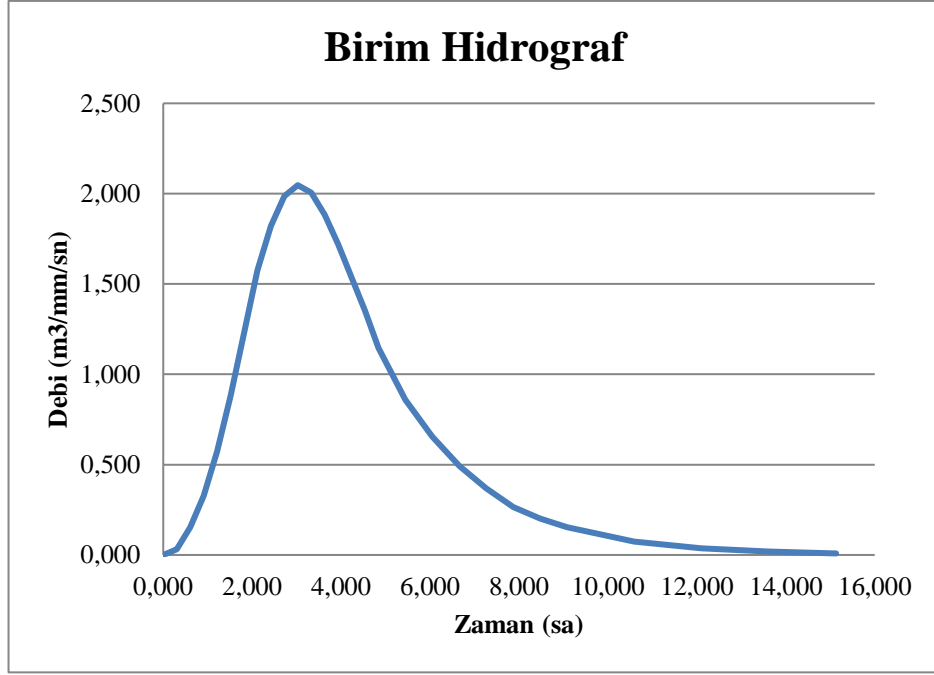
DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yönteminde artım akışlarının hesaplanabilmesi için önce yağışın alansal ve zamansal dağılımlarının saptanması gerekmektedir. Ülkemizdeki yağışın zaman içerisindeki dağılım grafiğine göre çalışma bölgesi A bölgesinde bulunmaktadır (Çetiner, 2017). Bu sebeple A eğrisinin katsayıları kullanılmıştır. Hesaplamalarda PLV katsayısı için Karabük istasyonuna ait bir değer bulunamadığından, PLV katsayısı seçilirken Bartın ve Çerkeş istasyonlarına ait katsayı değerleri kullanılmış, ayrıca bu iki istasyonun katsayı değerlerinin ortalaması alınarak da işlemler yapılmıştır (Çizelge 4.4).

Havzanın jeolojik yapısının çoğunlukla geçirimsiz kireçtaşlarından oluştuğu dikkate alınarak Akış Eğri Numarası (CN) 77 olarak saptanmış, daha güvenli bölgede kalmak adına 80 değeri için de hesaplamalar yapılmıştır (Bkz. Çizelge 1.5).

1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak elde edilen havza ve yağış analizleri verileriyle yapılan taşkın analizi sonucunda elde edilen DSİ Sentetik Birim Hidrografi Şekil 4.5'te verilmiştir. Birim Hidrografın pik debisi 2.047 m³/sn, pike erişme süresi 3.026 saattir. Bu yöntemle ilk olarak Çerkeş PLV katsayılarını kullanarak CN 77 ve CN 80 için analizler yapılmış ve 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileri hesaplanmıştır (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6). Hesaplamalar sonucunda CN 80 seçildiğinde taşkın debilerinin beklendiği gibi daha büyük sonuçlar verdiği görülmüştür. Zeminin geçirimsizliği ve arazi kullanımı gibi faktörlere bağlı olarak seçilen CN numarasının en doğru şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir.

Çizelge 4.3. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak gerçekleştirilen DSİ Sentetik Yöntemi hesap girdileri ve sonuçları.

GİRDİLER	
Görüntü/Harita ID	1:25 000 Topoğrafik Harita
Metod	DSİ Sentetik
Harmonik eğim (S)	0.052
L (Uzunluk, m)	17623.438
Havza alanı (A, km ²)	30.551
SONUÇLAR	
Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafe (Lc, km)	9.216
$Q_p = A \cdot 1 \cdot q_p \cdot 10^{-3}$ (m ³ /sn/mm)	2.047
DSİ qp (1 mm'lik akış verimi (lt/sn/km ² /mm))	67.012
DSİ Vb (Birim hidrograf hacmi, m ³)	30551.043
DSİ T (Hidrografın devam süresi, saat)	15.130
DSİ Tp (Hidrografın pike erişme süresi, saat)	3.026
HESAP DEBİSİ (m³/mm/sn)	
Kaç Yıllık debi	100
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=77) (Çerkeş PLV)	30.981
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Çerkeş PLV)	37.877
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=77) (Bartın PLV)	15.828
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Bartın PLV)	20.663
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Ortalama PLV)	28.886



Şekil 4.5. Sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak elde edilen DSİ Sentetik Birim Hidrografı.

Çizelge 4.4. Plüviyograf katsayıları.

PLV KATSAYILARI	2	4	6	8	12	18	24
BARTIN	0.47	0.57	0.65	0.71	0.79	0.90	1.00
ÇERKEŞ	0.62	0.71	0.77	0.83	0.90	0.95	1.00
ORTALAMA	0.545	0.64	0.71	0.77	0.845	0.925	1.00

Çizelge 4.5. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 77 için hesaplanmış taşkın tekerrür debileri (m³/sn).

DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m³/sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q₂	0.703	1.596	2.069	2.243	2.367	2.079	1.928
Q₅	3.890	5.504	6.048	6.116	6.108	5.180	4.529
Q₁₀	7.730	9.696	10.230	10.088	9.867	8.166	7.429
Q₂₅	14.890	17.339	17.511	17.238	16.192	13.301	12.545
Q₅₀	22.071	24.873	24.762	24.196	22.248	18.624	17.459
Q₁₀₀	30.981	34.059	33.522	32.810	29.413	25.283	23.316
Q₅₀₀							42.939
Q₁₀₀₀							48.764

Çizelge 4.6. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için hesaplanmış taşkın tekerrür debileri (m³/sn).

DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m ³ /sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q₂	1.726	2.808	3.284	3.371	3.453	2.961	2.659
Q₅	6.200	7.829	8.277	8.171	8.004	6.638	6.013
Q₁₀	11.032	12.990	13.230	13.029	12.337	10.044	9.513
Q₂₅	19.570	21.957	21.815	21.322	19.520	16.406	15.346
Q₅₀	27.841	30.459	29.910	29.285	26.188	22.604	20.742
Q₁₀₀	37.877	40.668	39.573	38.746	34.514	30.107	27.078
Q₅₀₀							49.861
Q₁₀₀₀							56.469

Aynı yöntemle ikinci olarak, Bartın PLV katsayılarını kullanarak CN 77 ve CN 80 değerleri için analizler yapılmış ve yine 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileri hesaplanmıştır (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8). Çizelge 4.9’da ise Çerkeş ve Bartın PLV katsayılarının ortalaması kullanılarak CN 80 için yapılan analizlerin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.7. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 77 için hesaplanmış taşkın tekerrür debileri (m³/sn).

DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m ³ /sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q₂	0.003	0.414	0.936	1.233	1.451	1.732	1.928
Q₅	0.954	2.470	3.593	3.859	4.268	4.506	4.529
Q₁₀	2.696	5.012	6.435	6.731	7.153	7.219	7.429
Q₂₅	6.447	9.773	11.712	11.905	12.214	11.735	1.545
Q₅₀	10.523	14.713	16.898	17.156	17.028	16.590	17.459
Q₁₀₀	15.828	21.010	23.527	23.658	22.937	22.584	23.316
Q₅₀₀							33.860
Q₁₀₀₀							38.564

Çizelge 4.8. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için hesaplanmış taşkın tekerrür debileri (m³/sn).

DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m ³ /sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q ₂	0.243	1.092	1.792	2.019	2.317	2.546	2.659
Q ₅	2.126	4.016	5.189	5.437	5.791	5.861	6.013
Q ₁₀	4.616	7.227	8.754	8.913	9.236	8.924	9.513
Q ₂₅	9.448	13.085	14.953	15.152	14.990	14.612	15.346
Q ₅₀	14.412	18.943	21.110	21.226	20.442	20.218	20.742
Q ₁₀₀	20.663	26.121	28.41	28.688	26.988	27.134	27.078
Q ₅₀₀							39.273
Q ₁₀₀₀							44.563

Çizelge 4.9. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Ortalama PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için hesaplanmış taşkın tekerrür debileri (m³/sn).

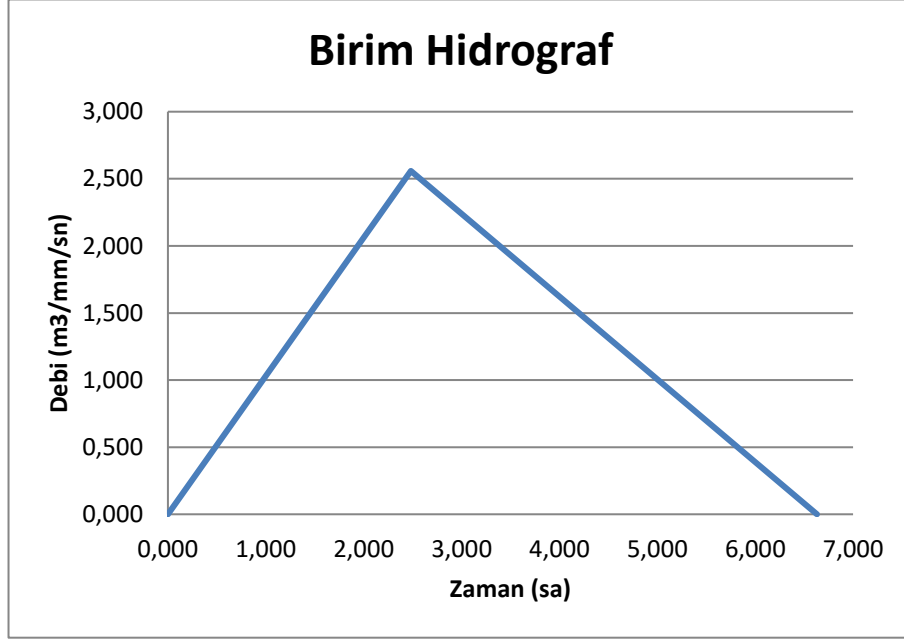
DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m ³ /sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q ₂	0.829	1.849	2.500	2.649	2.868	2.751	2.659
Q ₅	3.941	5.804	6.647	6.743	6.852	6.246	6.013
Q ₁₀	7.557	9.902	10.918	10.903	10.756	9.446	9.513
Q ₂₅	14.190	17.337	18.287	18.100	17.217	15.496	15.346
Q ₅₀	20.772	24.501	25.406	25.167	23.241	21.402	20.742
Q ₁₀₀	28.886	33.162	33.921	33.623	30.697	28.611	27.078
Q ₅₀₀							44.496
Q ₁₀₀₀							50.439

4.4.1.2. Mockus Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı

Mockus Birim Hidrograf Yönteminde gereken parametreler havzanın modellenmesi ve yağış analizleri sırasında elde edilmiştir. Toplanma süresi 30 saate kadar olan havzalarda bu yöntemin uygulanabilir olduğu bilinmektedir. DSİ Sentetik Yönteme göre daha pratik oluşu uygulamada kolaylık sağlamaktadır. (Keskin vd., 2018; Keskin vd., 2019).

Havzadaki akış için toplanma süresi (T_c) 2 saat olarak hesaplanmıştır. Toplanma süresi 2 saate karşılık gelen Çerkeş, Bartın ve her iki istasyonun ortalaması olan PLV katsayıları kullanılmış olup; Çerkeş istasyonu için bu değer 0.62, Bartın istasyonu için

0.47, ortalama PLV değeri için ise 0.545 değerleri dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Mockus Birim Hidrograf grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir. Çizelge 4.10'da Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre hesap girdileri ve sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.6. Sayısallaştırmış Topoğrafik haritalar kullanılarak elde edilen Mockus Birim Hidrografı.

Analiz sonucunda hidrografın pik debisi $2.559 \text{ m}^3/\text{sn}$, pik debinin oluşması için geçen süre ise 2.484 saat olarak hesaplanmıştır.

Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları; Çerkeş PLV katsayıları kullanılarak CN 77 ve CN 80 değerleri için sırasıyla Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te Bartın PLV katsayıları kullanılarak CN 77 ve CN 80 değerleri için taşkın debi sonuçları verilmiştir. Ortalama PLV katsayıları kullanılarak CN 80 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları ise Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Hesaplamalarda havza katsayısı (K) hem 0.208 hem de 0.163 alınarak işlem yapılmıştır (<http://portal.netcad.com.tr>).

Çizelge 4.10. Çerkeş PLV katsayıları kullanılarak, CN 77 ve CN 80 için Mockus Birim Hidrograf Yönteme göre hesap girdileri ve sonuçları.

GİRDİLER	
Görüntü/Harita ID	1:25 000 Topoğrafik Harita
Metod	Mockus
Havza K katsayısı	0.208
Harmonik eğim (S)	0.052
L (Uzunluk, m)	17623.438
Havza alanı (A, km ²)	30.551
SONUÇLAR	
Toplanma süresi ($T_c=0.00032*(L^{0.77}/S^{0.385})$)	1.864
Yağış süresi ($D = 2*T_c^{1/2}$)	2.730
Hidrografın yükselme zamanı ($T_p = 0.5*D + 0.6*T_c$)	2.484
Hidrografın alçalma süresi ($T_r = 1.67*T_p$)	4.148
Hidrografın taban süresi ($T_s = T_p + T_r$)	6.631
Pik debi ($Q_p = (K*A*hakış)/T_p$), (m ³ /mm/sn)	2.559
HESAP DEBİSİ (m³/mm/sn)	
Kaç Yıllık debi	100
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=77) (Çerkeş PLV)	38.820
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Çerkeş PLV)	47.461
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=77) (Bartın PLV)	19.833
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Bartın PLV)	36.194
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Ortalama PLV)	25.891

Çizelge 4.11. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 77 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m³/sn).

							24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım		30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555
2	1	1.13	0.949	0.62	0.665		20.46	28.187	34.119	42.622	49.721	57.526
						Akış Katsayısı (mm)	0.344	1.905	3.785	7.292	10.809	15.172
						Q _P 2.559	0.881	4.874	9.686	18.658	27.656	38.82
						K ₁ 0.208						
						Q _P 2.005	0.7	3.8	7.6	14.6	21.7	30.4
						K ₂ 0.163						
Akış Hesapları												
S'=((1000/ CN) - 10) * 25.4												
CN 77.00												
S 77.87												
0.2S 15.17							Q ₅₀₀ m ³ /s 58.982 (K ₁ 'e göre)					
0.8S 60.70							Q ₁₀₀₀ m ³ /s 67.664 (K ₁ 'e göre)					
hakış = (P - 0.2S') ² / (P + 0.8S')												

Çizelge 4.12. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m³/sn).

						24 saatlik yağış yinelenme değerleri						
						2	5	10	25	50	100	
T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım	30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555	
2	1	1.13	0.949	0.62	0.665	20.46	28.187	34.119	42.622	49.721	57.526	
						Akış Katsayısı (mm)						
						Q _P 2.559	2.162	7.769	13.823	24.521	34.886	47.461
						K ₁ 0.208	1.7	6.1	10.8	19.2	27.3	37.2
						Q _P 2.005						
						K ₂ 0.163						
Akış Hesapları												
S'=((1000/ CN) - 10) * 25.4												
CN 80.00												
S 63.50						Q ₅₀₀ m ³ /s 70.739 (K ₁ 'e göre)						
0.2S 12.70						Q ₁₀₀₀ m ³ /s 80.763 (K ₁ 'e göre)						
0.8S 50.80												
hakiş = (P - 0.2S') ² / (P + 0.8S')												

Çizelge 4.13. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 77 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m³/sn).

						24 saatlik yağış yinelenme değerleri						
						2	5	10	25	50	100	
T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım	30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555	
2	1	1.13	0.949	0.47	0.504	15.51	21.367	25.864	32.31	37.691	43.608	
						Akış Katsayısı (mm)						
						Q _P 2.559	0.001	0.467	1.320	3.157	5.153	7.751
						K ₁ 0.208	0.004	1.196	3.378	8.078	13.186	19.83
						Q _P 2.005	0.0	0.9	2.6	6.3	10.3	15.5
						K ₂ 0.163						
Akış Hesapları												
S'=((1000/ CN) - 10) * 25.4												
CN 77.00												
S 77.87						Q ₅₀₀ m ³ /s 31.220 (K ₁ 'e göre)						
0.2S 15.17						Q ₁₀₀₀ m ³ /s 36.124 (K ₁ 'e göre)						
0.8S 60.70												
hakiş = (P - 0.2S') ² / (P + 0.8S')												

Çizelge 4.14. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m³/sn).

T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım	24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
						2	5	10	25	50	100
2	1	1.13	0.949	0.47	0.504	30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555
					Akış Katsayısı (mm)	0.119	1.041	2.260	4.627	7.058	10.119
					Q _P 2.559	0.305	2.663	5.784	11.839	18.059	25.891
					K₁ 0.208						
					Q _P 2.005	0.2	2.1	4.5	9.3	14.2	20.3
					K₂ 0.163						
					Q ₅₀₀ m ³ /s	39,806 (K ₁ 'e göre)					
					Q ₁₀₀₀ m ³ /s	45,798 (K ₁ 'e göre)					
Akış Hesapları											
S'=((1000/ CN) - 10) * 25.4											
CN 80.00											
S 63.50											
0.2S 12.70											
0.8S 50.80											
hakiş = (P - 0.2S') ² / (P + 0.8S')											

Çizelge 4.15. 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak Ortalama PLV katsayıları ve Akış Eğri Numarası CN 80 için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları (m³/sn).

T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım	24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
						2	5	10	25	50	100
2	1	1.13	0.949	0.545	0.584	30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555
					Akış Katsayısı (mm)	0.406	1.930	3.701	6.949	10.173	14.146
					Q _P 2.559	1.039	4.938	9.469	17.780	26.028	36.194
					K₁ 0.208						
					Q _P 2.005	0.8	3.9	7.4	13.9	20.4	28.4
					K₂ 0.163						
					Q ₅₀₀ m ³ /s	54.688 (K ₁ 'e göre)					
					Q ₁₀₀₀ m ³ /s	62.652 (K ₁ 'e göre)					
Akış Hesapları											
S'=((1000/ CN) - 10) * 25.4											
CN 80.00											
S 63.50											
0.2S 12.70											
0.8S 50.80											
hakiş = (P - 0.2S') ² / (P + 0.8S')											

4.4.2. ASTER-GDEM Verileri Kullanılarak Yapılan Analizler

Bu çalışmada yine Netcad yazılımı kullanılarak, ikinci bir yöntem tercih edilmiş ve bunun için, 30x30 m çözünürlüklü Japonya, Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) ve Birleşik Devletler Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi (NASA) tarafından ortaklaşa geliştirilen ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) GDEM (Küresel Sayısal Yükseklik Modeli) verilerinden

yararlanılmıştır. Bu veriler yardımıyla yine öncelikle havza modellenmiş ve ardından yağış ve taşkın analizleri gerçekleştirilmiştir.

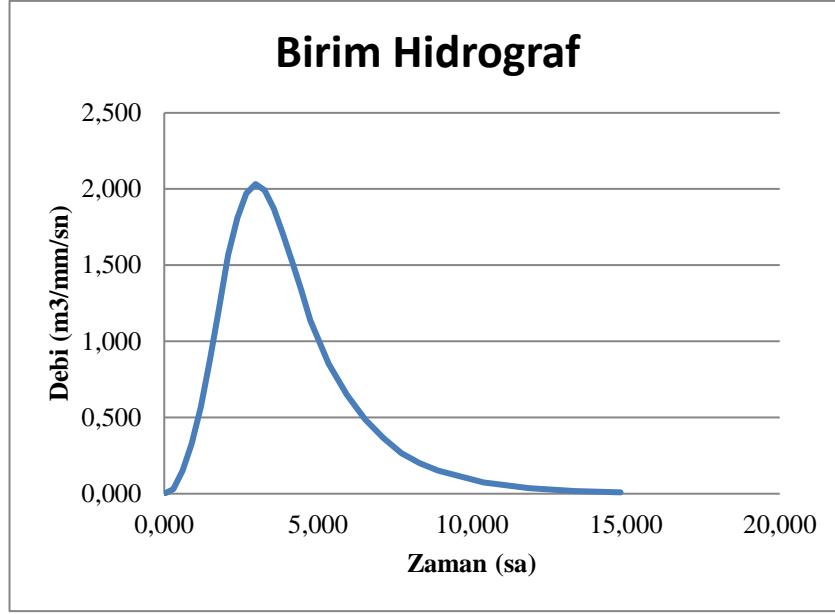
4.4.2.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı

Bu bölümde, Bölüm 4.4.1.1’de 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılarak yapılan analizlerin sonuçlarının verildiği işlem sırası ile ASTER-GDEM verileriyle yapılan analizlerin sonuçları verilecektir. Çizelge 4.16’da ASTER görüntüleri üzerinde DSİ Sentetik Yöntemine göre yapılan hesaplamaların sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.16. ASTER görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilen DSİ Sentetik Yöntemi hesap girdileri ve sonuçları.

GİRDİLER	
Görüntü/Harita ID	ASTER Görüntüleri
Metod	DSİ Sentetik
Harmonik eğim (S)	0.054
L (Uzunluk, m)	17269.270
Havza alanı (A, km ²)	29.724
SONUÇLAR	
Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafe (Lc, km)	8.785
$Q_p = A \cdot I \cdot q_p \cdot 10^{-3}$ (m ³ /sn/mm)	2.033
DSİ qp (1 mm’lik akış verimi (lt/sn/km ² /mm)	68.385
DSİ Vb (Birim hidrograf hacmi, m ³)	29723.715
DSİ T (Hidrografın devam süresi, saat)	14.826
DSİ Tp (Hidrografın pike erişme süresi, saat)	2.965
HESAP DEBİSİ (m³/mm/sn)	
Kaç Yıllık debi	100
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=77) (Çerkeş PLV)	30.870
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Çerkeş PLV)	37.730
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=77) (Bartın PLV)	15.781
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Bartın PLV)	20.593
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Ortalama PLV)	28.779

ASTER-GDEM verileriyle gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen DSİ Sentetik Birim Hidrografi Şekil 4.7’de verilmiştir. Hidrografın pik debisi 2.033 m³/sn, pik debiye ulaşması için geçen süre ise 2.965 saattir.



Şekil 4.7. ASTER Görüntüleriyle elde edilen DSİ Sentetik Birim Hidrograf.

DSİ Sentetik Yönteminde ASTER-GDEM görüntüleri üzerinde, yine öncelikle Çerkeş, sonra Bartın ve en son olarak da ortalama PLV katsayı değerlerini kullanılarak CN 77 ve CN 80 için analizler yapılmış ve 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileri hesaplanmıştır. Çerkeş PLV katsayısı için CN 77 kullanılarak yapılan hesaplamaların sonucu Çizelge 4.17’de, CN 80 için yapılan hesaplamaların sonucu Çizelge 4.18’de verilmiştir. Bartın PLV katsayısı için CN 77 ve CN 80 kullanılarak yapılan hesaplamaların sonucu sırası ile Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’de; ortalama PLV katsayısı için CN 80 kullanılarak yapılan hesaplamaların sonucu ise Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. ASTER görüntüleri kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve CN 77 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m^3/sn).

DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m^3/sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q₂	0.706	1.579	2.042	2.199	2.313	2.034	1.881
Q₅	3.886	5.426	5.949	6.005	5.991	5.064	4.419
Q₁₀	7.714	9.529	10.071	9.910	9.653	7.963	7.293
Q₂₅	14.847	17.114	17.227	16.931	15.896	13.047	12.279
Q₅₀	21.999	24.503	24.308	23.762	21.809	18.297	17.072
Q₁₀₀	30.870	33.503	32.850	32.165	28.846	24.873	22.761
Q₅₀₀							42.127
Q₁₀₀₀							47.847

Çizelge 4.18. ASTER görüntüleri kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve CN 80 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m³/sn).

DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m ³ /sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q ₂	1.727	2.780	3.226	3.296	3.384	2.897	2.599
Q ₅	6.188	7.688	8.150	8.028	7.832	6.473	5.904
Q ₁₀	11.001	12.829	12.991	12.805	12.081	9.858	9.317
Q ₂₅	19.504	21.624	21.408	20.934	19.130	16.115	15.001
Q ₅₀	27.740	29.953	29.300	28.699	25.715	22.230	20.242
Q ₁₀₀	37.730	40.203	39.026	38.081	33.844	29.566	26.562
Q ₅₀₀							48.905
Q ₁₀₀₀							55.390

Çizelge 4.19. ASTER görüntüleri kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve CN 77 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m³/sn).

DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m ³ /sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q ₂	0.003	0.414	0.922	1.215	1.423	1.692	1.881
Q ₅	0.957	2.454	3.532	3.775	4.181	4.409	4.419
Q ₁₀	2.696	4.945	6.327	6.605	7.009	7.043	7.293
Q ₂₅	6.435	9.608	11.520	11.718	11.934	11.519	12.279
Q ₅₀	10.497	14.535	16.617	16.851	16.717	16.266	17.072
Q ₁₀₀	15.781	20.715	23.102	23.237	22.481	22.218	22.761
Q ₅₀₀							33.188
Q ₁₀₀₀							37.798

Çizelge 4.20. ASTER görüntüleri kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve CN 80 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m³/sn).

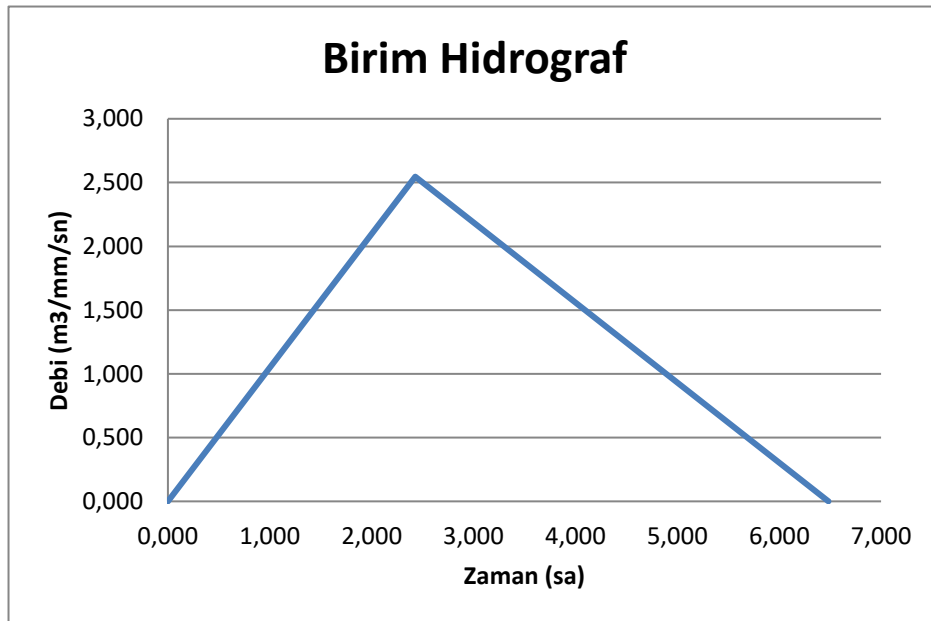
DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m ³ /sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q ₂	0.245	1.081	1.769	1.978	2.276	2.493	2.599
Q ₅	2.126	3.964	5.103	5.337	5.675	5.719	5.904
Q ₁₀	4.609	7.101	8.617	8.769	9.030	8.730	9.317
Q ₂₅	9.424	12.923	14.708	14.878	14.712	14.348	15.001
Q ₅₀	14.368	18.670	20.721	20.840	20.028	19.895	20.242
Q ₁₀₀	20.593	25.705	27.966	28.117	26.498	26.660	26.562
Q ₅₀₀							38.585
Q ₁₀₀₀							43.791

Çizelge 4.21. ASTER görüntüleri kullanılarak ortalama PLV katsayıları ve CN 80 için saptanmış taşkın tekerrür debileri (m^3/sn).

DSİ Sentetik Yöntem Taşkın Tekerrür Debileri (m^3/sn)							
	Proje Sağanak Süreleri (saat)						
	2	4	6	8	12	18	24
Q₂	0.832	1.836	2.460	2.595	2.814	2.693	2.599
Q₅	3.936	5.712	6.555	6.614	6.711	6.093	5.904
Q₁₀	7.540	9.796	10.733	10.726	10.506	9.259	9.317
Q₂₅	14.147	17.095	17.964	17.787	16.885	15.224	15.001
Q₅₀	20.702	24.117	24.910	24.684	22.755	21.054	20.242
Q₁₀₀	28.779	32.614	33.321	32.926	30.119	28.104	26.562
Q₅₀₀							43.691
Q₁₀₀₀							49.536

4.4.2.2. Mockus Birim Hidrograf Yöntemi Kullanılarak Yapılan Taşkın Debi Hesabı

Mockus Birim Hidrograf Yönteminde gereken parametreler havzanın modellenmesi sırasında elde edilmiştir. Havzadaki akış için T_c 2 saat olarak hesaplanmış olup, PLV katsayı için Çerkeş istasyonunda 2 saate karşılık 0.62, Bartın istasyonunda 0.47, ortalama ise 0.545 değeri alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Mockus Birim Hidrograf grafiği Şekil 4.8’de verilmiştir. Hidrografın pik debisi $2.546 m^3/sn$, pike erişme süresi 2.428 saattir. Çizelge 4.22’de ASTER görüntüleri üzerinde Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre hesap girdileri ve sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.8. ASTER Görüntüleriyle elde edilen Mockus Birim Hidrograf.

Çizelge 4.22. ASTER görüntüleri üzerinde Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre hesap girdileri ve sonuçları.

GİRDİLER	
Görüntü/Harita ID	ASTER GÖRÜNTÜLERİ
Metod	Mockus
Havza K katsayısı	0.208
Harmonik eğim (S)	0.052
L (Uzunluk, m)	17623.438
Havza alanı (A, km ²)	30.551
SONUÇLAR	
Toplanma süresi ($T_c=0.00032*(L^{0.77}/S^{0.385})$)	1.807
Yağış süresi ($D = 2*T_c^{1/2}$)	2.688
Hidrografın yükselme zamanı ($T_p= 0.5*D + 0.6*T_c$)	2.428
Hidrografın alçalma süresi ($T_r= 1.67*T_p$)	4.055
Hidrografın taban süresi ($T_s = T_p+T_r$)	6.484
Pik debi ($Q_p = (K*A*hakış)/TP$), (m ³ /mm/sn)	2.546
HESAP DEBİSİ (m³/mm/sn)	
Kaç Yıllık debi	100
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=77) (Çerkeş PLV)	38.757
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Çerkeş PLV)	47.370
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=77) (Çerkeş PLV)	19.813
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Çerkeş PLV)	25.854
Hesap debisi (m ³ /mm/sn) (2 saatlik) (CN=80) (Ortalama PLV)	36.132

Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları; Çerkeş PLV katsayıları kullanılarak CN 77 ve 80 değerleri için sırasıyla Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24'te verilmiştir. Hesaplamalarda havza katsayısı (K) hem 0.208 hem de 0.163 alınarak işlem yapılmıştır (<http://portal.netcad.com.tr>).

Çizelge 4.23. ASTER görüntüleri kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve CN 77 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m³/sn).

T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım	24 saatlik yağış yinelenme değerleri						
						2	5	10	25	50	100	
2	1	1.13	0.950	0.62	0.666	30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555	
					Akış Katsayısı (mm)	0.348	1.917	3.804	7.321	10.848	15.223	
					Q _P 2.546	0.887	4.879	9.684	18.640	27.619	38.757	
					K ₁ 0.208	0.7	3.8	7.6	14.6	21.6	30.4	
					Q _P 1.995							
					K ₂ 0.163							
Akış Hesapları												
$S'=((1000/CN) - 10) * 25.4$												
CN	77.00											
S	75.87						Q ₅₀₀ m ³ /s	58.876	(K ₁ 'e göre)			
0.2S	15.17						Q ₁₀₀₀ m ³ /s	67.539	(K ₁ 'e göre)			
0.8S	60.70											
$hakış = (P - 0.2S')^2 / (P + 0.8S')$												

Çizelge 4.24. ASTER görüntüleri kullanılarak Çerkeş PLV katsayıları ve CN 80 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m³/sn).

						24 saatlik yağış yinelenme değerleri						
						2	5	10	25	50	100	
T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım	30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555	
2	1	1.13	0.950	0.62	0.666	20.491	28.229	34.170	42.686	49.795	57.612	
						Akış Katsayısı (mm)						
						Q _P 2.546	2.168	7.769	13.812	24.487	34.827	47.370
						K₁ 0.208						
						Q _P 1.995	1.7	6.1	10.8	19.2	27.3	37.1
						K₂ 0.163						
Akış Hesapları												
S'=((1000/ CN) - 10) * 25.4												
CN 80.00												
S 63.50												
0.2S 12.70												
0.8S 50.80												
hakış = (P - 0.2S') ² / (P + 0.8S')												
						Q ₅₀₀ m ³ /s	70.592 (K ₁ 'e göre)					
						Q ₁₀₀₀ m ³ /s	80.593 (K ₁ 'e göre)					

ASTER görüntüleri üzerinde Bartın PLV katsayıları kullanılarak CN 77 ve 80 değerleri için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.25. ASTER görüntüleri kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve CN 77 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m³/sn).

						24 saatlik yağış yinelenme değerleri						
						2	5	10	25	50	100	
T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım	30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555	
2	1	1.13	0.950	0.47	0.505	15.533	21.399	25.903	32.358	37.748	43.673	
						Akış Katsayısı (mm)						
						Q _P 2.546	0.002	0.472	1.329	3.173	5.176	7.782
						K₁ 0.208						
						Q _P 1.995	0.0	0.9	2.7	6.3	10.3	15.5
						K₂ 0.163						
Akış Hesapları												
S'=((1000/ CN) - 10) * 25.4												
CN 77.00												
S 77.87												
0.2S 15.17												
0.8S 60.70												
hakış = (P - 0.2S') ² / (P + 0.8S')												
						Q ₅₀₀ m ³ /s	31.182 (K ₁ 'e göre)					
						Q ₁₀₀₀ m ³ /s	36.078 (K ₁ 'e göre)					

Çizelge 4.26. ASTER görüntüleri kullanılarak Bartın PLV katsayıları ve CN 80 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m³/sn).

T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım	24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
						2	5	10	25	50	100
2	1	1.13	0.949	0.47	0.505	30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555
						15.533	21.399	25.903	32.358	37.748	43.673
					Akış Katsayısı (mm)	0.121	1.048	2.273	4.647	7.085	10.155
					Q _P 2.546	0.308	2.669	5.786	11.832	18.039	25.854
					K₁ 0.208						
					Q _P 1.995	0.2	2.1	4.5	9.3	14.1	20.3
					K₂ 0.163						
					Q ₅₀₀ m ³ /s	39.741 (K ₁ 'e göre)					
					Q ₁₀₀₀ m ³ /s	45.721 (K ₁ 'e göre)					
Akış Hesapları											
S'=((1000/ CN) - 10) * 25.4											
CN 80.00											
S 63.50											
0.2S 12.70											
0.8S 50.80											
hakiş = (P - 0.2S') ² / (P + 0.8S')											

ASTER görüntüleri üzerinde ortalama PLV katsayıları kullanılarak CN 80 değeri için Mockus Birim Hidrograf Yöntemine göre taşkın debi sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. ASTER görüntüleri kullanılarak Ortalama PLV katsayıları ve CN 80 için Mockus Birim Hidrografa göre debi sonuçları (m³/sn).

T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım	24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
						2	5	10	25	50	100
2	1	1.13	0.950	0.545	0.585	30.785	42.411	51.337	64.13	74.812	86.555
						18.012	24.814	30.037	37.522	43.771	50.643
					Akış Katsayısı (mm)	0.410	1.941	3.718	6.976	10.208	14.192
					Q _P 2.546	1.044	4.941	9.466	17.761	25.991	36.132
					K₁ 0.208						
					Q _P 1.995	0.8	3.9	7.4	13.9	20.4	28.3
					K₂ 0.163						
					Q ₅₀₀ m ³ /s	54.585 (K ₁ 'e göre)					
					Q ₁₀₀₀ m ³ /s	62.532 (K ₁ 'e göre)					
Akış Hesapları											
S'=((1000/ CN) - 10) * 25.4											
CN 80.00											
S 63.50											
0.2S 12.70											
0.8S 50.80											
hakiş = (P - 0.2S') ² / (P + 0.8S')											

Taşkın analizinde 20 farklı kombinasyon gerçekleştirilmiştir. Altlık olarak 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar ile ASTER-GDEM verileri, yöntem olarak DSİ Sentetik Birim Hidrograf ile Mockus Birim Hidrograf Yöntemi, akış eğri numarası 77 ve 80 değerleri ve son olarak PLV katsayıları için Çerkeş, Bartın ve

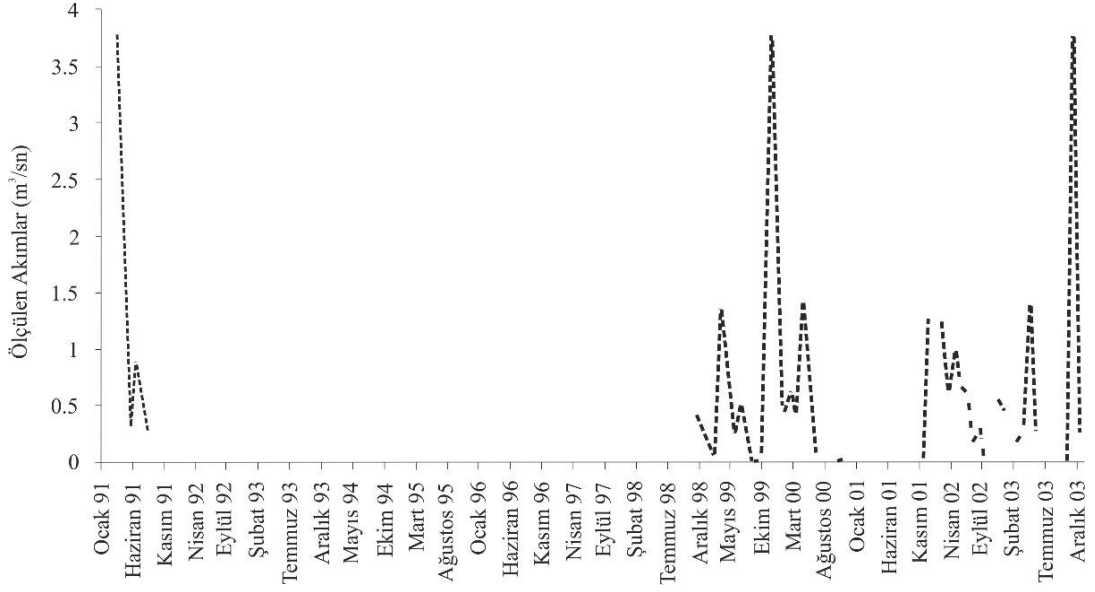
ortalama PLV değerleri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalar ve ASTER görüntüleriyle yapılan analizlerin, benzer havza alanı elde edilmesinden kaynaklı olarak, birbirine çok yakın taşkın debi değerleri verdiği saptanmıştır.

Analizlerin sonucunda maksimum taşkın debi değerinin CN 80, Çerkeş PLV ve Mockus Birim Hidrograf Yöntemi ile elde edildiği görülmüştür. Fakat havza alanının 30.551 km² olduğu göz önünde bulundurularak Mockus Birim Hidrograf Yöntemi 1-10 km² arası havzalarda daha doğru sonuç verdiği dikkate alındığında yöntem olarak DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yönteminin seçilmesi daha uygun olacağı düşünülmektedir. Buna göre 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar üzerinde, DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi ile CN 80 ve erkeş PLV değerleri kullanılarak yapılan hesaplamaların sonucunda havzanın 100 yılda gelmesi muhtemel taşkın debisi 40.668 m³/sn olarak belirlenmiştir. Çalışılan havzada mansap noktasındaki sanat yapısının boyut analizinin bu debi değerine göre yapılmasının daha güvenli olacağı öngörülmektedir.

4.4.3. Akım lmlerinin Değerlendirmeye Dahil Edilmesi

Bulak Kaynağının boşalım noktasında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından 1991, 1999-2000, 2001-2003 yıllarında doğrudan kısa süreli akım ölçümleri yapılmıştır (şekil 4.9). lm yapılan zaman dilimlerinde maksimum debi ortalama 3.75 m³/sn olarak gözlenmiştir (Bayarı vd, 2009).

Karstik akiferlerin boşluklu ve kırık çatlaklı olması nedeniyle, yağışlarla gelen su bu çatlaklardan ve mağaralar, dolin ve dden gibi karstik yapılardan süzülerek yeraltı suyu kaynağını oluşturur. şiddetli yağışlarda karstik bölgelerdeki yeraltı suyu beslenimi buharlaşmanın düşük olmasıyla daha da artmaktadır. Yeraltı suyunun ani bir şekilde yükselmesi ani taşkınlara sebep olmaktadır. Karst sistemi, yeraltı suyu ile yüzey suyu hidrolojisinin birleşimi demektir. Bu nedenle ani şiddetli yağışlarda yeraltı suyunun yükselip yüzey suyuna karışmasıyla birlikte ani karst taşkınları meydana gelmektedir (Demiroğlu, 2020).



Şekil 4.9. Bulak Deresinde ölçülmüş akım ölçümleri (Bayarı vd, 2009).

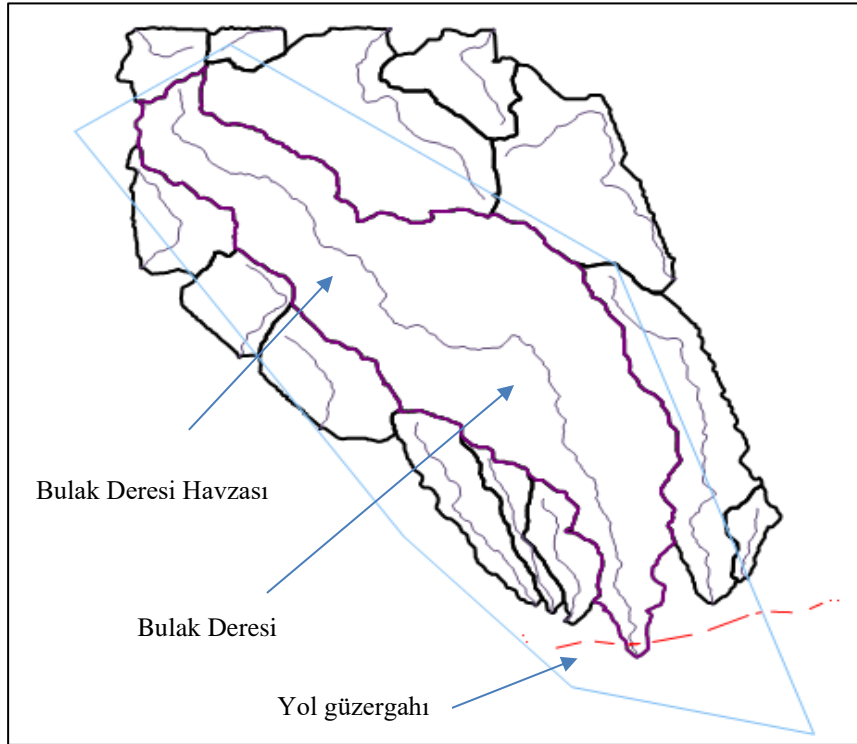
Çalışma alanında herhangi bir akım gözlem istasyonu bulunmadığı için taşkın analizleri, günlük maksimum yağış verileri yardımıyla ve bu verilerin yüzeysel akışa karşılık gelen artım akış değerlerine dönüştürülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte çalışma alanı karstik yapıların hakim olduğu ve Bulak Deresini oluşturan ana su kaynağının mağaradan boşalan Bulak Kaynağı olması dolayısıyla elde edilen taşkın debilerine bu yeraltı suyu akışlarının eklenmesi gerektiği ve bunun ani karst taşkınları olayları açısından çok önemli bir unsur olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanında 02.02.2016 tarihinde Kastamonu-Karabük karayolu altında bulunan menfezin yıkılmasıyla ilişkili köprü yıkılma afetinin Bulak Deresi Kaynağının genellikle maksimum debilerinin gözlemlendiği zaman aralıklarında (Ocak-Şubat 2000) meydana gelmiş olması taşkın hesaplarındaki karstik kaynak boşalmalarının oldukça önemli olduğunu kanıtlamaktadır. Ayrıca afetin meydana geliş zamanından birkaç gün önce MGM'den elde edilen verilere göre (Bkz. Çizelge 2.1) diğer zamanlara oranla daha şiddetli bir yağış olayı gerçekleşmiş ve oldukça hızlı beslenme ve kararsız akıma sahip olan Bulak Kaynağından Bulak Deresine hızlı bir boşalmanın gerçekleşmiş olması bu afetin oluşmasında oldukça etkili olduğu düşünülmektedir (www.mgm.gov.tr). Bu nedenlerden dolayı Bölüm 5'te verildiği gibi menfez analizinde bu debi ayrıca dikkate alınmıştır.

BÖLÜM 5

MENFEZ BOYUT ANALİZİ

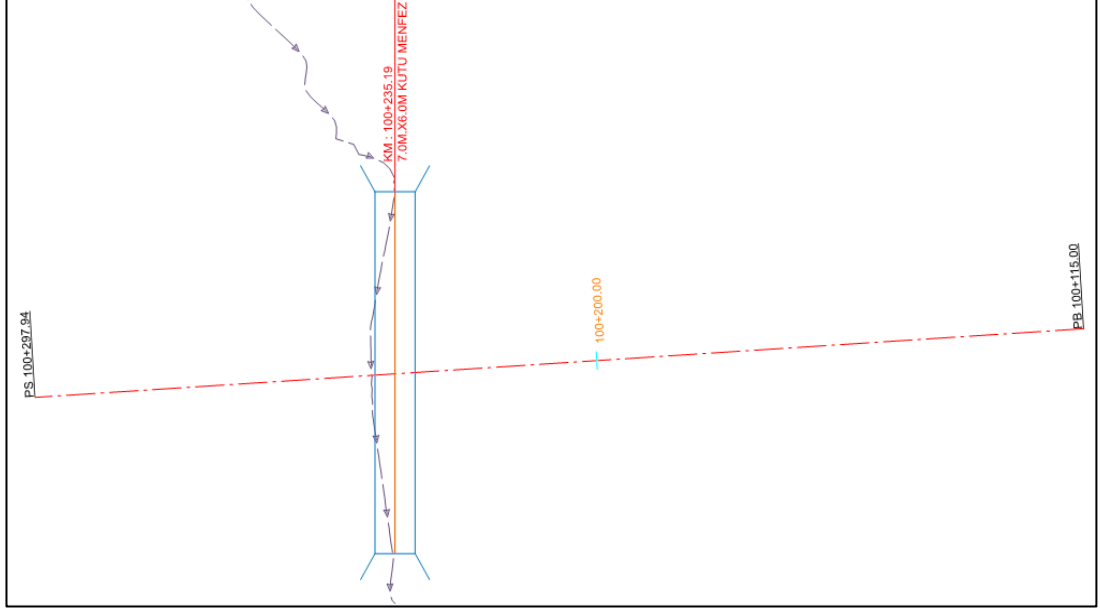
Taşkın ve köprü yıkılması afetinden sonra inşa edilen ve günümüzde Bulak Deresi üzerinde bulunan 7x6 boyutlarındaki menfezin boyut analizleri, taşkın analizlerinden elde edilen 20 farklı sonuç dikkate alınarak yapılmıştır. Ayrıca doğrudan akım ölçümlerinden elde edilmiş maksimum debi değeri hesaplanmış taşkın debi değerine eklenerek toplam debiye göre de boyut analizi gerçekleştirilmiştir.

Menfezin boyut analizi için Netcad programının Netpro modülü kullanılmıştır. Boyutlandırma öncesinde menfezin üzerinde bulunan karayolunun güzergahı proje firmasından (Polat Yol Yapı San. ve Tic. A.Ş.) temin edilmiştir. Analizler esnasında öncelikle menfezi akarsu üzerine yerleştirebilmek için karayolu güzergahı havza üzerinde akarsu üzerine yerleştirildi (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Güzergah planının akarsu üzerine yerleştirilmesi.

Güzergahın başlangıcı Km = 100+115 olarak saptanmış, güzergahın akarsu üzerine yerleştirilmesiyle menfezin Km = 100+235’da bulunduğu görülmüştür. Şekil 5.2’de Bulak Deresi üzerindeki 7x6 boyutlarındaki yeni kutu menfezin Netcad programı kullanılarak akarsu üzerine yerleştirilmiş hali görülmektedir.



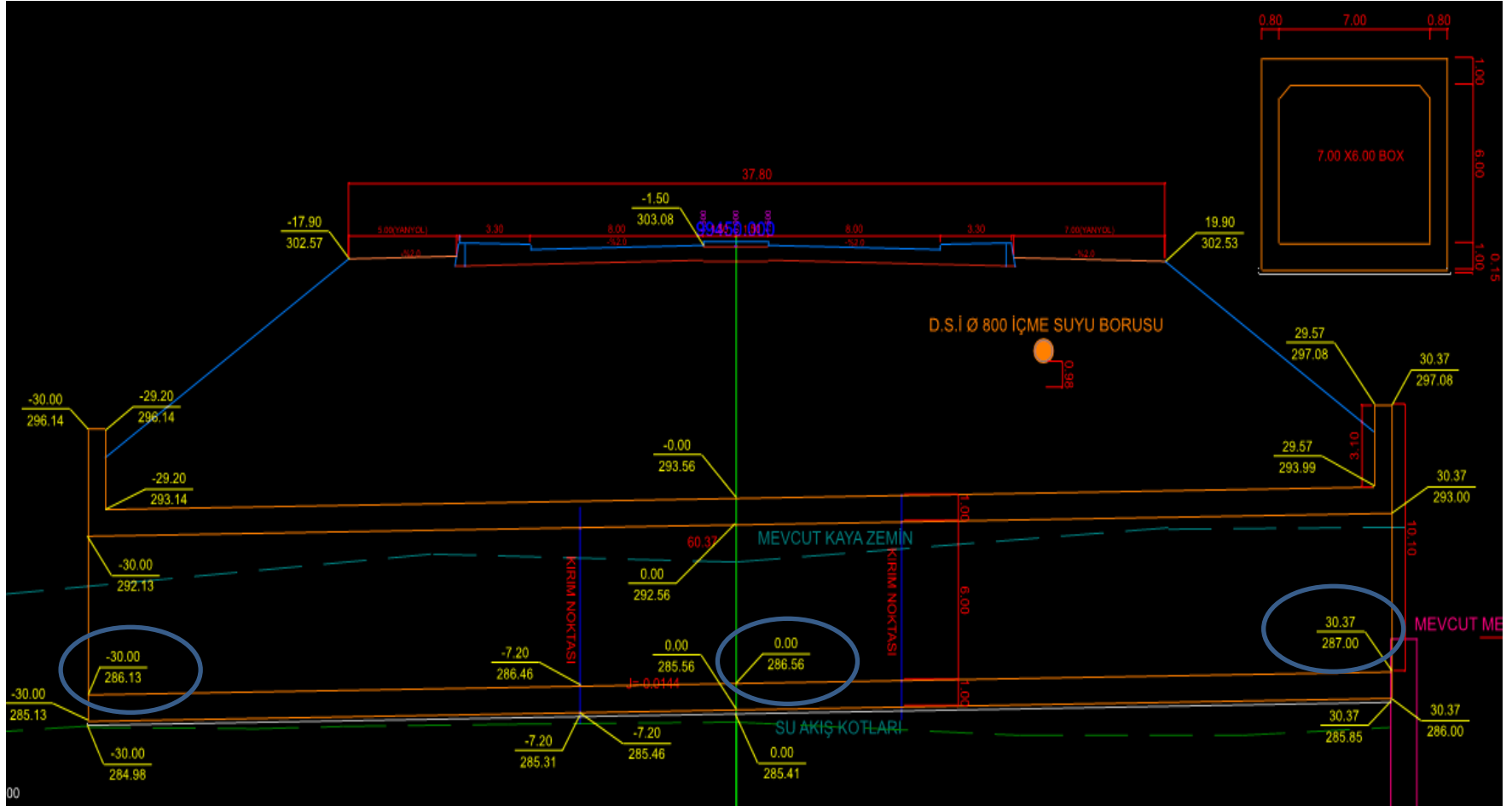
Şekil 5.2. Yeni menfezin akarsu üzerinde yerleşimi.

DSİ 23. Bölge Müdürlüğü tarafından daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde Manning Katsayısının (n) 0.021 alındığı görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada Manning Katsayısı değeri 0.021 olarak alınmıştır.

İnpro Proje firmasından alınan uygulama projesine göre Şekil 5.3’de verildiği gibi menfezin taban kotu ile menfezden suyun çıkış kotu arasındaki farkın menfezin uzunluğuna bölünmesiyle menfezin eğimi hesaplanmıştır (Eşitlik 5.1).

$$J_{menfez} = \frac{287-286.13}{60.37} = 0.0144 \quad (5.1)$$

Uygulama projesine göre menfezin eksene göre sol taraftaki uzunluğu 30 m, sağ taraftaki uzunluğu 30.37 m olarak belirlenmiştir (Şekil 5.3). Boyut analizinde gerekli bir diğer parametre olan FL kotu, yol eksenine menfezin içinde akan suyun kesiştiği noktanın kotu olup 286.56 olarak alınmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Çalışma alanındaki yeni menfezin uygulama kesiti (Aksökü, 2019).

Şekil 5.4'te menfezin boyut analizinde kullanılacak girdi parametreleri görülebilmektedir.

Şekil 5.4. Boyut analizi için girdi parametreleri.

Analiz için gerekli tüm parametreler elde edildikten sonra çalışma alanı için en uygun olarak düşünülen 1:25 000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar üzerinde, DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi ile Çerkeş PLV ve CN 80 değerlerini kullanarak elde edilen 10, 100 ve 500 yıllık debi değerlerine göre menfezin boyut analizi yapılmıştır (Şekil 5.5). Buna göre $Q_{10} = 13.230 \text{ m}^3/\text{sn}$, $Q_{100} = 40.668 \text{ m}^3/\text{sn}$, $Q_{500} = 49.861 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak alınmıştır (Bkz. Çizelge 4.6).

Menfez Boyutlandırma			
İşlemler			
Havza Analiz Noktası			
Hesap Tarihi		17.08.2020 16:40	
Metod		DSİ	
Açıklama			
Rapor Dosya Yolu		C:\RaporSonuc.xls	
10 Yıllık Debi (m ³ /sn)		13.23000	
100 Yıllık Debi (m ³ /sn)		40.66800	
500 Yıllık Debi (m ³ /sn)		49.86100	
Girdiler			
Kaç Yıllık		10	100
Debi		13.23000	40.66800
Menfez Uzunluğu (m)		7.00	7.00
Menfez Yüksekliği (m)		6.00	6.00
Manning Katsayısı		0.021	0.021
Menfez Eğimi		0.014	0.014
Maksimum Hiz (m/sn)		7.000	7.000
		Hesapla	Hesapla
Sonuçlar			
Akımın Derinliği			
Dn (m)	Durum	0.44 Dn < Dk	0.90 Dn < Dk
Dk (m)	Durum	0.71	1.51
Akımın Hızı			
Vn (m/sn)	Durum	4.295	6.427
Vk (m/sn)	Durum	2.647 Vk < 7.000	3.848 Vk < 7.000
Kritik Eğim			
Jkr (m)	Durum	0.006 Jmenfez > Jkr	0.006 Jmenfez > Jkr
Hava Payı			
h' (m)		0.72	0.82
h (m)	Durum	1.16 h < a	1.73 h < a

Şekil 5.5. Seçilen en uygun yöntemdeki debi değerlerine göre menfez boyut analizi sonuçları.

Şekil 5.5'te verilen sonuçlar incelendiğinde Netcad üzerinde menfez boyutlandırma analizinde girilen debi değerine göre akımın derinliği, akımın hızı, kritik eğim ve hava payı kontrolü yapılmış, 7x6 boyutlarındaki yeni menfezin 10, 100 ve 500 yılda gelmesi muhtemel taşkın debileri için yeterli olduğu görülmüştür. Tabi ki son yıllardaki küresel iklim değişikliklerinin 1000 ya da daha büyük tekerrür yılına ait bir taşkın debisini oluşturabilecek hava şartlarını zaman zaman karşımıza çıkarabileceği gerçeği de asla unutulmamalıdır.

Çizelge 5.1'de DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi ile Çerkeş PLV ve CN 80 değerleri kullanılarak hesaplanan 10, 100 ve 500 yıllık debi değerlerini kullanarak yapılan yeni menfezin boyutlandırmasının sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi ile Çerkeş PLV ve CN 80 değerleriyle bulunmuş debi değerlerine göre analiz sonuçları.

Kaç Yıllık	Q(m ³ /sn)	H(m)	Dn(m)	Dk(m)	Vn(m/sn)	Vk(m/sn)
Q10	13.230	1.16	0.44	0.71	4.295	2.647
Q100	40.668	1.73	0.90	1.51	6.427	3.848
Q500	49.861	1.88	1.03	1.73	6.889	4.119

Dn, normal su yüksekliği olup Dk, kritik akım yüksekliğinden küçük olmalıdır. Dn, debi değeri ve menfez eğimine bağlı olarak Netcad programı tarafından Manning Formülü (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005; Highway Design Manual, 2018) kullanılarak hesaplanmaktadır. Kritik akım yüksekliği Dk, Eşitlik 5.2 yardımıyla hesaplanmaktadır. B menfez genişliği olup 6 metre alınmıştır.

$$Dk = \sqrt[3]{Q^2/(9.81 * B^2)} \quad (5.2)$$

Kritik akım hızı Vk; taşkın debisi, menfezin genişliği ve kritik akım yüksekliğine bağlı olarak Eşitlik 5.3 kullanılarak hesaplanmaktadır (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$Vk = Q/(B * Dk) \quad (5.3)$$

Normal akım hızı V_n ; taşkın debisi, menfez genişliği ve normal su yüksekliğine bağlı olarak Eşitlik 5.4 yardımıyla hesaplanmaktadır (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$V_n = Q / (B * D_n) \quad (5.4)$$

FHWA (1983)'e göre menfez çıkışında akışın hızlı olması sonucunda oyulmalar meydana gelebilmektedir. Menfezlerde maksimum hız kritik derinlik altında oluşur ve genellikle 3.0-7.0 m/sn aralığında değişmektedir. Menfez çıkışında oyulmalara neden olmamak için oluşabilecek maksimum hızlar, V_{max} 'dan küçük olmalıdır.

Kritik eğim hesabı için hidrolik yarıçapın bulunması gereklidir. Hidrolik yarıçap R_{kr} , ıslak alanın ıslak çevreye bölünmesiyle bulunur. Islak alan A_{kr} , Eşitlik 5.5'te verilen bağıntıyla bulunur.

$$A_{kr} = B * D_k \quad (5.5)$$

Islak çevre U_{kr} , Eşitlik 5.6 yardımıyla hesaplanmaktadır (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$U_{kr} = 2D_k + B \quad (5.6)$$

R_{kr} , Eşitlik 5.7 yardımıyla hesaplanmaktadır (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$R_{kr} = A_{kr} / U_{kr} \quad (5.7)$$

Kritik eğim J_{kr} , Eşitlik 5.8'de verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır (Brockenbrough, 1996; Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005).

$$J_{kr} = (V_k^2 * n^2) / R_{kr}^{4/3} \quad (5.8)$$

Hava payı h' , normal akım hızı ve normal su yüksekliğine bağlı olarak Eşitlik 5.9 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$h' = 0.6 + (0.036 * V_n * D_n^{1/3}) \quad (5.9)$$

Toplam su yüksekliği h , normal su yüksekliği ile hava payının toplanmasıyla hesaplanmaktadır (Eşitlik 5.10). Toplam su yüksekliği menfez yüksekliğinden küçük olmalıdır.

$$h = h' + D_n \quad (5.10)$$

Bulak Deresine belli yıllar aralığında yapılan debi ölçümlerinin maksimum değeri olan $3.75 \text{ m}^3/\text{sn}$ değerinin (Şekil 4.7), yağış verileri ile işlem yapılan bu tezdeki taşkın analizlerinden elde edilen debi değerlerine eklenmesiyle; $Q_{10} = 16.98 \text{ m}^3/\text{sn}$, $Q_{100} = 44.418 \text{ m}^3/\text{sn}$, $Q_{500} = 53.611 \text{ m}^3/\text{sn}$ elde edilmiştir. Bu debi değerleriyle menfezin boyut kontrolü tekrar yapılmıştır (Şekil 5.6). Yapılan analizin sonuçları Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Menfez Boyutlandırma			
İşlemler			
Havza Analiz Noktası			
Hesap Tarihi	19.08.2020 17:23	10 Yıllık Debi (m ³ /sn)	16.98000
Metod	DSI	100 Yıllık Debi (m ³ /sn)	44.41800
Açıklama		500 Yıllık Debi (m ³ /sn)	53.61100
Rapor Dosya Yolu	C:\RaporSonuc.xls		
Girdiler			
Kaç Yıllık	10	100	500
Debi	16.98000	44.41800	53.61100
Menfez Uzunluğu (m)	7.00	7.00	7.00
Menfez Yüksekliği (m)	6.00	6.00	6.00
Manning Katsayısı	0.021	0.021	0.021
Menfez Eğimi	0.014	0.014	0.014
Maksimum Hız (m/sn)	7.000	7.000	7.000
Hesapla		Hesapla	Hesapla
Sonuçlar			
Akımın Derinliği			
Dn (m)	Durum	0.52 Dn < Dk ✓	0.96 Dn < Dk ✓
Dk (m)	Durum	0.84	1.60
Akımın Hızı			
Vn (m/sn)	Durum	4.710 ✓	6.624 ✓
Vk (m/sn)	Durum	2.876 Vk < 7.000 ✓	3.963 Vk < 7.000 ✓
Kritik Eğim			
Jkr (m)	Durum	0.006 Jmenfez > Jkr ✓	0.006 Jmenfez > Jkr ✓
Hava Payı			
h' (m)		0.74	0.84
h (m)	Durum	1.25 h < a ✓	1.79 h < a ✓

Şekil 5.6. Bulak Deresinde belli yıllar aralığında yapılan debi ölçümlerinin maksimum değerinin eklenmesiyle elde edilen debi değeriyle yeniden yapılan menfez boyut analizi sonuçları.

Şekil 5.6’da da görülebileceği gibi toplam debi değerleri için yapılan analizde kabarma, derinlik ve hız kontrolleri yapılmış olup, menfezin bu debi değerlerini geçirebileceği görülmüştür. $D_n < D_k$ olduğundan kabarma kontrolü menfez girişinde yapılmıştır.

Çizelge 5.2. Bulak Deresinde belli yıllar aralığında yapılan debi ölçümlerinin maksimum değerinin eklenmesiyle yapılan analizin sonuçları.

Kaç Yıllık	Q(m ³ /sn)	H(m)	Dn(m)	Dk(m)	Vn(m/sn)	Vk(m/sn)
Q10	16.980	1.25	0.52	0.84	4.710	2.876
Q100	44.418	1.79	0.96	1.60	6.624	3.963
Q500	53.611	1.95	1.08	1.82	7.065	4.220

Menfez için kabarma, derinlik ve hız kontrolleri Netcad programı yardımıyla yapılmış olup Karayolu Tasarım El Kitabı’na (2005) göre menfezin işletme şartının belirlenebilmesi için giriş suyu yüksekliğinin (H_w) hesaplanması gerekmektedir. Giriş suyu yüksekliğinin belirlenmesi için Karayolu Tasarım El Kitabı’nda (2005) verilen abak yüksekliği maksimum 4 metreye kadar olan menfezler için kullanılabilir. Karabük-Kastamonu karayolu altında bulunan menfezin yüksekliği 6 metre olduğundan giriş suyu yüksekliğini hesaplayabilmek için Teksas Ulaştırma Departmanı’nın yayınlamış olduğu Hidrolik Tasarım El Kitabı’nda verilen regresyon analizine dayalı 5. derece polinom denklemi kullanılmıştır (Hydraulic Design Manual, 2019).

H_w , Eşitlik 5.11 yardımıyla hesaplanabilmektedir (Hydraulic Design Manual, 2019). Denklemün uygulanabilmesi için $0.5 \leq H_w/H \leq 3.0$ koşulunun sağlanması gerekmektedir.

$$H_w = \left[[a + (bF) + (cF^2) + (dF^3) + (eF^4) + (fF^5)] * H - 0.5 * H * S \right] \quad (5.11)$$

H_w : Giriş suyu yüksekliği

H : Menfezin yüksekliği

F : Menfez içinden yönlendirilen ortalama çıkış akışının işlevi

S : Harmonik eğim

Denklemdaki a, b, c, d, e, f regresyon katsayıları olup Çizelge 5.3'te verilmiştir. Regresyon katsayıları belirlenirken Karabük-Kastamonu Karayolu altında bulunan kutu menfezin kanat duvarları düz olduğundan düz kanat duvarlar için belirlenmiş değerler dikkate alınmıştır (Bkz. Şekil 1.8).

F, Eşitlik 5.12'de verilen bağıntıyla hesaplanabilmektedir (Hydraulic Design Manual, 2019). Denklemden B menfez genişliğidir.

$$F = 1.8113 * (Q/B * H^{3/2}) \quad (5.12)$$

Çizelge 5.3. Giriş suyu yüksekliği hesabı için regresyon katsayıları (Hydraulic Design Manual, 2019).

Giriş tipi	a	b	c	d	e	f
Düz kanat duvar	0.144138	0.461363	-0.09215	0.020003	-0.00136	0.000036

Giriş suyu yüksekliği hesabında $0.5 \leq H_w/H \leq 3.0$ koşulu göz önünde bulundurularak en büyük debi değeri olan 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde, DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi ile Çerkeş PLV ve CN 80 değerlerini kullanarak elde edilen $Q_{500} = 49.861 \text{ m}^3/\text{sn}$ değerine Bulak Deresinde ölçülen $3.75 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik debinin eklenmesiyle elde edilen $Q_{500} = 53.611 \text{ m}^3/\text{sn}$ değeri kullanılmıştır.

Menfez içinden yönlendirilen ortalama çıkış akışının işlevi (F) hesaplanırken 7x6 kutu menfez için menfez genişliği (B) 6 metre, menfez yüksekliği (H) 7 metre alınmıştır. Harmonik eğim (S) 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalarla yapılan analiz sonucu 0.052 alınmıştır. Çizelge 5.4'te giriş suyu yüksekliği hesap sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.4. Giriş suyu yüksekliği hesap sonuçları.

	$F=1.8113*(Q/B*H^{3/2})$	$H_w=(a+bF+cF^2+dF^3+eF^4+fF^5)*H-0.5*H*S$
$Q_{500}=53.611 \text{ m}^3/\text{sn}$	0.944	2.924

Menfez boyutlandırmasında kullanılan maksimum debi değeri kullanılarak giriş suyu yüksekliği 2.924 m olarak hesaplanmıştır. Karayolu Tasarım El Kitabı'na (2005) göre boyutlandırması yapılan menfez $H_w \leq 1.2 H$ şartını sağlandığından Tip I olup, girişte su kabarmasına müsaade edilen giriş kontrollü menfezdir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Taşkınların oluşmasında doğal nedenlerin yanı sıra beşeri faktörlerde oldukça etkilidir. Bu tez çalışmasına konu olan Bulak Deresi'nde 02.02.2016 tarihinde taşkın afeti yaşanmış olup, Bulak Deresi taşkını sonrasında Karabük-Kastamonu Karayolu altında bulunan menfez ve karayolu tahrip olmuştur. Eski menfez projesine ulaşamadığı için boyutları bilinmemektedir. DSİ 23. Şube Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler sonucunda taşkına Bulak Kanyonu Köprüsü yapımı sırasında dere yatağına izin alınmadan dolgu yapılmasının sebep olduğu bilgisi alınmıştır.

1. Bununla birlikte bu çalışma kapsamında, eski menfezin yıkılmasında ayrıca çalışma konusu oluşturan Bulak Deresinin ana kaynağını oluşturan Bulak Kaynağının karstik bir mağaradan kararsız bir akımla ve hızlı bir şekilde boşalmasının da oldukça etkili olabileceği düşünülmektedir. Afetin meydana gelmesinden birkaç gün öncesinde şiddetli yağışın meydana gelmesi de bunu kanıtlamaktadır. Bu nedenle tüm sanat yapılarının projelendirilmesinde, karstik bölgelerde karst kaynaklarının ani taşkın potansiyellerinin çok dikkatli bir şekilde dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Yaşanan taşkın sonrasında tahrip olmuş karayolunun yeniden imalatı tamamlanarak yıkılan menfez yerine 7x6m boyutlarında kutu menfez yapılmıştır. Çalışmaya konu olan 7x6m kutu menfezin boyutlarının kontrolü için önce Bulak Deresi Havzası Netcad yazılımının Nethydro modülü yardımıyla 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalar ve ASTER görüntüleri üzerlerinde birtakım düzeltme işlemleri yapıp ana havza ve alt havzalar TauDEM algoritmasına göre D8 akım modeline uygun bir şekilde bulunmuştur. Modelleme sonucunda havza alanı 1:25 000 ölçekli haritalar kullanıldığında 30.551 km², ASTER-GDEM

verileriyle yapılan analizde 29.724 km² olarak bulunmuştur. Ayrıca harmonik eğim 50 parça üzerinden hesaplanmış; 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalarda 17.623 km'lik akarsu üzerinde 0.052 olarak hesaplanırken, ASTER-GDEM verileri üzerinde 17.269 km'lik akarsu üzerinde 0.054 bulunmuştur.

Bulak Deresi üzerinde AGİ bulunmadığından taşkın debilerini belirleyebilmek için yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yağış analizi için havza yakınlarında minimum 15 yıl aralıksız veri toplamış yağış gözlem istasyonları belirlenmiştir. Buna göre Bartın¹⁷⁰²⁰, Karabük¹⁷⁰⁷⁸, Eskipazar¹⁷⁶⁴¹, Çerkeş¹⁷⁶⁴⁶ istasyonlarının günlük maksimum yağış verileri kullanılarak bu değerlere 6 farklı istatistiksel dağılım (Normal dağılım, Log-Normal (2 parametrelili), Log-Normal (3 parametrelili), Pearson Tip-3 (Gama Tip-3), Log-Pearson Tip-3 ve Gumbel) uygulanmıştır. Daha sonra bu dağılımlara Kolmogorov-Smirnov testi yapılarak uygunluk durumları saptanmış, en uygun dağılımın Log Pearson Tip-3 olduğu görülmüştür.

2. İstasyonlarının yağışlarının alansal dağılımları ve etki alanları bölgenin topoğrafyasını da göz önünde bulundurarak Thiessen Yöntemine göre bulunmuştur. Thiessen'e göre havza Karabük poligonu içerisinde bulunduğundan havzaya Karabük¹⁷⁰⁷⁸ istasyonunun tam etki ettiği görülmüştür. Buna göre 100 yıllık dönüş aralığı için 24 saatlik havza yağışı 86,56 olarak hesaplanmıştır.
3. Taşkın analizinde DSİ Sentetik Birim Hidrograf ve Mockus Birim Hidrograf olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. Analizler hem 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalarla hem de ASTER görüntüleri ile yapılmıştır. Taşkın analizinde Akış Eğri Numarası (CN) havzanın hidrojeolojik ve arazi kullanım özellikleri dikkate alınarak 77 olarak seçilmiş, ancak riski azaltmak için 80 için de hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda PLV katsayısı seçilirken Karabük istasyonuna ait değer bulunamadığından, Çerkeş ve Bartın istasyonlarının PLV katsayıları kullanılmış ayrıca bu iki istasyonun katsayı değerlerinin ortalaması alınarak üçüncü bir analiz yapılmıştır. Toplamda 2 farklı birim hidrograf

yöntemi, 2 farklı görüntü, 2 farklı akış eğri numarası ve 3 farklı PLV katsayısı için hesaplamalar yapılarak 20 farklı analiz sonucu elde edilmiştir.

4. Taşkın analizinde yöntem olarak Mockus Birim Hidrograf Yöntemi seçildiğinde daha büyük debi değerleri elde edilmiştir. Mockus Birim Hidrograf Yönteminin 1-10 km² arasındaki havzalarda daha doğru sonuçlar verdiği, havza alanının 30.551 km² olduğu dikkate alınarak, daha kapsamlı olan ve daha büyük havzalarda uygulanabilen DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yönteminin menfez tasarımında seçilmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Taşkın analizleri sonucunda Çerkeş istasyonuna ait PLV katsayıları kullanıldığında daha büyük debi değerleri elde edilmiştir. Bu nedenle bu analiz sonuçlarının menfez tasarımlarında dikkate alınmasının riski azaltmak için daha güvenli olacağı düşünülmektedir.

5. 7x6 boyutlarındaki yeni kutu menfezin boyut analizi için gerekli olan debi değeri tercihinde, daha detaylı ve güvenilir sayısal verilere sahip 1:25 000 ölçekli topoğrafik haritalarla; havza alanı büyüklüğü ve farklı saat aralıklarında artım akışları dikkate alarak hesap yapılabilmesi nedeniyle DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi; daha büyük taşkın debi sonuçları veren Çerkeş PLV katsayıları ve CN 80 sayısını dikkate alan analiz sonuçlarından elde edilen taşkın debi değerlerinin dikkate alınmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Buna göre $Q_{10} = 13.230 \text{ m}^3/\text{sn}$, $Q_{100} = 40.668 \text{ m}^3/\text{sn}$, $Q_{500} = 49.861 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak alınmıştır.

6. Menfez boyutlandırması sonucunda akım derinliği, akım hızı, kritik eğim ve hava payının kontrolü 10, 100 ve 500 yıllık debiler için yapılmış, menfezin bu debi değerlerini normal şartlar altında geçirebileceği saptanmıştır. Bununla birlikte son yıllardaki tüm dünyayı etkisi altına alan küresel ısınmadan kaynaklı olarak meydana gelen mevsimsel değişikliklere bağlı çok şiddetli taşkın felaketlerinin meydana gelebileceği de unutulmamalıdır.

7. Ulus Formasyonu oldukça karstik bir yapı sunan Sunduk Üyesi kireçtaşlarından boşalan Bulak Kaynağı, Bulak Deresinin ana beslenme kaynağını oluşturmaktadır. Bulak Mağarasından boşalan Bulak Kaynağının, önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler ve arazi gözlemleri sonucu oldukça hızlı beslenime, kararsız akıma ve oldukça hızlı boşalıma sahip olan karstik bir yeraltısuyu olduğu bilinmektedir. Bu nedenle Bulak Kaynağının boşalım noktasında belli yıllarda yapılan doğrudan akım ölçümleri göz ardı edilmeyip, maksimum debi değeri olan $3.75 \text{ m}^3/\text{sn}$ değeri menfez boyutlandırma analizlerinde dikkate alınmış ve analizler yeniden gerçekleştirilmiştir. Buna göre toplam debi değerleri $Q_{10} = 16.98 \text{ m}^3/\text{sn}$, $Q_{100} = 44.418 \text{ m}^3/\text{sn}$, $Q_{500} = 53.611 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak saptanmıştır.
8. Analizler ile akım derinliği, akım hızı, kritik eğim ve hava payının kontrolü yapılmış olup yeni menfezin bu debi değerlerini karşılayabildiği görülmüştür.
9. Menfezde giriş suyu yüksekliği 2.924 m olarak hesaplanmış ve giriş kontrollü Tip I menfez tipine sahip bir menfez olduğu belirlenmiştir.
10. 02.02.2016 tarihinde yaşanmış taşkın afeti esnasında varolan eski menfez boyut bilgilerine ulaşılamamıştır. Bu tür bilgiler var olan sanat yapılarının kontrol ve güvenilirlik çalışmaları açısından ve dolayısıyla can ve mal kaybının en aza indirilebilmesi açısından oldukça önemlidir ve mutlaka dijital ortamda tutulması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında elde edilen bilgiler neticesinde, meydana gelen taşkın olayında köprü yapımı esnasında dere yatağına yapılan geçici toprak dolgunun ve aynı zamanda karst ani taşkınlarının oldukça etkili olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle sanat yapılarının projelendirilmesinde karstik yapıların ve karstik kaynakların tüm özelliklerinin çok dikkatlice incelenmesi ve hassas verilerin elde edilmesi oldukça hayati bir öneme sahiptir.
11. Dere yatağına izinsiz yapılacak her müdahale taşkın için büyük bir risk oluşturur. Doğal dere yatağında akışı engelleyecek her uygulamadan kaçınılmalıdır. Ayrıca dere yatağında yapılacak her türlü sanat yapısının projelendirilmesinde taşkın debisi hesaplanırken en güvenli yöntem seçilip,

bulunan debiye göre iyi bir risk analizi yaparak en uygun kesitin belirlenmesi taşkın anında büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Akman, Ü., “Amasra-Arıt arasının Jeolojisi”, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (yayımlanmamış) (1992).

Aksökü, R., 2019, Sözlü Görüşme.

Akyol, Z., Arpat, E., Erdoğan, B., Göğer, E., Güner, Y., Şaroğlu, F., Şentürk, İ., Tütüncü, K., Uysal, Ş., “1:50 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi”, *MTA Yayınları* (1974).

Arpat, E., Tütüncü, K., Uysal, Ş., Göğer, E., “Safranbolu yöresinde Kambriyen-Devoniyen istifi”, *Türkiye Jeoloji Kurumu 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri*, 67-68 (1978).

Ay, M., “Design of Road-Crossing Drainage Culverts Using GIS Data”, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep, 4-47 (2016).

Aydın, M., Serdar, H. S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O. ve Özçelik, Y., “Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedağ (Bolu) Yöresinin Jeolojisi”, *TJK Bülteni*, 30(1), 1-14 (1987).

Barkut, M. Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Örçen, S., Can, B., Dağar, Z., Bilgi, C., Karabıyıkoglu, M., Süer, T., “Kastamonu-Araç ve güneyinin jeolojisi”, *MTA Raporu*, No:9079 (yayımlanmamış) (1990).

Bayarı, S., Kurtuluş, B., Özyurt, N., Razack, M., Çiner, A., Albani, A. E. ve Caner, L., “Karstik Sistemlerde Yeraltısuyu Kalitesi ve Akışının Esnek Hesaplama Yöntemleriyle (Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık) Modellemesi”, *TUBITAK PIA-BOSPHORUS 105Y155, Ankara*, 61-65 (2009).

Bayazıt, M., “Hidroloji”, *Birsene Yayınevi*, Ankara, s. 260 (2003).

Bayazıt, M. ve Önöz, B., “Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi”, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 1-36 (2008).

Beden, N., “Cevizdere Havzasının Sayısal Modelleme Sistemlerine Dayalı Taşkın Analizi Ve Taşkın Zararlarının Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 5-52 (2019).

Brockenbrough, R. L., “Highway Engineering Handbook 3rd ed.”, *McGraw-Hill Book Company*, New York, 362-371 (1996).

Chow, V.T., “Handbook of Applied Hydrology”, *McGraw-Hill Book Company*, New York (1964).

Çalışkan, E., Acar, H. H., “Orman Yollarında Hidrolik Sanat Yapılarının İncelenmesi”, *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1 (2): 137-143 (2003).

Çalışkan, U., “Karayolu Ulaşım Ağlarında Yüzeysel Drenaj Sistemleri Ve Hidrolik Tasarım Esasları”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-20 (2007).

Çetin, N.İ. ve Tezer, A., “ABD, Avrupa Birliği ve Türkiye’de Sel Risk Yönetiminin Karşılaştırılması”, *3. Ulusal Taşkın Sempozyumu*, İstanbul (2013).

Çetiner, H.İ., “Bilgisayar Yazılımları İle Ergene Havzasının Taudem Algoritmasına Göre Modellenmesi ve Ova Çay’ın DSİ Sentetik ve Mockus Yöntemlerine Göre Taşkın Debilerinin Hesaplanarak Sonuçlarının Karşılaştırılması”, *IV. Uluslararası Su Kongresi*, İzmir, 226-235 (2017).

Çetiner, H. İ. ve Yıldızbaş, A., “Yol Projelendirme Süreçlerindeki Yüzeysel Drenaj Yapıları, Taşkın Debilerinin ve Menfez Boyutlandırmasının Hesaplanarak Metrajlarının Hazırlanması: Erzurum–İspir Devlet Yolu Örneği”, *Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu*, Ankara, 48-57 (2018).

Demiroğlu, M. “Karst Ani Taşkınları”, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 11(1), 431-438 (2020).

Derman, A. S., and Sayılı, A., “İnaltı Formation: A key unit for regional geology”, *Geology of the Black Sea Region*, 104-108 (1995).

Dernek, E., “Taşkın Yapıları Tasarımı ve Kayı Deresi Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 3-161 (2012).

Doğu, A., “Kırıkkale Çoruhözü Deresinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması Ve Bir Boyutlu Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale, 1-36 (2016).

DSİ, *Karabük İli Safranbolu İlçesi Bulak Deresi Taşkın Raporu*, (yayımlanmamış) (2016).

Ersoy, S. B., “Manisa Kızıldere Taşkın Akımlarının HEC-RAS ile Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, 11-15 (2017).

FHWA, “Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels”, HEC 14, *U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration*, Washington (1983).

FHWA, “Hydraulic Design of Culverts, Third Edition”, *U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration*, Colorado, 6-15 (2012).

Gürer, İ., “Batı Karadeniz Taşkın Afeti Örneği ile Türkiye’de Taşkın Problemi”, *AMHY-FRIEND grubu - Heavy Floods - Flush Floods Toplantısı*, 15-16 Ekim, İstanbul, Türkiye, 3 (1998).

Highway Design Manual, Highway Drainage, *California Department of Transportation*, California (2018).

Hydraulic Design Manual, *Texas Department of Transportation*, Texas (2019).

İnternet: Concrete Precast Wing Walls, <https://www.humes.co.nz/concrete-precast/wing-walls/> (2020).

İnternet: <https://www.humes.co.nz/concrete-precast/wing-walls/> (2020).

İnternet: T.C. Karabük İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, “Coğrafya”, <https://karabuk.ktb.gov.tr/TR-63702/cografya.html> (2020).

İnternet: T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Karabük”, <https://www.mgm.gov.tr/> (2019).

İnternet: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, “Taşkın Yönetimi”, <http://www.taskinyonetimi.ormansu.gov.tr/> (2019).

İnternet: Netcad Portal, <http://portal.netcad.com.tr> (2020).

Karayolu Tasarım El Kitabı, *Karayolları Genel Müdürlüğü*, Ankara (2005).

Karayolları Teknik Şartnamesi, *Karayolları Genel Müdürlüğü*, Ankara (2013).

Kaya, O., “İstanbul Ordovisiyen ve Silüriyeni”, *Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Enstitüsü Yayın Organı*, 4 (1-2), 1-22 (1978).

Kaya, O., ve Dizer, A., “Bolu kuzeyi Üst Kretase ve Paleojen kayalarının stratigrafisi”, *MTA Dergisi*, 97-98 (1982).

Keskin, T.E., Çetiner, H.İ., Başdağ, S., Genç, S. ve Kılıç, H.Y., “Akım Gözlem İstasyonları Bulunmayan Nehirlerin DSİ Sentetik Yöntemi Kullanılarak Taşkın Debilerinin Tahmini: Eskipazar Çayı Örneği (Karabük, Türkiye)”, *2nd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management*, Sakarya, 333-343 (2018).

Keskin, T.E., Doğan, E., Sönmez, O., Umarusman, B., Badfar, M., Spor, P., Çetiner, H.İ., “Yukarı Bartın Nehrinin 1/25000 Ölçekli Topografik Haritalar ve ASTER Görüntüleri Kullanılarak Tahmin Edilen Taşkın Debilerinin Karşılaştırılması”, *10. Ulusal Hidroloji Kongresi*, Muğla, I. Cilt, 619-628 (2019).

Ketin, İ. ve Gümüş, A., “Sinop-Ayancık arasında III. Bölgeye dahil sahaların jeolojisi”, *TPAO Raporu*, No:288, 37, (yayımlanmamış) (1963).

Kipman, E., “Sakarya Çamdağ (Kestanepınar-Yassıgeçit Köyleri Arası) Deniz Çökeltisi Demir Cevherinin Jeolojisi”, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi*, İstanbul, 25, 1-72 (1974).

Kirmencioğlu, B., “Türkiye’de Dere Yataklarına Müdahalelerin Taşkınlar Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi”, Uzmanlık Tezi, *Orman ve Su İşleri Bakanlığı*, Ankara, 4-25 (2015).

Kuş, M., “Theoretical Effects of Geometrical Parameters on Reinforced Concrete Box Culverts”, Yüksek Lisans Tezi, *Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep, 4-41 (2017).

Linsley, J.R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H., “Applied Hydrology”, *Tata McGraw Hill Publishing*, New York, 397-404 (1983).

Normann, J. M., Harrison, L.J., Morris, J. L. and Johnson, F. L., “Hydraulic Design of Improved Inlets for Culverts”, FHWA, *Hydraulics Branch, Bridge Division, Office of Engineering*, HEC No. 13 (1972).

Özel, S., “Karayolu Kutu Menfez Yapılarında Farklı Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 1-24, (2019).

Özdemir, H., “Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi”, *DSİ Matbaası*, Ankara, 221 (1978).

Öztürk, M., Kaya, N. ve Aşkan A. H., “Menfezlerin Projelendirilmesinde Kullanılan Taşkın Hesap Metotlarının Değerlendirilmesi”, *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (2): 167-171 (2003).

Öztürk, T., İnan, M., “Orman Yollarında Drenaj Yapılarının Konumlarının Ve Boyutlarının Belirlenmesinde CBS’nin Kullanılması”, *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Kocaeli, 736-744 (2010).

Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako, M., Bürkan K. A., “Karabük-Safranbolu bölgesinin jeolojisi”, *TPAO Raporu*, No:1322 (yayımlanmamış) (1979).

Saner, S., Taner, İ., Aksoy, Z., Siyako, M., Bürkan K. A., “Karabük-Safranbolu bölgesinin jeolojisi”, *Türkiye 5. Petrol Kongresi*, Ankara, 111-122 (1980).

Seçkin, B. “Orman Yollarında Drenaj”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 28(1), 149-165 (1978).

SCS, “Estimation of direct runoff from storm rainfall”, National Engineering Handbook, Section 4 (1972).

SCS, “Rufoff curve number coputation”, Hydtology Training Series, Module 104 (1989).

Sonuç, T. “Karayolu Tekniği”, *Sermet Matbaası*, İstanbul (1977).

Sönmez, O., Öztürk, M. ve Doğan, E., “İstanbul Derelerinin Taşkın Debilerinin Tahmini”, *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 16 (2): 130-135 (2012).

Timur, E., ve Aksay, A., “1:100 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları: Zonguldak F29 paftası”, *MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi*, No: 30, Ankara (2002).

Topuksak, Ş. ve Keskin, T.E., “Yağış Verileri Kullanılarak Bilgisayar Yazılımlarından Elde Edilen Taşkın Debilerinin Karşılaştırılması: Bulak Deresi (Karabük) Örneği”, *2nd International Symposium of Engineering Applications on Civil Engineering and Earth Sciences*, Karabük, 181-189 (2020).

Törk, K., “Safranbolu (Zonguldak) Kuzeyinin Karst Hidrojeolojisi İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-42 (1995).

Uçar, İ., “Trabzon Değirmendere Havzası’nda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizi Yapılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 7-15 (2010).

Ulu, A. E. ve Aydın, M. C., “HEC-RAS Yardımıyla Bir Menfezin Hidrolik Analizi”, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 9 (2): 939-946 (2017).

Usul, N., “Mühendislik Hidrolojisi”, *ODTÜ Basımevi*, Ankara, 140 (2008).

Ward, A. D. and Stanley, W. T., “Environmental Hydrology 2nd Edition”, *Lewis Publishers*, Washington, 475 (2004).

Yergök, A. F., Akman, Ü., Tekin, F., Karabalık, N. N., Arbas, A., Akat, U., Armağan, F., Karakullukçu, H., “Batı Karadeniz bölgesinin jeolojisi”, *I. MTA Raporu*, No:8273 (yayımlanmamış) (1987).

ÖZGEÇMİŞ

Şeymanur Topuksak 1996 yılında Ankara’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. 2014 yılında Tuzluçayır Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2014 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne başlayıp, 2018 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2019 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.