

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MERİÇ VE TUNCA NEHİRLERİNİN EDİRNE ŞEHİR  
MERKEZİ KISMINDA 2 BOYUTLU TAŞKIN  
MODELLEMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Uğur AKKAYA**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK**  
**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Emrah DOĞAN**

**Mayıs 2016**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERİÇ VE TUNCA NEHİRLERİNİN EDİRNE ŞEHİR  
MERKEZİ KISMINDA 2 BOYUTLU TAŞKIN  
MODELLEMESİ

DOKTORA TEZİ

Uğur AKKAYA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 09 / 05 / 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr.  
Emrah DOĞAN  
Jüri Başkanı



Doç. Dr.  
Mucahit OPAN  
Üye



Prof.  
Lütfi SALTABAŞ  
Üye



Yrd. Doç. Dr.  
Osman SÖNMEZ  
Üye



Doç. Dr.  
Abdurrahim AYDIN  
Üye



## **BEYAN**

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Uğur AKKAYA

19.04.2016

## ÖNSÖZ

Tez konusunun belirlenmesi ve yürütülmesi sürecinde değerli görüş ve önerileriyle beni yönlendiren, tez verilerinin elde edilmesine desteğini sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Emrah DOĞAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Doktora ders aşaması ve sonrasında vermiş olduğu bilgilerle beni yönlendiren ve tezde kullanılan yazılımların eğitiminde tecrübe ve bilgilerini aktaran hocam Sayın Doç.Dr. Abdurrahim AYDIN'a teşekkür ederim.

Çalışmada verilerin elde edilmesinde ve yürütülmesinde banden desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Lütfi SALTABAŞ, Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman SÖNMEZ ve Arş. Gör. Fatma DEMİR hocalarıma teşekkür ederim.

DSİ 11. Bölge müdürlüğü çalışanlarından Sayın Sadettin MALKARALI, Sayın Mehmet Seren KORKMAZ, Edirne Belediyesi, Edirne Valiliği ve Gürol ALTINAYAR'a verilerin elde edilmesi sürecinde yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen ve büyük emekler harcayan anneme, babama, abim Osman AKKAYA'ya ve değerli arkadaşım Oğuzhan ALTUN'a teşekkür ederim. Yüksek lisans ve doktora eğitimim boyunca gösterdiği sabır ve anlayıştan dolayı eşim Kıymet AKKAYA'ya ve kızlarım Gülfem AKKAYA ve Hüma AKKAYA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Bu Doktora Tez Çalışması Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	viii
TABLolarIN LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY .....	xv

## BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
1.1. Taşkın Tanımı .....	4
1.1.1. Taşkına neden olan başlıca faktörler.....	5
1.1.1.1. Doğal sebeplerden kaynaklanan taşkınlar.....	5
1.1.1.2. İnsan etkisinden kaynaklanan taşkınlar.....	6
1.1.2. Taşkına tesir eden faktörler .....	6
1.1.2.1. Havzanın büyüklüğü .....	7
1.1.2.2. Havzanın şekli.....	7
1.1.2.3. Havzanın eğimi .....	8
1.1.2.4. Havzanın jeolojik yapısı.....	8
1.1.2.5. Havzanın depolama kapasitesi .....	8
1.1.2.6. Havzanın bitki örtüsü .....	8
1.1.2.7. Havzanın toprak örtüsü .....	9
1.1.2.8. Havzanın kullanılış şekli.....	9
1.1.2.9. Havzanın rakımı .....	10
1.1.2.10. Havzanın yönü .....	10
1.1.2.11. Havzadaki suni yapılar.....	10

1.1.2.12. Havzanın hidrojeolojisi .....	11
1.1.2.13. Yağış .....	11
1.1.3. Taşkın Türleri.....	12
1.1.3.1. Ani gelişen taşkınlar.....	13
1.1.3.2. Yavaş gelişen taşkınlar.....	13
1.1.3.3. Dere ve nehir taşkınları .....	13
1.1.3.4. Şehir ve metropol taşkınları .....	14
1.1.3.5. Kıyı alan taşkınları .....	15
1.1.3.6. Dağlık alan ve orman içi taşkınları .....	15
1.1.4. Taşkın yönetimi.....	15
1.1.4.1. Taşkın yönetiminde yapısal stratejiler .....	16
1.1.4.2. Taşkın yönetiminde yapısal olmayan stratejiler.....	19
<b>BÖLÜM 2.</b>	
<b>ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>21</b>
2.1. Dünya Geneline Yapılmış Çalışmalar.....	22
2.2. Türkiye’de Yapılmış Çalışmalar .....	26
2.3. Meriç ve Tunca Nehirlerinde Yapılmış Çalışmalar .....	29
<b>BÖLÜM 3.</b>	
<b>ÇALIŞMA SAHASININ TANITIMI .....</b>	<b>31</b>
3.1. Edirne İli ve Nehir Sistemleri .....	32
3.1.1. Meriç Nehri .....	32
3.1.2. Arda Nehri.....	34
3.1.3. Tunca Nehri.....	34
3.2. Edirne Şehir Merkezinde Meydana Gelen Tarihi Taşkınlar .....	36
3.2.1. 1361-1509 dönemi .....	36
3.2.2. 1509-1920 dönemi .....	36
3.2.3. Cumhuriyet dönemi taşkınlar.....	39
3.3. Taşkınlarının Önlenmesinde Yapılan Uluslararası Antlaşmalar .....	43
3.3.1. Türkiye-Yunanistan arasında yapılan antlaşmalar .....	43
3.3.2. Türkiye – Bulgaristan arasında yapılan anlaşmalar .....	44
3.4. Mevcut Taşkın Koruma Seddeleri .....	45

3.4.1. Kazanova – 1 Seddesi .....	46
3.4.2. Kazanova – 2 Seddesi .....	47
3.4.3. Edirne ana Seddesi .....	47
3.4.4. Tunca sol sahil Seddesi .....	48
3.4.5. Kirişhane Seddesi.....	48
3.4.6. Karaağaç Seddesi .....	49
BÖLÜM 4.	
YÖNTEM VE KULLANILAN YAZILIM .....	50
4.1. Hidrolik Model Yapısı .....	50
4.1.1. 1 Boyutlu akış modeli .....	53
4.1.2. 2 Boyutlu akış modeli .....	53
4.2. Numerik Modelleme .....	54
4.3. Kullanılan Yazılımın Tanımı .....	55
4.3.1. Mike 11 .....	56
4.3.1.1. Simülasyon düzenleyicisi.....	57
4.3.1.2. Mike 11 programının kullandığı deklemler .....	60
4.3.2. Mike 21 .....	61
4.3.3. Mike 21 programının kullandığı denklemler .....	62
4.3.4. Köprülerin matematik modellemesi.....	62
4.3.4.1. Sürtünme kayıpları.....	65
4.3.4.2. Genişleme/daralma kayıpları .....	65
4.3.4.3. Çözüm yöntemi .....	66
4.3.5. Mike Flood .....	66
4.3.6. 1D ve 2D bağlantısı (linking).....	67
4.3.6.1. Standart link .....	67
4.3.6.2. Lateral link .....	67
4.3.6.3. Yapı (Structure) linki .....	68
BÖLÜM 5.	
MODEL VERİLERİ VE AŞAMALARI .....	69
5.1. Taşkın Tekerrür Debilerini Belirlenmesi .....	73
5.1.1. Taşkın debilerinin analitik yolla bulunması .....	73

5.1.1.1. Normal dağılım yöntemi .....	73
5.1.1.2. 2 parametrelili log-normal dağılım yöntemi .....	75
5.1.1.3. 3 parametrelili log-normal dağılım yöntemi .....	77
5.1.1.4. Log-Pearson tip 3 dağılımı.....	78
5.1.1.5. Gumbel Dağılım.....	79
5.1.2. Hidrolik analizlerde kullanılacak debilerin Uygunluk testleri ile belirlenmesi .....	81
5.2. Topoğrafik Veriler .....	82
5.3. Hidrolik Analiz için Modelin Kurulması .....	85
5.3.1. Mike 11 modelin oluşturulması .....	85
5.3.1.1. Meriç ve Tunca Nehir enkesitleri.....	87
5.3.1.2. Meriç ve Tunca nehirleri sınır koşulları.....	88
5.3.1.3. Meriç ve Tunca Nehri hidrodinamik parametreleri.....	89
5.3.2. Mike 21 modelinin oluşturulması .....	91
5.3.3. Sürütünme parametresi .....	94
5.3.4. Zaman ve mesafe parametreleri .....	96
5.3.4.1. Mike 11 maksimum dx ve dt.....	96
5.3.4.2. Mike 21 zaman, mesafe ve courant şartı parametreleri ...	96
5.3.5. Hidrodinamik parametreler .....	96
5.3.5.1. Dalga yaklaşımı (wave approx) .....	96
5.3.5.2. Varsayılan değerler (default values) .....	97
5.3.6. Mike Flood modelinin oluşturulması .....	97
5.3.7. Oluşturulan modelin kalibrasyonu .....	98
5.3.8. Model sonuçları.....	101
5.3.9. Model sonucunun değerlendirilmesi .....	106
5.4. Meriç Nehri İçin Tahliye Kanalı Tasarlanması.....	114
5.4.1. Tahliye kanal enkesitini belirlenmesi.....	115
5.4.2. Tasarlanan kanal enkesitinin şev stabilite analizleri .....	116
5.4.3. Birinci güzergâh modellemesi.....	119
5.4.4. İkinci güzergâh modellemesi .....	122
<b>BÖLÜM 6.</b>	
<b>SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....</b>	<b>128</b>



KAYNAKLAR .....	134
ÖZGEÇMİŞ .....	142

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

1D	: 1 Boyutlu Model
2D	: 2 Boyutlu Model
3D	: 3 Boyutlu Model
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CFL	: Courant Friedrichs Lewy
Da	: Dekar
DEM	: Dijital Elevation Model
DHI	: Danish Hydraulic Institute
DSİ	: Devlet Su İşleri
ESRİ	: Environmental Systems Research Institute
FES	: Finite Element Surface
FM	: Flow Model
GUI	: Graphical User Interface
Ha	: Hektar
HD	: Hidrodinamik
HEC	: Hydrologic Engineering Center
HMS	: Hydrologic Modeling System
MAFA	: Maksimum Anlık Feyezan Akımları
RAS	: River Analysis System
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TIN	: Triangulated Irregular Network
TM	: Thematic Mapper
UA	: Uzaktan Algılama
WGS	: World Geodetic System
WMS	: Water Modeling System

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1.1. Drenaj alanının hidrograf şekline etkisi.....	7
Şekil 1.2. Yüzeysel akışın azaltılmasına yönelik çalışmalar .....	9
Şekil 1.3. Bitki örtüsünün yüzeysel akışa ve toprağa sızan su miktarına etkisi.....	10
Şekil 1.4. Yağışın oluş şekilleri .....	11
Şekil 1.5. Taşkın türleri.....	12
Şekil 1.6. Nehir taşkını şematik gösterimi .....	14
Şekil 1.7. Doğal ortam ve şehir ortamı su döngüsü .....	15
Şekil 1.8. Taşkın geciktirme havuzu şematik olarak gösterimi .....	16
Şekil 1.9. Yazlık ve kışlık sedde şematik gösterimi .....	18
Şekil 1.10. Brit uygulama örneği .....	19
Şekil 3.1. Edirne ili konumu.....	32
Şekil 3.2. Meriç Havzası ülkelere göre alansal dağılımı.....	32
Şekil 3.3. Meriç Havzası nehir sistemi.....	33
Şekil 3.4. Meriç Havzası içerisinde bulunan nehirlerin havzaları .....	35
Şekil 3.5. 1890 taşkınında II. Beyazıt külliyesi taşkın suları altında .....	38
Şekil 3.6. Tunca vadisi taşkın suları altında.....	38
Şekil 3.7. 1940 Taşkınına ait fotoğraf .....	39
Şekil 3.8. 15 Şubat 1947 Taşkının Tunca köprüsü yıkılmış görüntüsü .....	40
Şekil 3.9. 1984 taşkını Edirne-karaağaç yolu.....	42
Şekil 3.10. Edirne şehir merkezinde mevcut sedde konumları ve isimleri .....	46
Şekil 3.11. Kazanova -1 Sedde kret kotları ve boy profili .....	47
Şekil 3.12. Kazanova -2 Sedde kret kotları ve boy profili .....	47
Şekil 3.13. Edirne ana Seddesi kret kotları ve boy profili .....	48
Şekil 3.14. Edirne ana Seddesi kret kotları ve boy profili .....	48
Şekil 3.15. Kirişhane Seddesi kret kotları ve boy profili .....	49
Şekil 3.16. Karaağaç Seddesi Ardakule kret kotları ve boy profili.....	49

Şekil 3.17. Karaağaç Seddesi Bosnaköy kret kotları ve boy profile .....	49
Şekil 4.1. Mike Zero grafiksel kullanıcı arayüzü .....	55
Şekil 4.2. Mike 11 file tabı .....	56
Şekil 4.3. Simülasyon düzenleyicisi ile diğer düzenleyiciler ilişkisi .....	57
Şekil 4.4. Simülasyonda seçilecek modeller ve simülasyon modu .....	58
Şekil 4.5. Inpu tabı .....	59
Şekil 4.6. Simulation tabı .....	59
Şekil 4.7. Result tabı .....	60
Şekil 4.8. Start tabı .....	60
Şekil 4.9. Mike 21 modelleme sistemi .....	62
Şekil.4.10. Enerji denklemi metodunda köprü girilecek yerde enkesitlerin yerlerinin belirlenmesi .....	62
Şekil 4.11. Mike Flood file tabı .....	66
Şekil 4.12. Mike Flood modelleme sistemi içerisinde standart link gösterimi .....	67
Şekil 4.13. Mike Flood modelleme sistemi içerisinde lateral link gösterimi .....	68
Şekil 4.14. Mike Flood modelleme sistemi içerisinde yapı link gösterimi .....	68
Şekil 5.1. Kirişhane ve suakakacağı AGİ konumları. ....	69
Şekil 5.2. Kirişhane AGİ .....	70
Şekil 5.3. Kirişhane AGİ yıllık maksimum akımlar grafik gösterimi .....	71
Şekil 5.4. Suakacağı AGİ .....	71
Şekil 5.5. Suakacağı AGİ yıllık maksimum akımlar grafik gösterimi .....	72
Şekil 5.6. Kirişhane AGİ verileri ile farklı dağılımlara ve tekerrür dönemlerine göre hesaplanan sonuçların grafiksel olarak gösterimi .....	80
Şekil 5.7. Suakacağı AGİ verileri ile farklı dağılımlara ve tekerrür dönemlerine göre hesaplanan sonuçların grafiksel olarak gösterimi .....	81
Şekil 5.8. Çalışma alanı nokta verileri ve temin edilen kurumlar .....	83
Şekil 5.9. Hidrolik analizde kullanılan çalışma sahasının TIN modeli .....	84
Şekil 5.10. Seddelerin kotlarının nokta veri haline getirilmesi ve TIN modeli. ....	84
Şekil 5.11. Tunca Nehri örnek enkesit. ....	85
Şekil 5.12. Meriç Nehri örnek enkesit. ....	85
Şekil 5.13. Mike 11 Meriç ve Tunca Nehri ağ düzenleyici. ....	86
Şekil 5.14. Meriç ve Tunca Nehri dt (time step) hesaplama zaman aralığı. ....	86

Şekil 5.15. Dere sol kıyı (marker 1) , sağ kıyı (marker 3) ve talveg kotu (marker 2) şematik gösterimi. ....	87
Şekil 5.16. Meriç Nehri 4.897,675 m'deki en kesit örneği. ....	87
Şekil 5.17. Tunca Nehri 4.196,50 m'deki en kesit örneği.....	88
Şekil 5.18. Meriç ve Tunca Nehri için seçilen delta değeri [88].....	89
Şekil 5.19. Mike view Meriç ve Tunca Nehri Mike 11 sonuç dosyası. ....	90
Şekil 5.20. Meriç Nehri Mike 11 sonuç enkesit örneği.....	90
Şekil 5.21. Mesh dosyasının oluşturulacağı alan. ....	91
Şekil 5.22. Yapıların 2D hesaplama alanından çıkarılması için polygon çizimi. ..	92
Şekil 5.23. Çalışma alanı için. mdf dosyasına nokta verilerinin (.xyz) girilmesi. .	93
Şekil 5.24. Çalışma alanı için oluşturulan batımetrik harita. ....	93
Şekil 5.25. Taşkına maruz kalan yerleşim yerlerinde daha hassas ağın oluşturulması. ....	94
Şekil 5.26. Manning dosyası için alt yapının hazırlanması.....	95
Şekil 5.27. Manning (n) dosyası elde edilmesi. ....	95
Şekil 5.28. Mike Flood arayüzü. ....	97
Şekil 5.29. 2006 taşkını hidrografi. ....	98
Şekil 5.30. Meriç Nehri 2006 taşkını time series dosyası. ....	99
Şekil 5.31. Tunca Nehri 2006 taşkını time series dosyası.....	99
Şekil 5.32. Sonuç dosyasının (.dfs2) grid uzantısına dönüştürülmesi. ....	100
Şekil 5.33. Kalibrasyon sonucu elde edilen suyüzü kotları. ....	100
Şekil 5.34. Kazanova-1 Seddesi kalibrasyon sonucu.....	101
Şekil 5.35. Kirişhane Seddesi kalibrasyon sonucu.....	101
Şekil 5.36. 2 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası. ....	102
Şekil 5.37. 25 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası. ....	103
Şekil 5.38. 50 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası. ....	104
Şekil 5.39. 100 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası. ....	105
Şekil 5.40. 500 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası. ....	106
Şekil 5.41. 2015 taşkınında seddeler ve mevcut sedde sızıntıları [23]. ....	107
Şekil 5.42. Taşkın altında kalan yerleşim alanlarının gösterimi. ....	108
Şekil 5.43. 2D model ve 2015 taşkınında Meriç Nehri kenarı sosyal alanlar.....	109
Şekil 5.44. 2D model ve 2015 taşkınında Meriç Nehri kenarı sosyal alanlar.....	110

Şekil 5.45. 2006 taşkınında sedde yargını.....	111
Şekil 5.46. II. Beyazıt Külliyesi ve Şubat 2015 taşkını .....	111
Şekil 5.47. Q50 debiye göre 2D model sedde yargını sonucu. ....	112
Şekil 5.48. Q100 debiye göre 2D model sedde yargını sonucu. ....	113
Şekil 5.49. Tahliye kanalları güzergâhları ve başlangıç koordinatları .....	115
Şekil 5.50. Tahliye kanalı tip en kesiti. ....	116
Şekil 5.51. Tahliye kanalı inşaat sonu-BISHOP. ....	117
Şekil 5.52. Tahliye kanalı inşaat sonu-JUMBO. ....	117
Şekil 5.53. Tahliye kanalı işletme hali-BISHOP. ....	117
Şekil 5.54. Tahliye kanalı işletme hali- JAMBU. ....	118
Şekil 5.55. Tahliye kanalı işletme hali-depremlı –BISHOP. ....	118
Şekil 5.56. Tahliye kanalı işletme hali-depremlı –JAMBU. ....	118
Şekil 5.57. Birinci güzergahın arazi TIN modeline işlenmiş hali. ....	119
Şekil 5.58. Birinci güzergah tip kesit. ....	120
Şekil 5.59. Tahliye kanalı birinci Güzergah batımetrik haritası. ....	120
Şekil 5.60. Tahliye kanalı birinci güzergah Q500 debisine göre sonuç. ....	121
Şekil 5.61. İkinci güzergahın arazi TIN modeline işlenmiş hali. ....	123
Şekil 5.62. İkinci güzergah yarmada kesit. ....	123
Şekil 5.63. İkinci güzergah dolguda kesit. ....	123
Şekil 5.64. Tahliye kanalı ikinci güzergah batımetrik haritası. ....	124
Şekil 5.65. Tahliye kanalı ikinci güzergah Q500 debisine göre sonuç. ....	125
Şekil 5.66. Tahliye kanalları mansap durumları. ....	126
Şekil 5.67. Tahliye kanalarının mansap bölümünde taşkına maruz kalan alan. ...	127
Şekil 6.1. Meriç Havzasının topografik yapısı.....	128
Şekil 6.2. Meriç Nehri 1985-2007 yıllar arasında anlık en yüksek akımlar. ....	129

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Meriç Nehri üzerinde bulunan barajlar ve göl hacimleri .....	33
Tablo 3.2. Arda nehri üzerinde bulunan barajlar ve göl hacimleri.....	34
Tablo 3.3. Tunca Nehri üzerinde bulunan barajlar ve göl hacimleri.....	35
Tablo 5.1. Kirişhane akım gözlem istasyonu yıllık maksimum akımlar.....	70
Tablo 5.2. Suakacağı akım gözlem istasyonu yıllık maksimum akımlar.....	72
Tablo 5.3. Kirişhane AGİ verileri normal dağılımına göre hesaplanan taşkın tekerrür debisi.....	75
Tablo 5.4. Suakacağı AGİ verileri normal dağılımına göre hesaplanan taşkın tekerrür debisi.....	75
Tablo 5.5. Kirişhane AGİ verileri 2 parametrelili Log- Normal dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri.....	76
Tablo 5.6. Suakacağı AGİ verileri 2 parametrelili Log- Normal dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri .....	76
Tablo 5.7. Kirişhane AGİ verileri 3 parametrelili Log- Normal dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri .....	78
Tablo 5.8. Suakacağı AGİ verileri 3 parametrelili Log- Normal dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri .....	78
Tablo 5.9. Kirişhane AGİ verileri Log-Pearson Tip3 Dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri .....	79
Tablo 5.10. Suakacağı AGİ verileri Log-Pearson Tip3 Dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri .....	79
Tablo 5.11. Kirişhane AGİ verileri Gumbel Dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri.....	80
Tablo 5.12. Suakacağı AGİ verileri Gumbel Dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri.....	80
Tablo 5.13. Hidrolik analizde kullanılacak taşkın debileri .....	82

Tablo 5.14. Kullanılan Manning katsayısı değerleri .....	94
----------------------------------------------------------	----



## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Edirne, Meriç Nehri, Tunca Nehri, 2D taşkın modelleme, tahliye kanalı,

Yaşadığımız çağda, insan kaynaklı eylemlerle atmosfere salınan sera gazı miktarındaki hızlı artışın sebep olduğu iklim ve yağış rejimi değişiklikleri nedeniyle, dünyanın bazı bölgelerinde normal değerlerin üzerinde kuraklık yaşanırken, bazı bölgelerinde de beklenmedik şekilde yoğun kar ve yağmur yağışları meydana gelmekte ve taşkın olayları daha sık ve etkili bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Türkiye’de de iklim değişikliğinin yanı sıra, şehirlerin merkez nüfusunun artması, taşkın yataklarının ve akarsu havzalarının imara açılması, ormanlık alanların tahribi gibi eylemler sonucunda, arazi kullanımı önemli derecede değişmekte, sıklıkla ve ani olarak meydana gelen taşkınların sebep olduğu zararlar artmaktadır.

Bu çalışmada, Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne ili sınırları içerisinde yer alan kısımlarında taşkın yayılım haritalarının hazırlanması amaçlanmıştır. Bu bölgede yaşanan aşırı yağışlar, kar erimeleri ve Yunanistan ile Bulgaristan’daki mevcut barajlardan ilave su bırakılması sonrasında oluşan akarsu taşkınları, son yıllarda daha sık görülmekte, can ve mal kaybına neden olmaktadır. Çalışma konusu olan bölgede, Türkiye, Bulgaristan ve Yunanistan arasında, taşkınların önlenmesine yönelik birçok uluslararası antlaşmalar yapılmış olmasına rağmen, antlaşmaların icap ettirdiği hususların çeşitli sebeplerden dolayı fiiliyata gereği gibi yansıtılmadığı ve yeterli çözümlerin üretilmediği görülmektedir.

Her ne kadar, oluşan taşkınlar 1955-1975 yılları arasında inşa edilen seddeler arasında tutulmaya çalışılmış olsa da, mevcut seddelerde yarıma (patlama) ve göçmeler yaşanabilmekte ve su sızıntıları sebebiyle seddelerin arkasında göllenmeler oluşabilmektedir. Taşkın afetinin sıklıkla yaşandığı çalışma sahası, Türkiye’de tarihî eser zenginliği bakımından İstanbul ve Bursa’dan sonra üçüncü sırada yer almakta ve verimli tarım arazilerini kapsamaktadır. Bu sebeple; anılan bölgenin sular altında kalmasıyla, tarımsal alanların tahrip olmasını engelleyecek ve kültürel mirasın gelecek kuşaklara aktarılmasını güvence altına alacak taşkın önleme çalışmaları bölge için büyük önem arz etmektedir.

Çalışma kapsamında taşkın yenilenim debilerine göre taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar analiz edilmiş ve taşkınların Edirne şehir merkezine etkilerini azaltmak için 2 alternatifli güzergâh ile tahliye kanalı tasarlanmış ve her bir kanal 2 Boyutlu modelleme ile sınanmıştır. Edirne şehir merkezi bölümü ve kanalın Meriç Nehri ile birleşiminden sonra mansap şartları değerlendirilmiştir.

## **2 DIMENSIONAL FLOOD MODELLING OF MARITZA AND TUNDJA RIVERS AT THE PART OF EDIRNE CITY CENTER**

### **SUMMARY**

Keywords: Edirne, Maritza River, Tundja River, 2D flood model, drainage cannal

In the era we live in, people induced actions cause a rapid increase in the amount of greenhouse gases released into the atmosphere and this increase (in the amount of greenhouse gases) causes climate and rainfall changes. Due to climate and rainfall changes in the world, while there was drought on the normal value in some regions, also unexpectedly heavy snow and rainfall in some areas occur. This a result of the flood events occur more frequently and more effectively. In addition to climate change in Turkey as well, as a result of actions such as increasing the population of the city, the building up flood plains and river basins, the destruction of forested areas; land use varies significantly, often and that suddenly hurt that caused floods occurring is increasing.

In this study, it is intended to prepare the flood propagation map of flooded areas in the border province of Edirne Maritza and Tundja Rivers. A flood that occurred after the release of additional water from the existing dam in Bulgaria and Greece, this excessive rains in the region and snowmelt, is seen more frequently in recent years and causing loss of life and property. Although there have been many international treaties for the prevention of floods among Turkey, Bulgaria and Greece in the region of the study area, the conditions of the agreement entails not reflected as required into practice and there is not enough production of solution

Although they kept the flood embankments that are made in the years between 1955-1975, splitting the existing levees and failure are experienced. In addition, pondings may be due to water leaks behind the dikes. The field of study of flood disasters occurred frequently ranks third after Istanbul and Bursa in Turkey in terms of the wealth of historical monuments and covers productive farmland. Therefore, flood prevention work that will prevent the destruction of agricultural areas with flooded area and will guarantee the transfer to future generations of cultural heritage is a great importance.

In this study, inundation maps were obtaine daccording to renewed flood discharges. The results were analyzed and drainage cannals designed with 2 alternative route to reduce the effects of the floods in Edirne city center. Each cannal was tested with 2D modeling. Edirne city center and after joining with the Maritza River and cannal, downstream conditions are evaluated.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Doğa olayları, genellikle doğanın iç dengelerinin yeniden düzenlenmesine yönelik döngünün tabii sonuçlarıdır. İnsanların bu döngüden zarar görmesi sonucunda da bu durum doğal afet olarak adlandırılmaktadır [1]. Günümüzde insanların çeşitli faaliyetleri, atmosfere salınan sera gazı miktarındaki hızlı artış, iklim ve yağış rejimi değişikliklerine neden olmaktadır [2]. İklim değişiklikleri nedeniyle dünyanın bazı bölgelerinde normal değerlerin üzerinde kuraklık yaşanırken bazı bölgelerinde de beklenmedik şekilde yoğun kar ve yağmur yağışları meydana gelmektedir. Bunların sonucunda taşkın olaylarının, sayısının ve etkilerinin arttığı görülmektedir. Ancak taşkın afetlerini yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade etmek mümkün değildir. Nüfusun artmasıyla beraber hızlı kentleşme de taşkın olaylarının görülmesinde etkili olmaktadır. Birleşmiş milletlerin yayınlanan son raporuna göre şehirlerde yaşayan nüfus kırsal alanda yaşayanlara kıyasla artmıştır. 2011-2050 yılları arasında dünya nüfusunun 7 milyardan 9,3 milyara çıkacağı tahmin edilmektedir. Aynı zamanda 2011 yılında 3,6 milyar olan şehir merkezi nüfusunun da 2050 yılında 6,3 milyara yükseleceği tahmin edilmektedir [3]. Bu veriler hızlı kentleşmenin kaçınılmaz olduğunu ve insanların barınma ihtiyacının karşılanması için şehir merkezinde bulunan geçirimli toprak alanların günümüzde plansız bir şekilde yapılaşmaya açıldığını/açılacağını göstermektedir. Plansız yapılaşmanın sonucu olarak kuru ve yan dere yataklarının üzerinde ve çevresinde çeşitli yapılar yükselmektedir. Büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler ile arazi yapısı değişmekte, geçirimli alanlar daha yoğun bir şekilde kullanılmakta, ormanlar ve meralar tahrip edilmektedir [4, 5]. Bu eylemlerin sonucunda, yüzeysel akıştaki geçirimli yüzeyin, geçirimsiz veya daha az geçirgen hale gelmesi ile taşkınlar şiddetli ve sık görülmektedir. Şehir merkezinde oluşan taşkınlara ve zararlara örnek verecek olursak, Haziran 2013 yılında Avrupa merkezinde meydana gelen taşkınlarda 25 kişi hayatını kaybetmiş ve bu taşkınlar 15,6 milyar dolardan

fazla maddi zarara neden olmuştur [6-8]. Özellikle çarpık yerleşmenin olduğu bölgelerde sağanak yağışlar ve kar erimeleri nedeniyle kuru ve yan dere yataklarında görülen debinin kısa sürede artarak akarsudaki debinin normale göre az rastlanan pik değerlere erişmesine neden olmaktadır [9].

Dünya genelinde taşkınlar ve kuraklık; depremler ve fırtınalardan sonra en büyük can ve mal kaybına neden olan doğal afetlerdir [10]. Son yıllarda daha sık görülen taşkınların kırsal ve kentsel alanlarda büyük tehlikeler oluşturduğu gözlemlenmektedir. Bu tehlikeler can kayıpları başta olmak üzere yerleşim alanlarının yıkılması ve kullanılamaz hale gelmesi, tarım alanlarının tahribi, toprak kayması, heyelan oluşumu, ulaşım sisteminin aksaması, çevrenin kirlenmesi ve salgın hastalıklarının artması gibi birçok maddi ve manevi problemler meydana getirmektedir [11-14].

Doğal afetleri önlemek mümkün değildir. Ancak bu afetlerin bir takım yapısal ve yapısal olmayan tedbirlerle felaket haline gelmeden zararlarını azaltmak mümkündür. Doğal afet zararlarının azaltılmasında en büyük etken toplumun afet hakkında bilinçlendirilmesidir. Taşkın olayları birçok doğal afetten farklı olarak önceden tahmin edilebilmektedir. Zira büyük taşkınlar, büyük sağanak yağışlar ve/veya hızlı kar erimeleri gibi olaylardan sonra meydana gelmektedir..

Taşkın zararlarının önlenmesinde taşkın modellemeleri temel araçlardır. Birçok bilimsel çalışmada görüldüğü gibi taşkın modellemesi ile nehrin dinamik davranışları tespit edilebilmekte ve dolayısıyla taşkın risk yönetimi stratejilerinin belirlenmesi mümkün görülmektedir [15]. Taşkın modellemeleri 1boyutlu (1D) ve 1 boyutlu – 2 boyutlu (1D-2D) entegre edilerek modellenmektedir [16]. 1D taşkın modellemeleri pratik olmasına rağmen tek yönde hesaplama yaptığından kesitler arasında kesintiler olabilmekte ve karmaşık akış sistemlerinde ve topografyanın sık değiştiği alanlarda doğru sonuçlar verememektedir [17]. 2D taşkın modellemesinin son yıllardaki çalışmalarda 1D modele göre topografik ve geometrik özellikler dikkate alındığında oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir [18]. 2D modellemede serbest yüzeyli akımlar, esnek ağ sistemiyle arazi, istenilen hassasiyette temsil edilebilmekte ve taşkın yayılım haritaları tüm alanda kesintisiz

olarak görülebilmektedir. Ancak 2D modelleme nehir yatağında hidrolik yapıları tam olarak temsil edememektedir [19]. Hesaplama zamanını azaltmak ve hidrolik yapıların net olarak temsili için dere yatağında 1D model, taşkın sahasında ise 2D model kullanılması daha uygun görülmektedir. İki model (1D-2D) entegre edilerek taşkın alanları gerçeğe daha yakın olarak belirlenebilmektedir.

Taşkın alanlarının doğru bir şekilde belirlenmesi sonrasında taşkın risk yönetimi yapılabilmektedir. Sistemik bir süreç olan taşkın risk yönetimi; riskin tanımlanması, risk analizi ve risk miktarının belirlenmesinden oluşmaktadır. Ayrıca olası bir taşkın sırasında ve sonrasında oluşabilecek zararları asgari düzeye indirmek ve olumsuz etkileri azaltmak için yapılması gereken çalışmaları kapsamaktadır [20]. Risk yönetimi sayesinde tehlike ve riskler tespit edilmekte, risk senaryoları geliştirilmekte, afetten korunma ve afetin zararlarını azaltma önlemleri belirlenebilmektedir. Farklı senaryolara göre geliştirilen risk yönetimi, grafik ve harita gibi kolay anlaşılır görsel araçlarla yetkililer ve halka sunulabilmektedir. Böylece yararlanılabilecek kaynaklar ve imkanlar belirlenerek gerekli müdahaleler için en uygun seçenek ve öncelikler hakkında kararlar alınıp, afet esnasında uygulamaya konulabilecektir [21]. Tez çalışmasında, uygulama sahası olarak, Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne ili şehir merkezi sınırları içerisinde kalan taşkın alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Seçilen bölgede yaşanan aşırı yağışlar, kar erimeleri ve Yunanistan ile Bulgaristan'daki mevcut barajlardan nehirlerin akışına ilave su bırakılması sonrasında oluşan akarsu taşkınları; son yıllarda daha sık görülmekte olup can ve mal kaybına neden olmaktadır. Çalışma konusu olan bölgede, Türkiye, Bulgaristan ve Yunanistan arasında, taşkınların önlenmesine yönelik birçok uluslararası antlaşmalar yapılmış olmasına rağmen, antlaşmaların icap ettirdiği hususların çeşitli sebeplerden dolayı fiiliyata gereği gibi yansıtılmadığı ve yeterli çözümlerin üretilmediği görülmektedir [22].

Meriç ve Tunca Nehirlerinin Modellemesinde nehir yatağında Mike 11 (1D) yazılımı, taşkın sahasında Mike 21(2D) yazılımı kullanılmıştır. Mike11 ve Mike 21, Mike Flood yazılımı ile entegre edilerek taşkın yayıldığı alanlar belirlenmiştir. Topografik veri olarak nehir yataklarında 1/1.000 ölçekli harita, taşkın alanlarında

1/5.000 ölçekli haritalar kullanılmış olup mevcut taşkın sahasında kalacağı tahmin edilen tüm yapılar hesaplamalarda dikkate alınmıştır. Dolayısıyla, her bir yapının taşkın anında risk derecesi belirlenebilmiştir. Elde edilen farklı senaryolardaki taşkın yayılım haritaları analiz edilmiş ve taşkınların Edirne şehir merkezine etkilerini azaltmak için çözümler irdelenmiştir. Edirne ilinin konum olarak havzanın mansap kısmında düşük eğimli bir arazide olması nedeniyle tahliye (taşkın) kanalının, oluşabilecek taşkınların önlenmesinde ve kontrol altına alınmasında çözüm olarak en iyi alternatif olduğu görülmüştür. Kanal enkesitinin tasarlanması mevcut akım gözlem istasyonları (AGİ) verilerinden de edilen 500 yıllık tekerrür debisine (Q500) göre tasarlanmıştır. Meriç Nehri mevcut yatağının güvenle geçirebileceği debi hesaplanmış ve bu debi dışında kalan debi bir bağlama yapısıyla tahliye kanalına aktarılmıştır. Tahliye kanalı 2 alternatifli güzergahta tasarlanmış ve her bir kanal 2 Boyutlu modelleme ile sınanmış ve mansap şartları değerlendirilmiştir.

### **1.1. Taşkın Tanımı**

Taşkınlar, bir akarsuyun aşırı yağış ve kar erimesi nedeniyle yatağından taşarak, çevresindeki yerleşim yerlerine, tarım arazilerine, doğada yaşayan canlılara ve alt yapı tesislerine zarar vererek, etki bölgesindeki sosyal ve ekonomik faaliyetleri kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olayı şeklinde ifade edilmektedir [23]. Taşkın değerleri doğada pek çok parametreden etkilenmekte olup hiçbir zaman belirli bir kural ve düzene uyarak meydana gelmezler. Bu nedenle rastgele bir olay kabul edilen taşkın değerleri, olasılık teorisi ve istatistiki yöntemlerle incelenebilmektedir. Yağışı akışa çeviren havza sistemini temsil eden birim hidrograf ise deterministik ve istatistik yöntemler ile birlikte kullanılmaktadır [24]. Taşkınlar tahmin edildikleri yöntemler ve büyüklüklerine göre; olası maksimum taşkın, standart proje taşkını, değişik tekerrürlü süreli taşkınlar ve ortalama yıllık taşkın gibi adlandırılırlar. Değişik taşkın büyüklüklerinin tanımları aşağıda verilmiştir:

Olası maksimum taşkın: Sağanağı oluşturan faktörlerin maksimizasyonu sonucu meydana gelen yağışın en büyük fiziksel limitini arayarak deterministik yöntemle bulunan taşkındır.

Standart proje taşkını: Sağanak transpoze yöntemiyle havzaya düşebilecek en büyük bölgesel sağanaktan oluşan sentetik taşkındır.

Değişik yinelenme süreli taşkınlar: Herhangi bir taşkının iki defa görülmesi veya aşılması durumunda aradan geçen zaman süresine yinelenme yılı (T), taşkının büyüklüğüne de T yıl yinelenme süreli taşkın denilmektedir.

Ortalama yıllık taşkın: Aritmetik anlamda taşkın değerleri dizisi ortalaması olup dizideki çok büyük ve çok küçük birkaç taşkın değerinden etkilendiği için her zaman değişir. Grafik anlamda taşkın dizisindeki ortalama büyüklükteki değerlerin ortalamasıdır. Bu ortalama, aritmetik ortalamaya göre daha kararlı ve güvenilirdir. Olası maksimum ve standart proje taşkın hesapları oldukça yoğun bilimsel çalışmalar sonucu yürütülmektedir. Su yapılarının ekonomik ve güvenilir bir şekilde inşa edilmesinde, taşkın zararlarının önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınmasında, proje açısından taşkınların büyüklüğü ve frekansı çok önemlidir [25].

### **1.1.1. Taşkına neden olan başlıca faktörler**

Taşkın temel olarak doğal bir olaydır. Bu olayı maddi ve manevi kayıplarına neden olacak şekilde afete dönüştüren neden ise çoğunlukla insanın doğaya müdahalesidir. Burada doğal sebeplerden ve insandan kaynaklanan taşkınları kısaca değerlendirecek olursak:

#### **1.1.1.1. Doğal sebeplerden kaynaklanan taşkınlar**

Günümüzde dünyanın pek çok yerinde olduğu gibi ülkemizde de uzun yıllar ortalamasının çok üzerinde yağmurun yağması sonucu taşkınların ortaya çıktığı görülmektedir. İklimsel değişiklikler taşkın olayının boyutunu daha da artırmaktadır. Bu nedenle doğal afet olan taşkın risklerini tüm olasılıklarıyla değerlendirerek ortaya

koymak, planlamaları belirlenen riskler göz önüne alınarak yapmak oldukça önemlidir.

#### **1.1.1.2. İnsan etkisinden kaynaklanan taşkınlar**

İnsanların doğanın kendi kurallarıyla uyumlu olmayan veya doğaya engel oluşturacak olan her türlü aktivitesi, taşkın ortaya çıkaracağı zararların boyutunu da artırarak taşkın bir afete dönüşmesine neden olmaktadır. Örneğin; taşkın yatağına yapılan kontrolsüz yerleşimler, havzanın memba bölgelerindeki izinsiz kentleşme ve bunun doğal sonucu olarak orman ve bitki örtüsünün yok edilmesi, hatalı arazi kullanımı gibi faaliyetler bu müdahalelerdendir [26]. İzmir’de 1995 yılı Kasım ayının ilk haftası, 108 mm/gün’lük yağış ve 123 km/sa hızla esen rüzgar koşullarında meydana gelen taşkın olayında 57 kişi ölmüş ve 1.000’den fazla ev de yıkılmıştır. Yapılan 13 incelemede, taşkın verdiği ağır zararın asıl sebebi olarak şiddetli yağış değil, yanlış ve plansız yerleşim olduğu sonucuna varılmıştır ki; afeti asıl nehir yataklarına yapılan ve şehir planında bulunmayan evler yaşamıştır [27].

Doğanın kendi çizgisini dikkate alarak ona uygun davranmak, taşkın ortaya çıkarabileceği zararların azaltılmasını sağlayabilir veya bu çizgiye uygun davranmayarak yapılacak müdahaleler, taşkın boyutunu büyüterek zararlarını artırabilir.

#### **1.1.2. Taşkına tesir eden faktörler**

Akarsu havzalarındaki akış olayına birçok etken etki etmektedir. Bu etkenlerden bazıları; yağışın şekli, zamana bağlı dağılımı, diğer bir deyişle şiddeti, süresi, zamanla değişimi ve bir önceki yağıştan sonra geçen süre, yağışın havza içindeki dağılımı, rüzgâr, sıcaklık gibi meteorolojik faktörler, zeminin cinsine bağlı olarak geçirimsizlik oranı ve suya doygunluk derecesi gibi jeolojik faktörler ile havzanın geometrisi, uzunluğu, alanı, eğimi gibi fizyografik etkenlerdir. Diğer taraftan bitki örtüsünün çeşidi ve havzadaki dağılımı, kapladığı alan, yüksekliği, büyüme hızı ile birlikte yerleşim alanlarının durumu, yol ve benzeri alt yapıların varlığı, toprağın



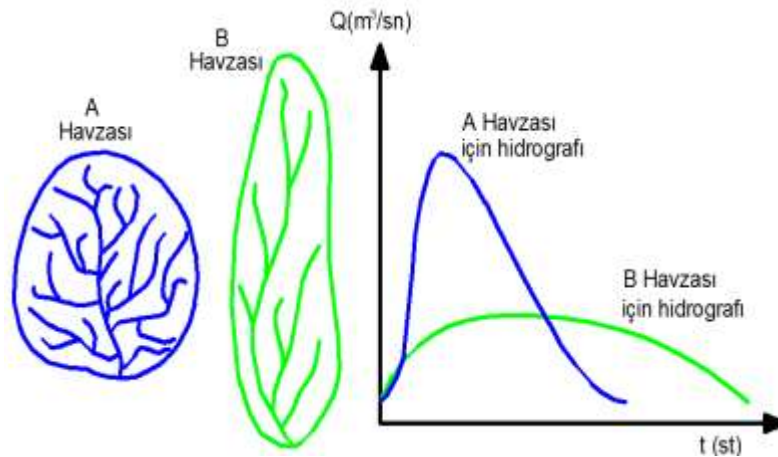
kullanılma şekli gibi etkenler de akışın durumunu etkilemektedir. Bütün etkenler birbirlerinden bağımsız değildir ve birbirleriyle karşılıklı etkileşim içindedir. Ayrıca uzun zaman zarfında bu etkenlerin tabiat olayları, insanlar ve hayvanlar tarafından değiştirilmesi de söz konusudur. Bu nedenle bu değişik etkenlerin etkisi altında ortaya çıkan akış, yağıştan yağışa, havzadan havzaya, aynı havzada noktadan noktaya değişmekte ve hatta aynı yağış koşullarında, aynı havzanın aynı noktasında zamandan zamana farklı olmaktadır. Bu bakımdan akışın meydana geliş şekli farklı havzalarda birbirine benzemekle beraber, bir akarsu havzasının bir yağıştan sonraki davranışı, en doğru şekilde ancak kendisine özgü bilgilerden bulunabilir.

### 1.1.2.1. Havzanın büyüklüğü

Drenaj alanının getireceği taşkın büyüklüğü, taşkın debisinin pike ulaşma süresi ve taşkın devam süresi ile hacmi, drenaj alanının yüzölçümü ile orantılıdır. Drenaj alanının büyüklüğü taşkın debisinin sürekliliğinde etkilidir.

### 1.1.2.2. Havzanın şekli

Büyüklikleri ve diğer özellikleri aynı fakat şekilleri değişik olan drenaj alanlarından gelecek olan taşkın hacimleri eşit olduğu halde, havzanın şekline göre debi miktarları, pike ulaşma ve devam süreleri değişiktir.



Şekil 1.1. Drenaj alanının hidrograf şekline etkisi [28].

### **1.1.2.3. Havzanın eğimi**

Bir yağış havzasının eğimi, infiltrasyon (sızma), yüzeysel akış, toprak nemi ve yeraltı suyu tarafından dere akımına yaptığı katkılar yönünden önemli bir etmendir. Bu nedenle havza eğimi, yüzeysel akışın süresi ve derelere ulaşarak yüksek akımlar meydana getirmesinde önemli etkendir.

### **1.1.2.4. Havzanın jeolojik yapısı**

Drenaj alanı jeolojik yapısının, geçirgenlik özelliğine göre, meydana gelecek taşkınlara etkisi de bilhassa toprak örtüsünün az olduğu veya hiç bulunmadığı hallerde önemli olmaktadır. Genellikle metamorfik kayaların hâkim olduğu çatlaklı, kırıklı, faylı ve geçirgenliği yüksek formasyonlardan meydana gelen arazilerde yağışın akışa geçmesi son derece az olmaktadır. Karstik arazilerde görülen düdenler, dehliz ve mağaralar drenaj alanındaki akışları kısa zamanda yutarak; ya daha derinlere ya da komşu drenaj alanlarına taşımakta ve böylece taşkını azaltıcı bir rol oynamaktadır.

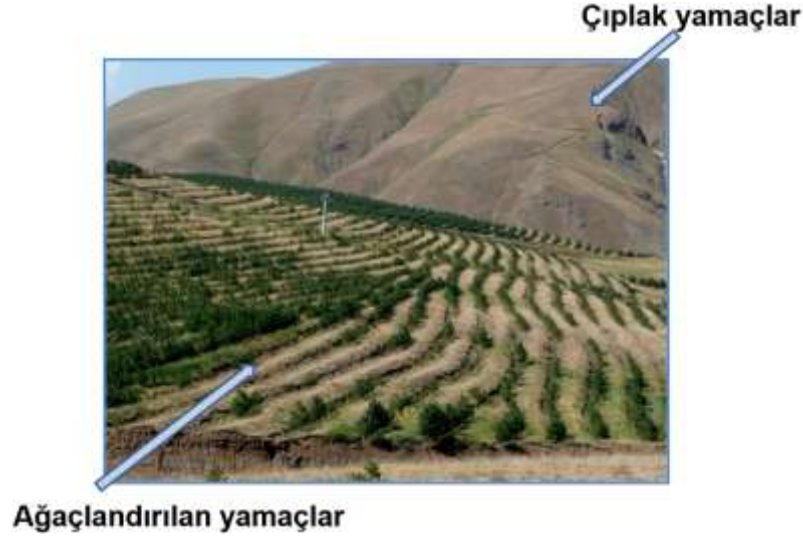
### **1.1.2.5. Havzanın depolama kapasitesi**

Drenaj alanındaki akışın yüzey örtüsündeki doğal girintilerde toplanması, düzlük veya az meyilli kısımlarda göllenme yapması ve hatta bazen araziye yayılarak taşkın bölgeleri meydana getirmesi, o drenaj alanından gelecek olan taşkın pikini önemli derecede azaltıp taşkın hidrografındaki sürelerin uzamasına sebep olabilir. Bu şekilde öteleme yapılmış pikleri ölçen akım istasyonlarının değerleri, drenaj alanı farkına rağmen, membalarındaki istasyonlarındakinden küçük olabilir. Bu durum iyice incelenmeli ve değerlerine itibar edilecek istasyon ona göre seçilmelidir.

### **1.1.2.6. Havzanın bitki örtüsü**

Bitki örtüsü, yağışın akışa geçinceye kadarki süre içerisinde meydana gelmekte olan, bilhassa başlangıç kayıplarının önemli etkileyicisidir. Bu etki bitki örtüsünün çeşidine, sıklığına, büyüklüğüne ve hatta yapraklarının şekline bağlı olarak dahi

değişmektedir. Bitki örtüsünün taşkınları ve erozyonu önleme bakımından etkisi büyüktür.



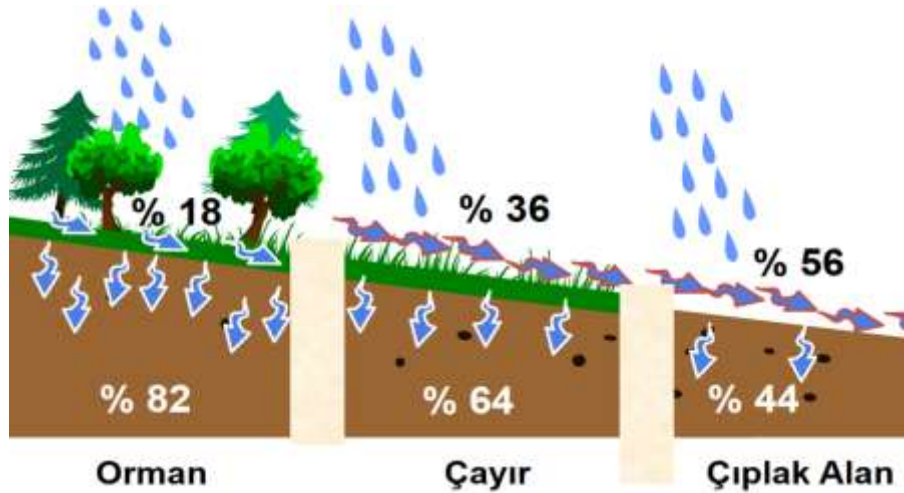
Şekil 1.2. Yüzeysel akışın azaltılmasına yönelik çalışmalar [29].

#### 1.1.2.7. Havzanın toprak örtüsü

Drenaj alanını kaplayan toprak cinsi ve kalınlığının başlangıç kayıplarına tesiri bitki örtüsünden de fazladır. Hatta toprak cinsi sızmanın baş faktörü olduğundan etkisini, taşkınımın devamı boyunca da sürdürür. Toprağın tekstürü, gözenek hacmi ve gözeneklerin dağılışı, derinliği, kolloidlerin cinsi, şişme ve büzülme özellikleri ıslanma yeteneği ve agregalaşma gibi nitelikleri infiltrasyon ve yüzeysel akış üzerinde etkili olmakta ve bu nedenle de dere akımlarında önemli bir rol oynamaktadır [29].

#### 1.1.2.8. Havzanın kullanılış şekli

Drenaj alanındaki arazinin kullanılış şekli, yani tesviye eğrilerine paralel sürülmesi, teraslanması, bitkilerin ekilişinde muntazam sıralama yapılması taşkınları azaltıcı bir tesir gösterirken; nadasa bırakılması taşkını arttırıcı bir rol oynamaktadır. Yine tamamen sık ve boylu bir ormanla kaplı yağış havzasında yağışın büyük bir kısmı çeşitli şekillerde tutulur veya depolanır böylece yüzeysel akışa geçmez.



Şekil 1.3. Bitki örtüsünün yüzeysel akışa ve toprağa sızan su miktarına etkisi [29].

#### 1.1.2.9. Havzanın rakımı

Yüksek rakımlarda çığ noktası düşük ve düşük çığ noktasında havzanın su muhtevası az olduğundan bu gibi yerler, şiddetleri az; fakat daha uzun süreli yağışlara maruzdur. Ancak yağış yönüne dik ve bilhassa sahile bakan yamaçlarda rakım, yağışın devamlı beslenmesi sebebiyle, belli bir sınıra kadar yağış şiddetini arttırıcı rol oynamaktadır. Rakım yağışın hangi oranda kar veya yağmur olacağına da tesir etmektedir.

#### 1.1.2.10. Havzanın yönü

Yağışın geldiği yöne dönük olan drenaj alanları, yağışın geldiği yöne arkası dönük drenaj alanlarından daha çok yağış almaktadır.

#### 1.1.2.11. Havzadaki suni yapılar

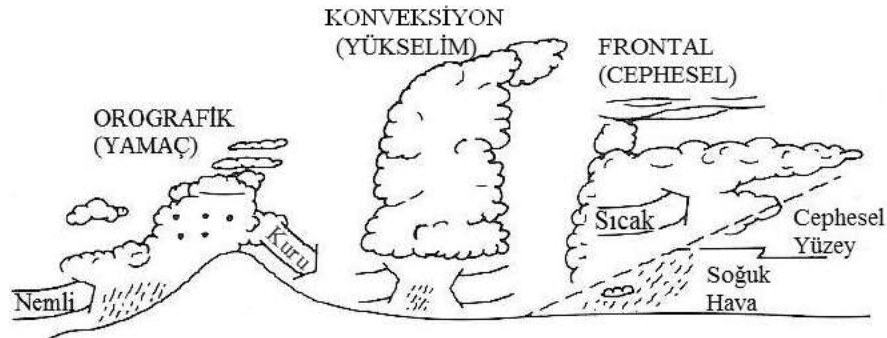
Drenaj alanı içerisinde inşa edilmiş bulunan baraj, gölet, sel kapanı, batardo gibi su yapıları kendi drenaj alanlarındaki taşkınları öteleyerek taşkına hafifletici hizmet görmekte iken; yerine göre sedde, kanal ve yatak ıslahları da taşkınlara olumlu veya olumsuz yönden tesir edebilir. Bu yapıların, beklenen taşkınlara olan etkileri incelenmek sureti ile değerlendirilmelidir.

### 1.1.2.12. Havzanın hidrojeolojisi

Drenaj alanı içerisinde bulunan göller, bataklıklar, akarsular ve kaynaklar, buharlaşmayı artırarak, daha çok yağışın meydana gelmesine sebep olurlar. Buna ilaveten, yeraltı su seviyesinin yüzeye yakınlığı derecesinde sızmayı güçleştirerek, taşkını arttırıcı etki gösterirler. Göller ve bataklıklar, depolama yaparak taşkınları regüle etmek suretiyle, taşkın tesirlerini önemli derecede azaltırlar.

### 1.1.2.13. Yağış

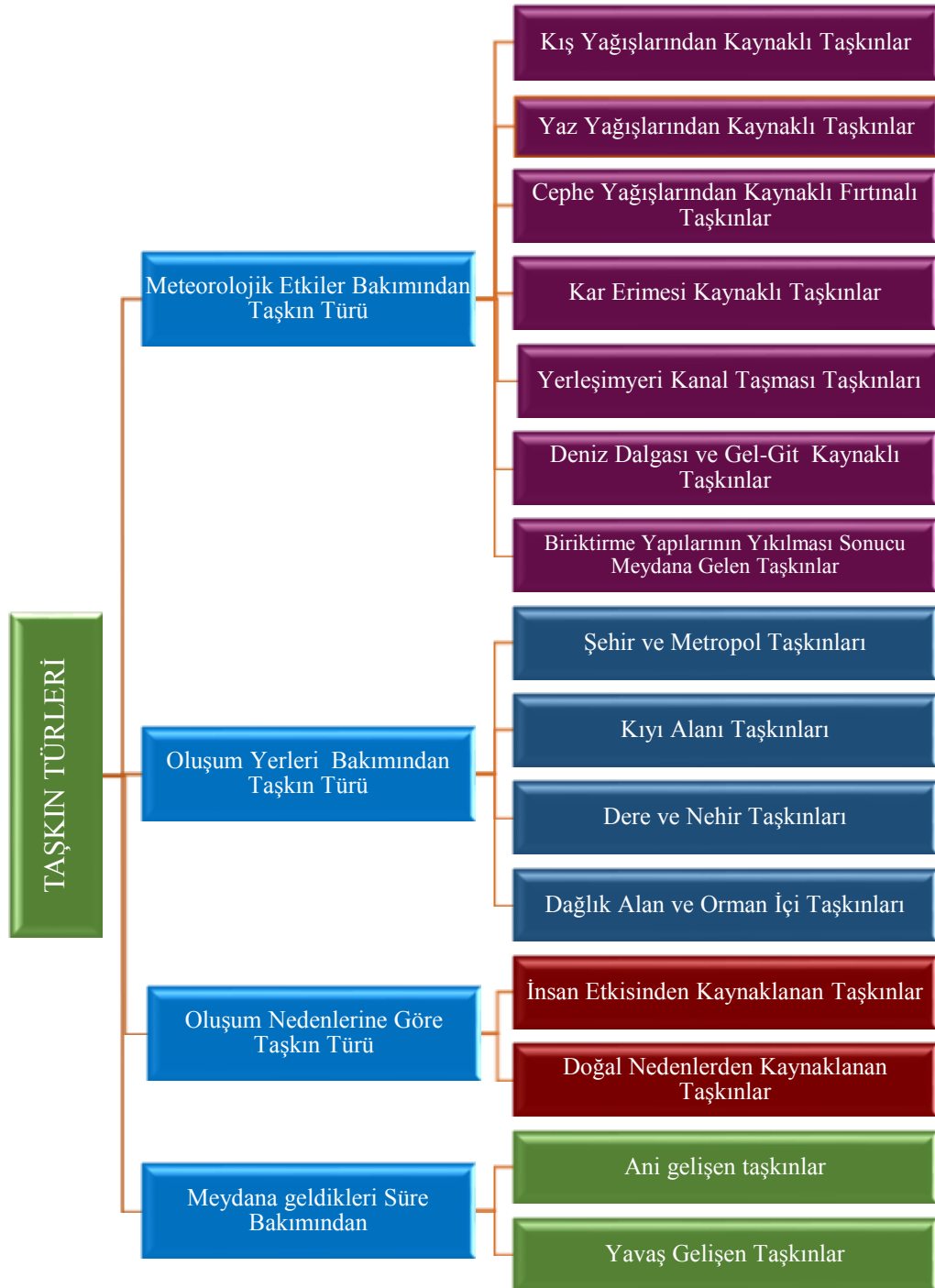
Su buharının atmosferde yoğunlaşarak yerçekimi etkisi sonucunda, yer yüzeyine muhtelif şekillerde düşen ve toprak üzerine belirli miktarda su veren hadiseler yağış denir. Eğer belli bir hava kitlesi nem ile doymuş halde değilse ve çevresi ile bir ısı alış verişi de yoksa bu hava kitlesi yükseldiği takdirde genişleyecek ve bu genişleme için bir miktar ısı enerjisi harcandığı için kendi sıcaklığı düşecektir. Bu olaya kuru adyabatik soğuma denir. Bu şekilde yükselen bir hava kitlesinin sıcaklığı kuru adyabatik soğuma ile her 1.000 m. 'de 10 derece düşer. Doymuluk derecesine ulaştıktan sonra hava kitlesi yine yükselir. Bu halde hava kitlesi soğumaya devam eder ve yoğunlaşma olduğu zaman su damlacıkları oluşur. Bu olaya ıslak adyabatik soğuma denir. Bu olaydan sonra hava sıcaklığı her 1.000 m 'de 5,82 derece düşer. Hemen hemen yağışların büyük bir bölümü bu şekilde oluşur. Yağışlar genellikle Konveksiyonel Yağışlar, Orografik Yağışlar ve Depresyonik (Siklonik) Yağışlar olmak üzere üç ana grupta oluşur: bu yağışların oluşum şekilleri şekil 1,4'de sematik olarak verilmiştir.



Şekil 1.4. Yağışın oluş şekilleri [26].

### 1.1.3. Taşkın türleri

Taşkına neden olan faktörlerin bir ya da bir kaçının gerçekleşmesi durumlarına göre taşkınları 4 ana grupta sınıflandırabiliriz [31]. Bu sınıflandırmalar Şekil 1.5’de verilmiştir.



Şekil 1.5. Taşkın türleri.

### **1.1.3.1. Ani gelişen taşkınlar**

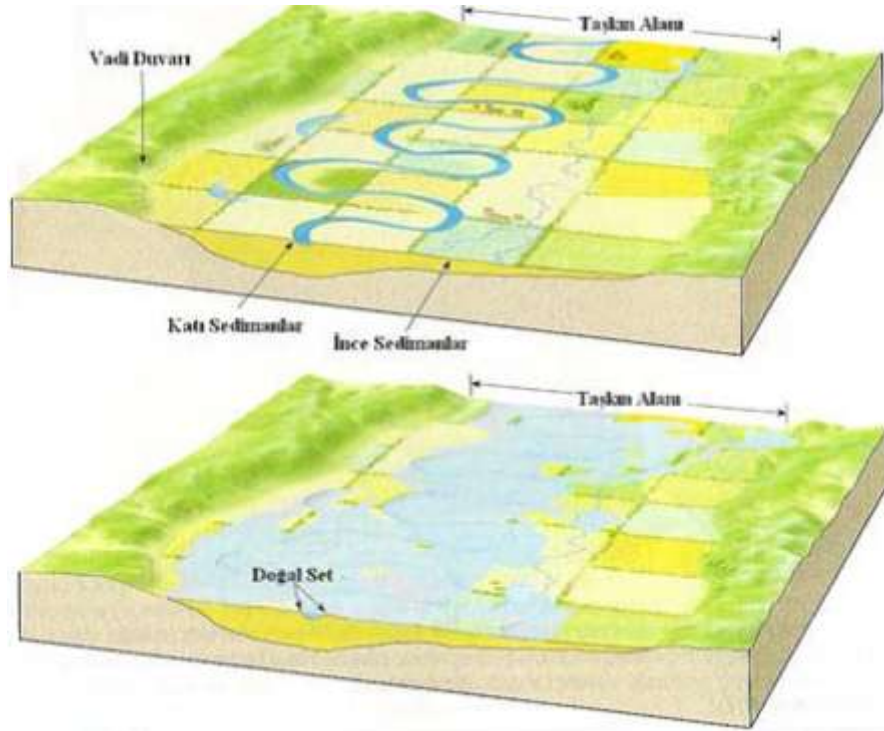
Ani taşkınlar altı saat içinde oluşabilirler ve çöller dâhil dünyanın her yerinde görülebilmektedir [32]. Ciddi bir fırtına sonucunda kısa bir sürede beklenilenin çok üzerinde yağış gerçekleşir ve kısa bir zaman içerisinde oluşabilirler [33]. Şehir alanı içerisinde su geçirmeyen zeminlerin (asfalt, beton, vb.) artması şehir içerisinde meydana gelen ani taşkınların oluşmasında en büyük etkidir. Ani taşkınlar meydana geldiği alanda ağır hasarlara neden olmasının yanında sediment taşınımı ve erozyonlara neden olabilmektedir. Ani taşkınlardan korunmaya yönelik risk planlamalarında, meteorolojik verilerin gerçek zamanlı takibi ve arazi kullanım bilgisi büyük önem taşımaktadır.

### **1.1.3.2. Yavaş gelişen taşkınlar**

Yavaş gelişen taşkınlar yedi gün veya daha uzun bir süre içinde oluşabilirler. Yeryüzüne ulaşan yağış sularının derelerde ani akış haline dönüşmeden, toprak sisteminden geçerek daha yavaş ve düzenli olarak akışa geçmesidir. Bitki örtüsü burada etkili olmaktadır. Aynı zamanda jeolojik ortamın geçirimsizliği ve eğimin düşüklüğü de yavaş gelişen taşkınların oluşmasında etkilidir [32].

### **1.1.3.3. Dere ve nehir taşkınları**

En sık görülen taşkın türüdür. Yağış, kar erimesi gibi doğal olaylar ya da baraj yıkılması gibi suni olaylar sonucu nehir kesiti ve yatağının gelen debiyi taşıyamaması sonucu, suyun dere yatağı dışına taşması olayıdır [32]. Bazı nehir taşkınları mevsimsel olarak kış ve ilkbahar yağışlarının erittiği kar sularının nehirleri doldurması ile oluşur [33]. Şekil 1.6'da nehir taşkınları şematik olarak gösterilmiştir.



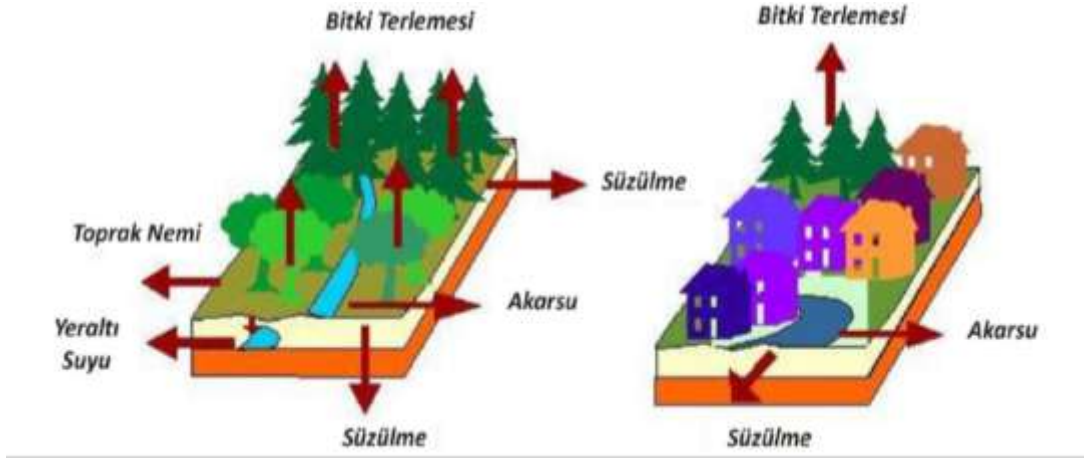
Şekil 1.6. Nehir taşkını şematik gösterimi [34].

#### 1.1.3.4. Şehir ve metropol taşkınları

Doğal ortamda dere yataklarının genişliği aşırı derecede taşkına sebep olabilecek durumda değildir veya sağanak yağışların taşkına neden olabilmesi için kısa sürede aşırı bir yağışın düşmesi gerekmektedir. Ancak hızlı ve plansız kentleşme ile beraber insan müdahalesi sonucunda dere yatakları daraltılan veya kanal ile yeraltına alınan dere enkesitlerinin küçültülmesi nedeniyle daha fazla taşkına neden olmaktadır. Yanlış veya plansız imar uygulamaları ve arazi kullanımları sonucunda akış kesitinin gecekondular ve diğer kullanım amaçları için küçültülerek yer yer tamamen yok edilmesi, bu sorunun ana nedenini oluşturmaktadır [35].

Şehir taşkınları, binalar, yollar ve otomobiller için parklar inşa edilmesi doğal bitki örtüsü ve ormanlık alanların yok edilmesiyle şehirsiz alanlarda yağışın toprağa sızması engellenmektedir. Bunun sonucu olarak şehirlerde taşkınlık sık ve etkili olmaktadır. Şehirleşme yüzeysel akışı doğal yüzeylere göre 2 ila 6 kat daha artırılmaktadır. Yapılan drenaj sistemleri ise düzenli olarak temizlenmediği için istenilen ölçüde yağmur sularını drene edememektedir.





Şekil 1.7. Doğal ortam ve şehir ortamı su döngüsü [36].

#### 1.1.3.5. Kıyı alan taşkınları

Tropikal fırtınalar ve kıyıdan uzakta bulunan kuvvetli alçak basınç sistemlerinin sebep olduğu fırtına sonucunda deniz sularının kabarması ve kara içlerine sürüklenmesi ile önemli taşkınlara sebep olabilir [37]. Benzer şekilde göllerin su seviyesinde herhangi bir sebeple görülen yükselme, göl kıyılarında suyun taşması sonucunda taşkınlar ortaya çıkmaktadır [33]. Bu şekilde oluşan taşkınlar kıyı alan taşkınları olarak isimlendirilirler.

#### 1.1.3.6. Dağlık alan ve orman içi taşkınları

Dağlık ormanlık alanlarda şiddetli yağış ve fırtına sonucunda kanalların küçük ve kuru derelerin debilerinin artması sonucunda oluşan taşkın türüdür [32].

#### 1.1.4. Taşkın yönetimi

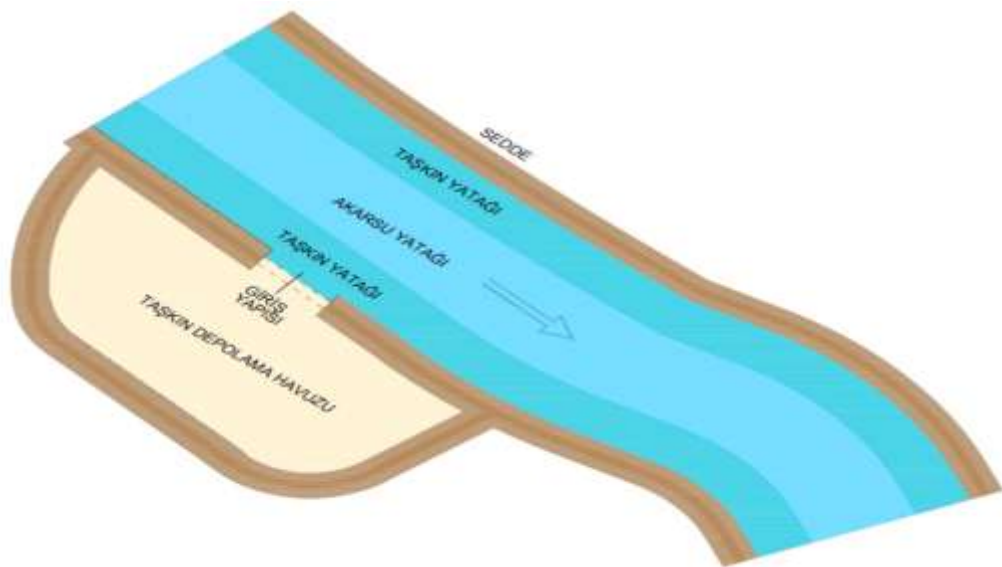
Taşkının sebebiyet vereceği zararlar su seviyesine ve buna bağlı olarak yayılma alanına bağlıdır. Taşkınların neden olacağı zararların azaltılmasında taşkınların tekerrür debilerine göre taşkınların yayılacağı alanların belirlenmesi, önemli etkindir. Taşkınların olumsuz etkilerinden kurtulmak için bir takım stratejiler geliştirmek mümkündür. Bu stratejiler yapısal ve yapısal olmayan stratejiler olarak iki başlık altında incelenebilir [38].

### 1.1.4.1. Taşkın yönetiminde yapısal stratejiler

Taşkınları kontrol etmek için inşa edilen yapılardır. Yapısal stratejileri Taşkın önleme veya çok amaçlı yapılan barajlar, seddeler, biriktirme havuzları, kanal kesitinin genişletilmesi, dere yatağının temizlenmesi, tersip bentler, sel kapanlar, taşkın tahliye kanalları içermektedir.

Doğal veya yapay göller taşkın etkilerinin azaltılmasında etkili olmaktadır. Baraj hazneleri de taşkını kontrolü için kullanılabilir. Ülkemizde Seyhan, Kemer, Demirköprü, Hirfanlı, Porsuk, Aslantaş, Adıgüzel, Almus ve Kralkızı gibi büyük barajlar aynı zamanda taşkın kontrolü de yapan çok maksatlı yapılardır [38]. Çok amaçlı inşa edilen baraj haznelerinde taşkın kontrolü için haznelerinde yeterli boş alan bırakılmaktadır. Taşkın debilerini doğru işletme ile haznelerinde tutabilirler ve taşkın önlemede etkili olarak kullanılabilirler. Baraj inşasından sonra baraj işletme planlanması taşkınların önlenmesinde büyük önem arz etmektedir.

Taşkın geciktirme havuzları tek amaçlı kullanılan ve kontrolsüz çıkışı olan taşkın debilerini kontrol eden yapılardır. Taşkın debilerini tutarak geciktirmeli olarak akarsuyu yatağına verilmesini sağlamaktadırlar. Taşkın geciktirme havuzları sayesinde taşkın hidrografının pik değeri düşmektedir.



Şekil 1.8. Taşkın geciktirme havuzu şematik olarak gösterimi [28].

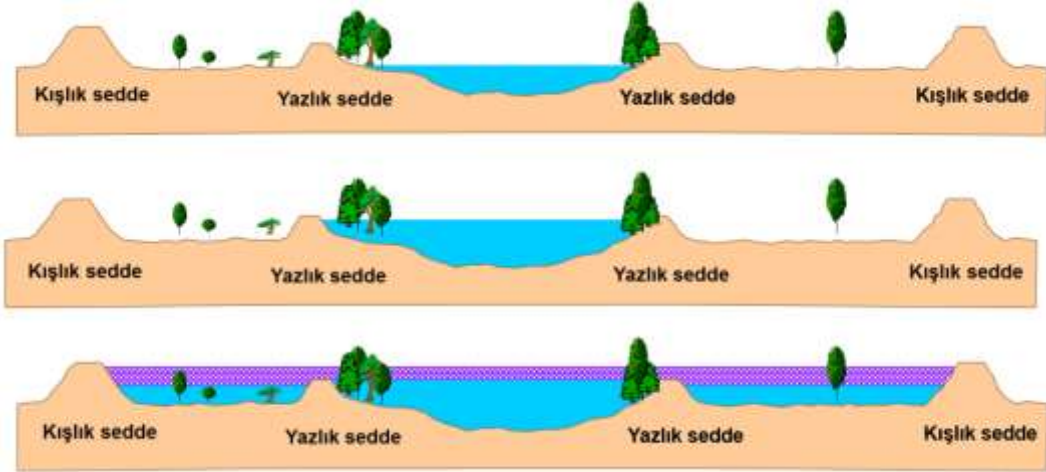
Taşkın önlemede bir başka yapısal çözüm olan seddeler ise akarsuyu yatağının yetersiz olması durumunda taşkın sularının yatak çevresine yayılmasını önlemek için arazi durumuna göre akarsuyun sağ ve/veya sol sahil kısımlarına yapılan dolgulara denilmektedir. Seddeler taşkın süresince taşkın debilerinin sedde üst kotuna yükselinceye kadar suyu taşkın yatağına yayılmasını önleyerek suların yatak içerisinde kalmalarını sağlamaktadırlar. Sedde yapımında taşkın anında seddelerde yarıma ve borulanma olmaması için dolgu malzemesi olarak çok ince kum ve mil gibi malzemeler ile humuslu topraklar seddelerde kullanılmamalıdır. Organik zeminler ile çok ıslak ince taneli kohezyonlu zeminler hariç her türlü zemin cinsi sedde dolgusunda kullanılabilir. Seddelerle taşkın sularından korunmuş bölgeye seddelenmiş arazi denilmektedir.

Taşkın debilerini güvenle geçiren seddelerin istenmeyen bazı etkileri de bulunmaktadır [39].

- Taşkın debilerinin akarsu vadisinde geri tutulmasını engeller, dolayısıyla yataktaki su seviyesi yükselmekte,
- Taşkın hidrografının pik değeri artmakta,
- Yeraltı suyunun taşkın suları ile beslenememesinden dolayı kurak dönemlerde akarsuyu debilerinde azalma meydana gelmekte,
- Taşkın sularının yayılmasını engellediği için tarım alanları verimli siltlerden mahrum bırakılmaktadır..

Taşkın yatağının geniş ve eğimin düşük olduğu yerlerde şeddelenmiş arazilerde silt birikmesi oluşmaktadır. Bu durum sonraki taşkın dönemlerinde su seviyesinin yükselmesine neden olduğu için seddelerin yeni arazi kotlarına göre tekrar boyutlandırılması ihtiyacı oluşmaktadır [39].

Seddeler en büyük taşkın seviyesinden 0.5-1.2m yukarıda planlanması halinde kış seddesi veya ana sedde olarak isimlendirilir. Tarım alanlarının bitki gelişme dönemlerinde taşkınlardan koruyan seddeler ise yazlık sedde olarak isimlendirilmektedir. Bu durum şekil 1.9'da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Yazlık ve kışık sedde şematik gösterimi.

Taşkını önlemede fazla katı malzeme taşıyan nehirlerde bu malzemeleri tutmak, için tersip bendi inşa edilmektedir. Akarsuyun katı madde taşıma gücünü azalttıklarından belirli bir yatak uzunluğunca oyulmaları önlerler. Tersip bentleri akarsuyu akım rejimlerinin düzenlenmesi etkili olmaktadır. Tersip bendinin ekonomik olması ve istenilen seviyede rüsubat depolaması için az eğimli yerlere inşa edilmelidirler. Tersip bentleri tıpkı baraj ve göletler gibi depolama yapılarıdır. Doğal veya insan etkilerden dolayı yıkılma tehlikeleri vardır. Bundan dolayı tersip bendi mansap kısmı çevresinde yerleşime izin verilmemelidir. Örneğin; 15 Temmuz 2009 günü Artvin Şavşat'ta Tigrat Deresi üzerindeki 3 bent, projelendirilmede ve yapımındaki insan kaynaklı eksiklikler nedeniyle yıkılmış ve depolanan katı madde ve suyun ani boşalması ile dere kenarındaki bir evin yıkılmasına neden olmuştur. Bu olayda 5 kişi hayatını kaybetmiştir [26].

Sekiler ise geniş ve doğal yataklar içindeki önceki yıllarda birikmiş katı maddenin oyularak mansap tarafına taşınmasını önlemek için inşa edilirler. Yüksek yapılmayan sekiler'in projelendirilmesi tersip bentleri gibidir. Özellikle dik eğimli memba kısmında inşa edilirler. Kolayca erozyona uğramaya eğimli ve kayma mukavemeti düşük zeminlere ait dere yataklarında taban erozyonunu önlemek amacıyla da bir diğer taşkın önleme yapısı olan biritler inşa edilirler. Biritler yükseklikleri az olduğundan katı madde depolama gibi işlevi bulunmamaktadır. Biritler nehir yataklarının katı madde ile dolmaması ve su hızının düşürülmesi amacıyla in edilen yapılardır [40].



Şekil 1.10. Brit uygulama örneği [41].

#### 1.1.4.2. Taşkın yönetiminde yapısal olmayan stratejiler

Taşkınları önceden tahmin edilerek erken uyarı sistemlerin geliştirebilmesi, deprem gibi diğer doğal afetlerden farklı kılan tek ve en önemli özelliğdir. Bu özellikten yararlanılarak afet yönetimi programlarının bir bölümü olan tahmin ve erken uyarı sistemleri ile can kayıplarında önemli azalmalar ve ekonomik zararlarda da önemli düşüşler sağlanabilmektedir [42]. Örneğin Batı Karadeniz’de 2009 yılında meydana gelen taşkınlar erken uyarı sistemi ile tahmin edilmiş, halka duyurulmuş ve yaşayanlar, taşkın altında kalabilecek bölgelerden taşkından önce terk etmiştir. Bu sayede herhangi bir ölüm vakası gözlenmeden doğal afet atlattırılmıştır [26]. Taşkın erken uyarı sistemlerinin kurulabilmesi için taşkın altında kalabilecek alanların belirlenmesi gerekmektedir.

Taşkın simülasyonları oluşturularak taşkın yayılım haritaları elde edilebilmekte, taşkın yayılım ve derinlik haritaları sayesinde riskler görsel olarak ifade edilebilmektedir. Böylelikle elde edilen haritalar sayesinde yerleşime izin verilmeyecek taşkına maruz kalabilecek yerleşim alanları belirlenebilecektir. Taşkın zararları sadece hidrometeorolojik etkenlere bağlı olmayıp taşkın yataklarında kontrolsüz yerleşmelerden de kaynaklanmaktadır. Ne kadar önlem alınır da taşkın tehlikesinin tam olarak ortadan kaldırılamayacağı, proje taşkından büyük bir taşkın gelmesinin her zaman mümkün olabileceği halka yapılacak simülasyonlarla görsel olarak medya veya sosyal paylaşım ağları kullanılarak anlatılmalıdır [38]. Gerekli eğitimin verilmemesi durumunda insanlar baraj haznesi, sedde gibi taşkın

kontrol yapılarına güvenip taşkın tehlikesi olan alanlara yerleşebileceklerdir. Simülasyonların görsel olması halka karşılaşılabilecekleri tehlikeler hakkında eğitim verilmesi ile taşkın yatağına yerleşmiş olan halka yöneticiler tarafında uygun imar planları ile alternatifler gösterilerek bu alanları terk etmeleri sağlanabilecektir.

Taşkın yapısal olmayan stratejilerden biri de taşkın sigortalarının zorunlu hale gelmesidir. Günümüzde deprem sigortası zorunlu kılınmaktadır ve deprem bölgesinde yaşayan halkımız bu sigortayı kendi istekleriyle de yaptırmaktadırlar. Burada toplumun deprem afetinin sonuçları hakkında bilinçli olması da oldukça etkilidir. Taşkınlarda farklı yinelenim yıllarına göre simülasyonlar yapılarak afete maruz kalacak alanlar belirlenebilmektedir. Taşkın altında kalan yerleşim yerlerinin her zaman boşaltmak her zaman mümkün ve aynı zamanda ekonomik olmamaktadır. Böyle bir durumda halkın taşkın afeti için alınabilecek önlemleri alarak taşkın sigortasını yaptırmaları özellikle vurgulanmalıdır.

## **BÖLÜM 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisi 1970'li yıllarda başlayıp 1980'li yıllarda belirginleşmiştir. Şimdi ise gelişen teknoloji ile hızlı bir şekilde gelişmekte ve çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bunda, bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmesinin katkısı olduğu gibi çok yönlü mekânsal veri toplanmasında etkisi olmuştur. CBS teknolojisinin gelişmesiyle elde edilen verilerin birbirleriyle ilişkilendirilebilmeleri, küresel ve bölgesel çok farklı tipteki problemlerin çözümünde kullanılabilmesi sağlanmıştır. CBS'yi kısaca, yeryüzündeki mekânsal bazlı verilerin toplanması, biriktirilmesi, kontrolü, işlenmesi, analizi ve görselleştirilmesi için kullanılan, bilgisayar donanım, yazılım ve kullanıcılarından meydana gelen sistemler topluluğu denilebilir. CBS için birden fazla tanım yapılmaktadır fakat tanımların tamamında CBS verilerinin iki önemli özelliğe sahip oldukları gerçeği vardır, bunlar coğrafi (mekânsal, grafik) özellik ve öznetelik (coğrafi olmayan, grafik olmayan) özelliğidir.

CBS teknolojileri, fen bilimleri alanından sosyal bilimlere kadar hemen hemen her dalda kullanılmaktadır. Bununla beraber, bütün verileri mekânsal olan yer bilimleri dalları CBS'nin en önemli uygulama alanlarıdır. Bunların başında gelen hidroloji dalında ise çalışmalar biraz daha zor olmaktadır. Zira hidrolojide değişkenler yalnız mekânsal olarak değil aynı zamanda bir andan diğerine de değişmektedirler ve problemlerde bir de değişken zaman faktörü bulunmaktadır. Dolayısıyla hidrolojideki CBS uygulamalarında doğrudan işlemler yanında CBS teknikleri ile başka matematiksel modellerin entegrasyonu gerekmektedir.

CBS'nin hidroloji dalında kullanım alanlarını şöyle sıralamak mümkündür;

- Nehir havzası yönetimi,
- Erozyon-sedimentasyon tahmin, kontrol ve korunması işlemleri

- İçmesuyu, atıksu ve kentsel yağmursuyu şebekesi tasarım ve yönetimi
- Baraj yeri seçimi, kot-alan-hacim eğrilerinin çıkarılması, rezervuar işletmesi
- Su kalitesi modellemesi, gözlenmesi ve yönetimi
- Yeraltı suyu gözlenmesi ve modellemesi
- Taşkın kontrol ve tahmini, taşkın haritalarının hazırlanması
- Su kaynakları planlaması ve yönetimi
- Sulanabilir alanların belirlenmesi, rekolte tahmini, kanal güzergâhı bulunması
- Toprak sınıflandırılması
- Havza için sayısal yükselti modelinin çıkarılması
- Nehir sisteminin çıkarılması ve derecelendirilmesi
- Havza sınırının oluşturulması ve özelliklerinin çıkarılması
- Sentetik birim hidrograf çıkarılması
- Değişik hidrolojik modellerin CBS yazılımlarıyla bağlanarak çalıştırılması
- Arazi kullanımı ve kamulaştırma çalışmaları

CBS'nin kullanımıyla akarsu sistemlerine ait hidrolik modellemeler daha kolaylaştırılmıştır. Verilerin hazırlanması, modellerin yorumlanması gibi zaman alan ögeler CBS ile daha basitleştirilmiştir [42]. CBS programı taşkın anında su yüzü profilleri tespit edilemediğinden hidrolojik analizleri yapan programlar alt programlar geliştirilmiştir. Bu programlar CBS programında araç çubukları vasıtasıyla entegre edilmiş ve bu şekilde birçok çalışma yapılmıştır.

### **2.1. Dünya Geneline Yapılmış Çalışmalar**

Djokic ve ark. (1994), ilk olarak, bir CBS programı olan ArcGIS yazılımı ile hidrolik modellerin birlikte çalışan Arc/HEC-2 olarak bilinen yazılımı geliştirmişlerdir. Geliştirilen yazılım, 1 boyutlu zamanla değişmeyen akış analizi yapabilmekte ve bunu ArcGIS'te hazırlanan arazi modeli üzerine uygulayabilmektedir. Günümüzde HEC-2 yazılımının yerine Windows tabanlı çalışan, Hydrologic Engineering Center (HEC) tarafından geliştirilen, HEC-RAS programı kullanılmaktadır [44].



Correia ve ark. (1999), iki bölümden oluşan çalışmalarının ilk bölümünde taşkın yataklarının önemi ve çeşitli senaryolara göre modellenmesinin şehir hayatı için gerekliliğini vurgulamışlardır. İkinci bölümünde ise bu konuda CBS teknolojisi ile yapılabileceklerden ve sağladığı kolaylıklardan bahsedilmiştir. Taşkın yönetimiyle ilgili yeterli bilgi ile alternatif senaryoların üretilmesinin yerel yönetimler ve karar vericiler açısından önemini vurgulamışlardır [45].

Mclin ve ark. (2001), Meksikada Pajarito Platosu'nda 100 yıllık tekerrür taşkın debisinin oluşturabileceği taşkın alanlarını tespit edebilmek için bir coğrafi bilgi sistemleri yazılımı olan ArcView ve HEC bileşimi bir model hazırlamışlardır. Çalışma alanının hidrolojik analizleri HEC tarafından geliştirilen Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) ile yaptıktan sonra taşkın debisini tespit eden araştırmacılar, HEC-RAS hidrolik modeli ile taşkın anında su seviyelerinin ulaşabilecekleri kotları hesaplamışlardır [46].

Tate ve ark. (2002), Texas'ta Waller Nehri'nde taşkın alanlarını belirlemek için CBS programı ile arazi modelini oluşturmuşlar, HEC-RAS yazılımı ile de hidrolik model oluşturmuşlardır. Model sonucunda havza için taşkın risk haritaları elde edilmiştir. Tate 1999 yılında HEC-RAS ve ArcView'in bir arada çalıştığı alt programlar geliştirmiştir [47].

Wiles ve ark. (2002), Ohio Swan Nehir Havzası'nda taşkın zararlarını bir HEC Modeli ve CBS teknikleri kullanarak araştırdıkları çalışma, CBS'nin ve hidrolik modellerin hidrolojide kullanımıyla ilgili yapılan örnek çalışmalardan biridir. Çalışma kapsamında araştırmacılar, taşkınla ilgili havza üzerinde 30 yılı aşkın bir süre içerisindeki kullanım alanında yarattığı zararları incelemişlerdir. Havza üzerinde oluşan taşkınları HEC-RAS hidrolik modeli ve bir yüzey akış modelini içinde barındıran CBS programıyla analiz etmişler ve 1973'te oluşan 100 yıl tekerrürlü bir yağışın meydana getirdiği yüzey akışı ile 1995 yılındaki 10 yıl tekerrürlü bir yağışın meydana getirdiği yüzey akış hacminin aynı değerde olduğunu görmüşler. Bu yüzden Swan Havzasının alansal olarak daha fazla kullanımı olduğundan yüzey akış

katsayısının büyüdüğünü ve sızma miktarının azalma oranını tespit edip, daha fazla akışın meydana geldiğini göstermişlerdir [48].

Chuan ve Jing (2006), Çin'de bulunan bir nehir havzasında; eğim açısı, şiddetli yağışların olduğu günler, nehir kanalı yapısı, maksimum yağışlar ve geçmişte yaşanan taşkın olayları gibi faktörleri analiz etmişlerdir. CBS teknikleri vasıtasıyla havzayı, taşkın riski taşıması bakımından bölgelere ayırarak risk haritası oluşturmuşlardır. Sonuç olarak havza alanının % 17,9'unu son derece yüksek riskli, % 45,9'unu yüksek riskli, % 25,2'sini orta riskli, % 11'ini düşük riskli bölge olarak belirlemişlerdir [49].

Machado ve Ahmad (2006), Kolombiya'da Atrato Nehri'nde meydana gelebilecek taşkın debilerine göre haritalar üretmişlerdir. Çalışmada taşkın debilerini bulabilmek için çeşitli istatistiksel metotlar kullanılmış, bulunan bu debiler HEC-RAS hidrolik modeline girilmiş ve çıkan sonuçlar CBS'de görsel hale getirilmiştir. Bu sayede 10, 25 ve 50 yıl yineleme dönemli debilerin taşkın risk haritaları oluşturulmuş ve 50 yıl yineleme dönemine sahip 3.054 m<sup>3</sup>/s'lik debi sonucunda nehrin su yükseklikleri sol sahilde 3,7 m, sağ sahilde de 3,1 m olarak ortaya çıkarmışlardır. Çıkan sonuçlara göre yapısal önlemler alınması gerekliliğini belirtmişlerdir [50].

Gutry-Korycka ve ark. (2006), polonyada bulunan Vistula Nehri'nde 1D analiz yapan hidrolik model olan HEC-RAS ile 100 yıl yinelenme dönemine sahip debiye göre buldukları su yüzü profillerini, önceden CBS'de hazırlanan sayısal yükseklik modellerinin üzerine ekleyerek taşkın yayılım haritalarını görsel hale getirmişlerdir [51].

Cook ve Merwade (2009), HEC-RAS ve Finite-Element Surface-Water Modeling System (FESWMS) programlarını kullanarak, taşkın haritalarının üretilmesi, gereken yerlere ulaştırılması ve yenilenmesi konularına detaylı bir şekilde değinmiştir. Bu yöntemde kullanılan haritalar yüksek çözünürlüklü LIDAR görüntüleri ile üretilen topoğrafik verilerden üretilmiştir. Nehir enkesitleri oluşturulan arazi modelinden elde edilmiştir. Yatay ve düşeyde farklı çözünürlüğe sahip, farklı batimetrik detayları

olan 6 adet topoğrafik veri seti, HEC-RAS ve iki boyutlu hidrolik analiz yapan FESWMS modeli ile analiz edilmiştir. İki farklı uygulama alanında yapılan analizler karşılaştırılmış ve taşkın haritalarındaki farklılıkların FESWMS ve HEC-RAS programları arasındaki küçük farklardan meydana geldiği belirlenmiştir [18].

Aggett ve Wilson (2009), Naches Irmağı'nın çakıl yataklı bir kolunda (Washington) yüksek çözünürlüklü LIDAR görüntülerini kullanarak hazırladıkları sayısal arazi modelinden, HEC-GeoRAS ile aldıkları topoğrafik kesitlerden faydalanarak, hidrolik analizleri HEC-RAS programı ile gerçekleştirmiş ve tekrar HEC-GeoRAS ile çıktılarını alarak taşkın risk haritalarını oluşturmuşlardır. Literatürdeki son çalışmalarda, LIDAR görüntülerinin çözünürlüğü  $\pm 0,5$  m olarak tespit edilmiştir. Bu metot ile araştırmacılar, LIDAR tabanlı görüntülerden oluşturulacak sayısal yükseklik modellerinin kalitesini ve sonuçların ne kadar iyileştirildiğini ortaya koymaktadırlar [52].

Vojinovic ve Tutulic (2009), 1D ve 2D birlikte ele alındığı çalışmada Hollanda'nın St Martin kentinde meydana gelen şehir taşkınları modellenmiştir. Modelde arazi LIDAR verilerinden üretilmiştir. 1D model için Mike 11 ve 2D model için ise Mike 21 yazılımları kullanılarak 10, 100 ve 200 yıllık taşkın debilerine göre taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar analiz edilerek risk zarar haritaları elde etmişlerdir [53].

Gümrükçüoğlu ve ark. (2010), ABD'de bulunan Kansas Nehri'nde 1993 yılında meydana gelen taşkından sonra arazi kullanım durumundaki değişimleri belirlemek amacıyla, taşkından sonra tarım, orman, mera ve açık alanlarda alansal olarak büyük değişimlerin meydana geldiğini belirtmişlerdir. Çalışmada uzaktan algılama yöntemlerini kullanarak yapmışlardır [54].

Amini (2010), IKONOS uydu görüntülerini ve Sayısal Yükseklik Modelini (SYM) kullanarak İran'ın kuzeybatısındaki örnek bir nehrin bir bölümünde yaptığı çalışmada, taşkın sonrasında su altında kalacak alanları belirlemiştir. Sonuç olarak

geliştirilen bu modelin taşkın risk yönetiminde kullanılabileceğini ileri sürmüştür [55].

Hung ve ark. (2012), 17 milyon insanın yaşadığı Vietnam'ın Mekong Havzasında hemen hemen her yıl meydana gelen taşkınlar ele alınmıştır. Meydana gelen taşkınların karakteristikleri, dinamik etkileri ve taşkın yayılım haritalarının elde edilebilmesi konusunda çalışmışlardır. Bu amaçla taşkın sahasına kurulan istasyon ile taşkın karakteristikleri saptanmaya çalışılmıştır. TerraSAR-X uydu görüntüleri de kullanarak taşkın alanlarının mevsimsel değişimini incelemişlerdir [56].

Sönmez (2013), Amerika Iowa eyaletinde bulunan Cedar Nehrinin tam ortasından geçtiği Waverly şehrini çalışma sahası olarak kullanmıştır. Dört ana amaçlı bir çalışma yapmıştır. Bunlardan ilki sabit akışlar için taşkın haritalarının yayılımının elde edilmesi ile bu haritalar sayesinde su seviyesi ile taşkın riski arasındaki ilişkinin belirlenmesini sağlamıştır. İkinci amaç; Farklı çözünürlük değerlerinin taşkın yayılım haritalarının sonuçlarını nasıl etkilediğini tespit etmektir. Üçüncü amaç; çalışma sahasına ait taşkın risk zonlarının belirlenmesidir. Çalışmanın dördüncü amacı ise 100 yıl tekerrürlü taşkın gelişimini belirleyerek taşkın risk yönetiminin planlamasıdır. Bu amaçla 1D ve 2D modellerin birlikte ele alındığı MikeFlood hidrodinamik programı ve 1D Hec-RAS hidrolik modelleme programı kullanarak çalışmasını gerçekleştirerek olası taşkın durumunda can ve mal kayıplarını en aza indirmeye için taşkın risk planı oluşturmuştur [57].

## **2.2. Türkiye’de Yapılmış Çalışmalar**

Yazıcılar ve Önder (1998), Türkiye’de ilk kez HEC-RAS yazılımını kullanmışlardır. Bartın nehrinde taşkın anında taşkın sularının ulaşabilecekleri kotları hesaplamışlardır. 1998’de Bartın Merkezde gerçekleşen taşkın ile model sonucunda bulunan su seviyeleri oldukça yakın olduğu görülmüştür [58].

Baga (1999), Türkiye’de ilk olarak taşkın risk haritalarının oluşturulması, taşkın risklerinin görsel ortaya konulması konusunda CBS programı kullanılarak Muğla’da

Çayboğazı Havzası'nda, Mike 11 GIS modülünü kullanarak nehir kıyısında sedde olması veya olmamasına göre taşkın yayılım haritaları hazırlamıştır [59].

Kaleycı (2004), Değirmendere Havzası'nda taşkın frekans analizi ve taşkın Sahalarının belirlenmesi adlı bir yüksek lisans tez çalışması yapmıştır. Çalışmada olası taşkın debilerinin belirlenmesinde hem birim hidrograf yöntemini hem de istatistiksel yöntemlerini kullanmışlardır. Havzada bulunan 7 adet Akım Gözlem İstasyonunun (AGİ) bölgesel ve noktasal taşkın frekans analizi istatistikî yöntemlerle yapılmış ve 500, 1000, 10000 yıl tekerrür taşkın debileri belirlenmiştir Devlet Su İşleri (DSİ) Sentetik ve Mockus Metotları da uygulanarak aynı yineleme dönemli debiler elde edilmiştir. Bulunan taşkın debileri HEC-RAS bilgisayar programıyla değerlendirilerek, su yüzü kotları belirlenmiş ve bulunan su yüzü kotlarına göre analizler sunulmuştur [60].

Onuşluel (2005), HEC-RAS ve CBS yöntemleri ile İzmir Karşıyaka İlçesindeki Bostanlı Nehir Havzasının taşkın alanlarını görsel olarak ortaya koyan doktora tez çalışmasıdır. Çalışmasında, hidrolojik ve hidrolik yazılımlardan elde ettiği verileri, CBS tabanında kendi deyimiyle “otomatize taşkın yatağı belirleme tekniği” ile biraz daha karmaşık ama bir o kadar da teknik bir yolla göstermeyi amaçlamıştır [44].

Usul ve Turan (2006), Mike 11 programını kullanarak Ulus Havzasında olası taşkın yayılım haritaları oluşturmuşlardır. Hesaplanan 25, 50 ve 100 yıl tekerrür taşkın debilerine göre taşkın risk haritaları oluşturmuşlardır [61].

Özdemir (2007), Havran ilçe merkezi ve ovası için CBS yazılımı olan ArcGIS programı ile ve HEC-RAS kullanarak olası taşkınların hidrolik modellemesini oluşturmak ve taşkın haritalarını üretmek amacıyla çalışma yapılmıştır. HEC-RAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarının taşkın haritalaması konusunda güçlü bir alt yapıya sahip olduklarını ve bunların risk yönetimi açısından yapılacak planlarda önemli bir yere sahip olduklarını vurgulamıştır [62].

Akar ve ark. (2009), İstanbul Beykoz sınırındaki Yeniçiftlik Nehir Havzası'nda 10, 50 ve 100 yıl tekerrürlü debilerin oluşturacağı taşkın alanlarını tespit etmişlerdir. Analizlerin gerçekleştirildiği topoğrafik veriler 1/25.000 ve 1/5.000 çözünürlüklü uydu fotoğrafları ve arazi gözlemlerinden oluşmaktadır. Topoğrafik verilerden elde edilen arazi modelinden kesitler çıkarılmış ve HEC-GeoRAS alt programıyla hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için HEC-RAS'a aktarılmıştır. Hidrolik model ile tespit edilen su yüzü profilleri tekrar CBS' ye aktarılmış ve IKONOS uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım haritasıyla karşılaştırılıp, nerelerin sular altında kalabileceği 3 farklı senaryo için gösterilmiştir. Bu çalışma sonunda Yeniçiftlik Nehir Havzası'nda yaklaşık 9 km'lik nehir kolunun taşkın haritaları üretilmiştir [63].

Uçar (2010), arazi modellemelerini ve sonuçların sunumunu, bir Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) programı olan ArcGIS 9.3 ile hidrolik HEC-RAS 4.0 ile gerçekleştirmiştir. Özellikle Maçka ilçe merkezindeki; yapılaşmanın dere yatağının tam kenarında olması ve mevcut köprülerin dar olan dere yatağını daha da küçültmesinden dolayı, olası maksimum taşkın anlarında yapıların çok zarar göreceğini tespit etmiştir. Bu modelden alınan tüm topoğrafik veriler, ArcGIS üzerinde çalışan HEC-GeoRAS modülü yardımıyla hidrolik analiz yapılabilen HEC-RAS'a aktarmıştır. İstatistikî yöntemlerle bulunan çeşitli tekerrürlere sahip debi değerlerini de hidrolik modele girerek su seviyelerini tespit etmiş ve sonuçları HEC-GeoRAS yardımıyla ArcGIS'e aktararak taşkın risk haritaları elde etmiştir. Çalışmada risk taşıyan birçok yerleşim yeri tespit etmiş, çeşitli yapısal ve yapısal olmayan çözüm önerilerinde bulunulmuştur [26].

Demirkese (2011), çalışmada Hatay İli ve bölgesi için, denize kıyısı olan bölgelerin deniz yükselmesi sonucu meydana gelecek kıyı taşkınları, akarsu yatağı ve civarı için taşkın riski ve deprem riski açısından farklı kriterler dikkate alınarak çoklu risk değerlendirmesi yapılmıştır. Taşkın riskinin belirlenmesinde Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) DEM verileri kullanılarak çeşitli kriterlere göre taşkın yayılım haritaları oluşturulmuş ve risk altında kalabilecek yerler belirlenmiş ve risk haritalaması yapılmıştır [64].

Doğan ve ark. (2013), Aşağı Sakarya Nehir yatağının son 113 km'lik kısmı için beklenen 100 yıl tekerrürlü olası taşkın taşıma kapasitesini araştırmışlardır. Baraj yıkılması durumu için de oluşabilecek muhtemel taşkın senaryoları uygulanmak suretiyle, taşkın risk analizleri yapmışlardır. Senaryo taşkınları, HEC-RAS programıyla senaryo taşkınları sırasındaki su yüksekliği ve taşkın alanı hesap etmişler bu bilgileri, HEC-GeoRAS, ArcGIS 9,0 ve ArcView 3,2 programında taşkın yayılım haritalarına dönüştürmüşlerdir. Taşkına karşı yapılacak önleme ve azaltma çalışmalarında değişik senaryoların dikkate alınmasının önemi vurgulamışlardır. Nehrin zaman zaman taşkın suları altında kalması çalışmada elde edilen bulguları desteklemektedir [65].

Demir (2014), Aşağı Sakarya Havzanın hidrolojik özellikleri incelemiş ve taşkın yayılım haritaları üretmiştir. Mike 11 ile ArcGIS yazılımlarını kullanmıştır. Hidrolojik veriler kullanılarak 2,5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın debileri hesaplamıştır Bu debiler için çalışma sahasına ait taşkın yayılım haritaları üretilerek risk altında kalan alanlar belirlemiştir [35].

### **2.3. Meriç ve Tunca Nehirlerinde Yapılmış Çalışmalar**

Malkaralı ve ark. (2008), Meriç ve Tunca Nehirleri taşkınlarını genel olarak incelemişler ve 2006 yılında meydana gelen taşkını analiz etmişlerdir. Taşkınların önlenmesi için mevcut seddelere ek yapılması gerekliliğini savunarak, uluslararası işbirliğinin gerekliliğini ortaya koymuşlardır [66].

Gerassimov ve ark. (2008), Meriç Nehrini çalışma sahası olarak seçmişler, Bulgaristan'ı 4 ana hidrolojik bölgeye ayırarak bu bölgelerdeki nehirlerin karakteristikleri incelemişler ve olası taşkınları birçok yönden analiz etmişlerdir. Çalışmada Meriç Nehri için günlük anlık maksimum ve minimum debiler de tespit etmişlerdir [67].

Angelidis ve ark. (2010), Arda Nehri Havzası'nda farklı taşkın senaryoları için yağış akış modelleri kurmuşlardır. Böylece havzadaki barajların senaryo taşkınlarını

kontrol altına alması hedeflenmiştir. Mansap bölgesinde taşkın önlenirken, hidroelektrik enerji kayıplarını da minimuma indirmeyi amaçlamışlardır. Geliştirilen bu modelin başka havzalar içinde kullanılabileceğini de ileri sürmüşlerdir [68].

Saltabaş ve ark. (2012) Aşağı Meriç Nehri üzerinde yeralan; Meriç, Kirişhane ve Ferre köprülerinin enkesitlerinin taşıyabileceği taşkın kapasitesini araştırmışlardır. Aşağı Meriç Nehri İpsala'dan Enez'e kadar olan nehir boyunca bir alanın taşkın riskiyle her zaman karşı karşıya olduğu vurgulamışlardır. Meriç Nehri üzerindeki istasyonların aylık ortalama akım değişimlerine bakılmış, elde edilen grafiklerden pik değerlerin şubat-mart-nisan aylarında görüldüğü ifade etmişlerdir [69].

Meriç Nehri'nde meydana gelen taşkını, optik uydu görüntülerini kullanarak incelemişlerdir. Taşkın öncesi, taşkın dönemi ve sonrasını kapsayan çok zamanlı Landsat 5 TM (Thematic Mapper) görüntülerini kullanarak taşkının etkilediği alanları belirlemişler, yine bu görüntüler yardımıyla arazi örtüsü ve taşkın haritaları oluşturarak çeşitli değerlendirmeler yapmışlardır. Taşkın öncesi, taşkın dönemi ve sonrasına ait uydu görüntülerine kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri uygulamışlardır. Elde edilen tarım alanı verileri ile DSİ XI. Bölge Müdürlüğü-Edirne'nin yersel çalışmaları (gözlemsel tekniklerle elde edilen verilerin haritalara işlenmesi) sonrasında bulunan sonuçları karşılaştırmışlardır [70].

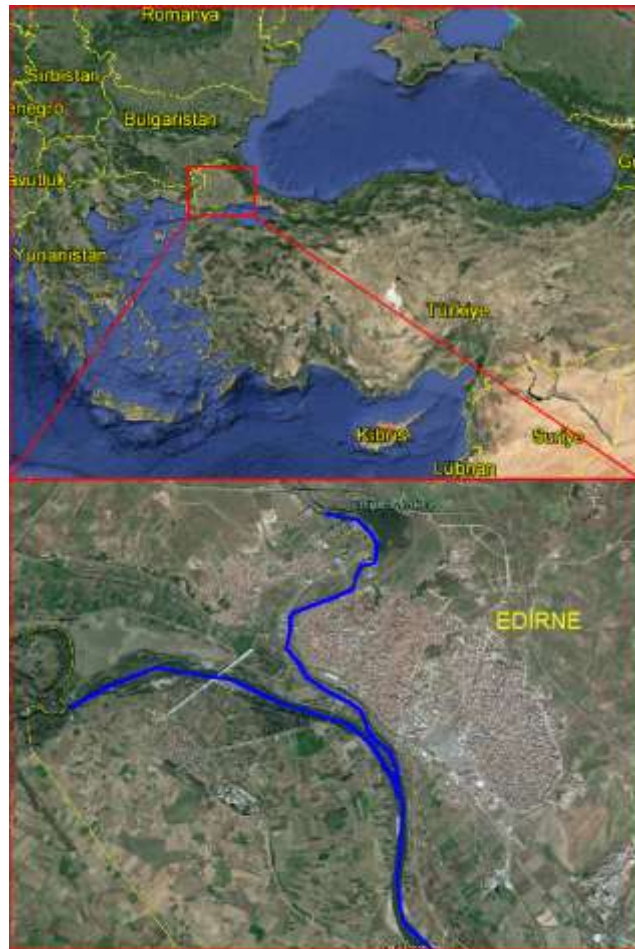
Türkmenoğlu (2012), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri kullanılarak menderesli bir yapıya sahip Meriç Nehri'nin Kapıkule'den Ege Denizine döküldüğü Enes Deltasına kadar olan bölgesinde yatak değişimlerinin taşkınlar ile ilişkisini araştırmıştır. Çalışmada, taşkın ve yatak değişikliğine etki eden coğrafi faktörler irdelenmiş, yağış ile akım arasındaki ilişki yağış ve akım grafikleri ile ortaya konulmuştur. Daha sonra farklı tarihli uydu görüntüleri ve haritalarla yatak değişikliklerinin tespitleri yapıp, araştırma yapılan periyoda göre yatak değişimini denetleyici faktörlere değinilmiştir. Araştırma sahasındaki taşkın geçmişi detaylı olarak incelenmiş, sonuç olarak; taşkınlar ve yatak değişimlerine ait gelişim şekil ve evreleri belirlenmeye çalışılarak, günümüz koşullarındaki etki durumları ortaya konulmuştur [71].



## BÖLÜM 3. ÇALIŞMA SAHASININ TANITIMI

### 3.1. Edirne İli ve Nehir Sistemleri

Edirne ili Türkiye'nin batısında Marmara bölgesinin Trakya yakasında yer almakta olup doğuda Kırklareli ve Tekirdağ, güneyinde ise Çanakkale şehirleri bulunmaktadır.  $26^{\circ} 29' 30'' - 26^{\circ} 36' 00''$  doğu boylamları ile  $41^{\circ} 40' 30'' - 41^{\circ} 35' 30''$  kuzey enlemleri arasında yer alan Edirne, Yunanistan ve Bulgaristan'a sınır olup Meriç Havzası sınırları içerisinde yer almaktadır.



Şekil 3.1. Edirne İli konumu.

Meriç Havzası Türkiye, Yunanistan ve Bulgaristan sınırları içerisindedir. Havzanın Bulgaristan'da yükseltisi ortalama 579 m, eğimi ortalama % 7,3'tür. Toplam 52600 km<sup>2</sup> alana sahip olan Meriç Nehri Havzasının alansal olarak dağılımı şekil 3.2'de görüldüğü gibi % 65'i Bulgaristan'da, % 28'i Türkiye'de ve % 7'si Yunanistan'dadır.



Şekil 3.2. Meriç Havzası ülkelere göre alansal dağılımı [72].

### 3.1.1. Meriç Nehri

Meriç Nehri, Doğu Balkanlar'ın Tuna'dan sonra, sınır aşan ve sınır oluşturan en büyük Nehridir. Bulgarcada maritza, Yunancada Evraos olarak isimlendirilen Meriç Nehri Bulgaristan'daki Rila sıradağlarının Mancho Doruğu yakınındaki kaynaklardan doğmaktadır. Genellikle doğu istikametinde ilerleyerek Sivilegrad'ın 15 km doğusunda Türkiye topraklarına girmektedir. Türkiye - Yunanistan sınırını teşkil ettikten hemen sonra Arda Köprüsü mevkiinde sağ sahilinden Yunanistan'dan gelen Arda kolunu bünyesine alır. Daha sonra Edirne ili merkezi sol sahilinden gelen Tunca Nehri'ni alarak güney istikametinde akışına devam etmekte ve Ergene Nehri'yle birleşerek Ege Denizi'ne dökülmektedir.

Meriç Nehri'nin toplam uzunluğu 523 km'dir. Bulgaristan sınırları içerisinde 320 km ilerleyen nehir, Türkiye sınırlarına girdikten sonra 13 km boyunca akmakta ve 190 km boyunca Türk Yunan sınırını oluşturmaktadır.



Şekil 3.3. Meriç Havzası nehir sistemi [70].

Meriç Nehri Türkiye sınırlarına girmeden yan kolları üzerinde 8 adet baraj bulunmaktadır. Türkiye sınırına en yakın Ovcarika Barajı'dır. Meriç Nehri kolları üzerindeki barajların Türkiye'den uzaklıkları ve su tutma kapasiteleri aşağıdaki Tablo'da verilmiştir. Barajların toplam su tutma kapasitesi  $1.274 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'tür.

Tablo 3.1. Meriç Nehri üzerinde bulunan barajlar ve göl hacimleri

Baraj Adı	Uzaklık (km)	Hacim ( $\times 10^6 \text{ m}^3$ )
Ovcarika Barajı	112	140
Trakietz Barajı	130	104
Pjasacnik Barajı	208	211
Antonivonoviç Barajı	210	215
Topolnitza Barajı	220	211
Kritchim Barajı	258	18
Basıl Kolarov Barajı	258	65
Batak Barajı	280	310
Toplam su tutma kapasitesi		1.274

### 3.1.2. Arda Nehri

Arda Nehri Bulgaristan sınırları içerisinde 1455 m yükseklikte Rodop Dağları'nda doğarak Yunanistan'dan geçerek Edirne'nin batısından Türkiye topraklarına çok yakın yerden Meriç Nehri'ne katılmaktadır. Nehrin uzunluğu 290 km'dir. Havza alanı Bulgaristan'da 5.450 km<sup>2</sup>, Yunanistan'da ise 345 km<sup>2</sup>'dir [74].

Arda Nehri ana kolu üzerinde 3 adet baraj bulunmaktadır. Bu barajlardan Türkiye sınırına en yakını İvaylovgrad Barajı olup Edirne'ye olan uzaklığı 60 km'dir. Bu barajın su tutma kapasitesi 158x106 m<sup>3</sup>'tür. Arda Nehri üzerinde bulunan diğer iki baraj ise; 92 km uzaklıkta ve 489x106 m<sup>3</sup> su tutma kapasitesine sahip Studen Kladenetz Barajı ile 114 km uzaklıkta ve 539x106 m<sup>3</sup> su tutma kapasitesine sahip Kırcaali Barajı'dır. Üç barajın toplam su tutma kapasitesi 1.195x106 m<sup>3</sup>'tür.

Tablo 3.2. Arda nehri üzerinde bulunan barajlar ve göl hacimleri

Baraj Adı	Uzaklık (km)	Hacim (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Ivaylovgrad barajı	60	158
Studen Kladenetz barajı	92	498
Kırcaali barajı	114	539
Toplam su tutma kapasitesi		1.195

Türkiye'ye en yakın olan Ivaylovgrad Barajı enerji üretimi amacıyla işletilmektedir. Barajın su tutma kapasitesi diğer barajlara göre çok daha azdır. İvaylovgrad barajından önceki iki baraj'da yağış ve kar erimesi sonucu rezervuardaki su seviyesi ani yükselmekte ve fazla debi hemen mansaba verilmektedir. Bu boşaltmada Meriç Nehri'nde ani debi artışına neden olmaktadır. Bu nehir üzerindeki barajların işletme planlarının gerçekçi yapılmasıyla taşkın debilerinde öteleme yapılabilecek ve ani taşkınların önüne geçilebilecektir [68].

### 3.1.3. Tunca Nehri

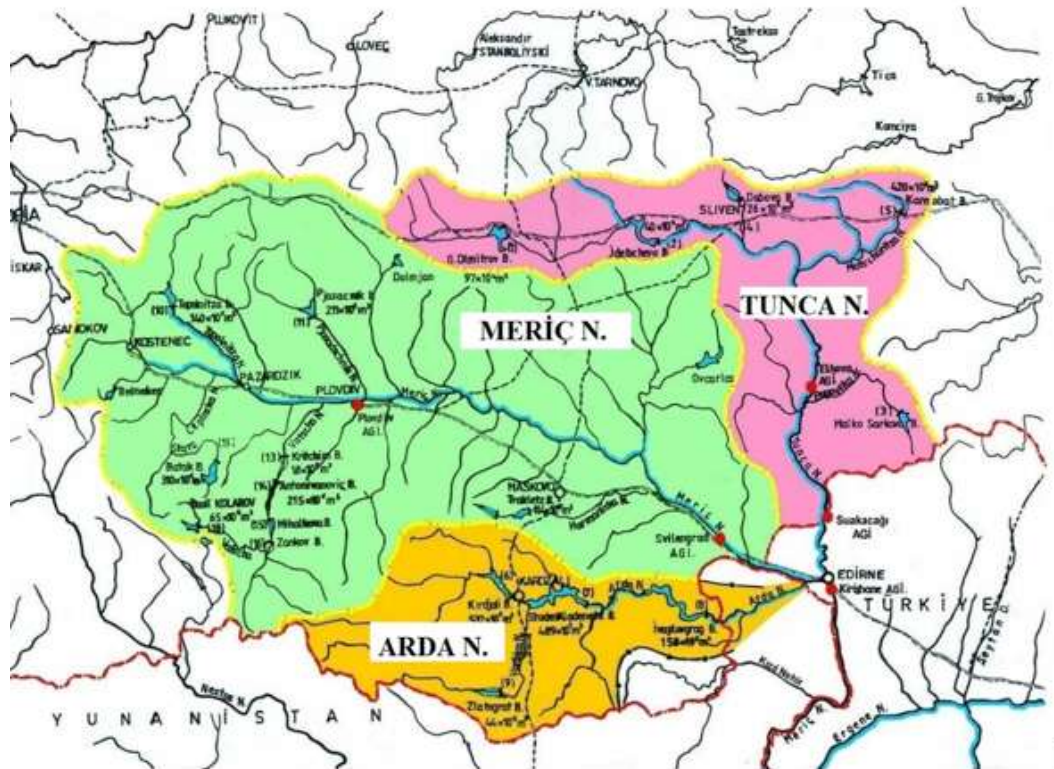
Tunca Nehri, Arda ve Ergene Nehirleri'yle birlikte, Doğu Balkanlar'ın en büyük ırmak sistemlerinden olan Meriç Havzası'nın bir bölümünü oluşturmaktadır. Tunca

Nehri'nin koca balkan dağlarının Kalofer bölümünde 1940 m yükseklikte doğmaktadır. Tunca Nehrinin Bulgaristan'daki uzunluğu 350 km, Türkiye sınırları içerisinde uzunluğu 30 km'dir. Nehir Havzasının 7.982 km<sup>2</sup> bölümü Bulgaristan'da 200 km<sup>2</sup> bölümü Türkiye sınırları içerisinde.

Tunca Nehri üzerinde 4 adet baraj bulunmaktadır. Türkiye sınırına en yakın olanı Malko Sharkovo Barajı olup Edirne'ye yaklaşık 76 km mesafededir. Tunca Nehri üzerindeki barajların toplam su tutma kapasitesi  $568 \times 10^6$  m<sup>3</sup>'tür.

Tablo 3 3. Tunca Nehri üzerinde bulunan barajlar ve göl hacimleri

Baraj Adı	Uzaklık (km)	Hacim ( $\times 10^6$ m <sup>3</sup> )
Malko Sharkovo barajı	76	45
Jdepchevo Barajı	180	400
Dimitrov Barajı	238	97
Dabova Barajı	156	26
Toplam su tutma kapasitesi		568



Şekil 3.4. Meriç Havzası içerisinde bulunan nehirlerin havzaları [75].

### 3.2. Edirne Şehir Merkezinde Meydana Gelen Tarihi Taşkınlar

Edirne şehir merkezi yerleşimi tarih boyunca 3 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar, kent merkezi, Tunca Nehri batı yakası ve Karaağaç yerleşim yerleridir. Bu yerleşim yerleri arasında yer alan Tunca ve Meriç Vadi'leri, akarsuların taşkınlarına maruz kaldığından mesire, sayfiye ve av korusu olarak kullanılmıştır[76]. Edirne ili nüfusunun artması sonucu yerleşim yerleri, bu alana yaklaştıkça taşkından etkilenme artmıştır. Edirne şehir merkezi tarihi boyunca birçok taşkına maruz kalmış ve maddi manevi zararlar meydana gelmiştir. Oluşan taşkınları üç başlık altında incelemek daha anlaşılır olacaktır.

#### 3.2.1. 1361-1509 dönemi

1361 yılında Edirne'nin fethedilmesinden 1509 yılına kadar 148 yıllık zaman içerisinde büyük taşkın meydana gelmemiştir. Günümüzde özellikle taşkın sularına maruz kalan cami, hamam, köprü, medrese, imaret gibi tarihi yapılar 1424-1451 yılları arasında II. Murat döneminde yapılmıştır.

#### 3.2.2. 1509-1920 dönemi

Bu dönemde birçok taşkın meydana gelmiştir. Oluşan taşkınlar maddi ve manevi zararlara sebebiyet vermiştir. Bu taşkınlardan kısaca bahsedecek olursak:

1509 taşkını; 27 Kasım'da Edirne'nin fethinden sonra yaşanan ilk taşkındır.

1571 taşkını; 62 yıllık dönem sonrasında taşkın meydana gelmiştir. Yağışın şiddetlenmesi sonucunda saray dairelerini sular basmış ve sarayda bulunan II. Selim taşkın sularından zorlukla kurtarılmıştır [77].

1623 taşkını; 52 yıllık dönem sonrasında taşkın meydana gelmiştir. Taşkınlar yerleşim alanlarında çok sayıda evde maddi zararlar oluşturmuştur [77].

1657 taşkını; 34 yıllık dönem sonrasında ekim ayında taşkın meydana gelmiştir.

Padişah IV. Mehmet zamanında Meriç, Arda ve Tunca Nehri sonbahar ayında taşmıştır. Tunca Nehri saray alanlarından aylarca su çekilmemiştir. Şehirde yolların sular altında kalması temel ihtiyaçların karşılanmasında zorluk çekilmiştir [77].

1747 taşkını; 90 yıllık dönem sonrasında ocak ayında taşkın afeti meydana gelmiştir. Bu taşkını Edirne halkı büyük su olarak adlandırmışlardır. Taşkında sular Ağa Hanı kapısına kadar yükselmiş ve 1500 ev yıkılmıştır. Taşkın suları 10 gün boyunca şehir merkezinden drenajı sağlanamamıştır.

1808 taşkını; 61 yıllık dönem sonrası meydana gelmiştir. Tunca taşkını neticesinde saray bahçeleri su altında kalmıştır.

1830-1831 taşkını; 12 yıllık dönem sonrasında taşkın meydana gelmiştir. Bu taşkın halk arasında “Kaysi Suyu” olarak adlandırılmıştır.

1845 Taşkını; 14 yıl aradan sonra 18 Ocak tarihinde taşkın meydana gelmiştir. Tunca, Arda, Meriç Nehirleri üçü birden uzun yıllardan beri görülmedik bir şekilde taşarak şehir merkezinde birkaç yüz ev, dükkân, iş yerlerini sular basmıştır.

1857 Taşkını; 12 yıl aradan sonra 07 Kasım tarihinde Tunca, Arda, Meriç Nehirleri taşarak, şehre büyük zararlar vermiştir.

1858 Taşkını; 1 yıl aradan sonra 22 Kasım tarihinde taşkın meydana gelmiştir.

1864 taşkını; 6 yıl aradan sonra 29 Ocak tarihinde meydana gelmiştir. Üç nehir birden taşıp yüzlerce evi su basmış, sonrada sular donarak etraf bir buz denizi haline dönmüştür.

1890 taşkını; 26 yıl aradan sonra 20 Aralık tarihinde meydana gelmiştir. Kanal açılmasıyla taşkınların önleneceği düşünülürken yağın şiddetli ve sürekli yağmurdan, üç nehir de taşmış birçok mahalle su altında kalmıştır. Belediye çernik ve kayıklarla evlere ekmek dağıtmıştır.





Şekil 3.5. 1890 taşkınında II. Beyazıt Külliyesi taşkın suları altında [78].



Şekil 3.6. Tunca Vadisi taşkın suları altında [78].

1893 taşkını; 3 yıl sonrasında taşkın meydana gelmiştir. Şiddetli lodos sonunda eriyen kar suları nehirleri taşırılmış ve Tekkekapi'dan Kirişhane'ye kadar olan su kenarındaki mahalleler sular altında kalmış tren seferleri durmuştur.

1894 Taşkını; 1 yıl aradan sonra taşkın meydana gelmiştir. Her üç nehir 20-30 seneden beri örneği görülmemiş bir şekilde taşmıştır. Karaağaç ile şehrin bağlantısı kesilmiş, haberleşme telgraf aracılığı ile yapılmıştır.



1896 Taşkını; 2 yıl aradan sonra 10 Ocak tarihinde taşkın meydana gelmiştir. Yağan karın yağmura dönüşmesi üzerine önce Arda, sonra da Meriç Nehri taşıp çevre sular altında kalmıştır.

1987 Taşkını; 1 yıl aradan sonra Mayıs ayının 16. günü yağın şiddetli yağmurlardan sonra Tunca, Arda, Meriç Nehirleri 1845 yıldaki Büyük Su denilen taşkından bu yana görülmedik şekilde taşmış ve şehrin alt mahallelerini basarak hayatı felç etmiş, büyük zararlara neden olmuştur.

1907 taşkını; 10 yıl aradan sonra Aralık ayında nehirler taşmış ve birçok mahalle ve ekili alanlar sular altında kalmıştır.

### 3.2.3. Cumhuriyet dönemi taşkınlar

Bu dönemde taşkınların oluşum periyodunun sıklaştığı gözlemlenmektedir.

1929 taşkını; 22 yıl aradan sonra 19 Şubat tarihinde taşın Meriç ve Tunca Nehirleri, Edirne'yi sular altında bırakmıştır. Edirne-İstanbul tren yolu bu nedenle kapanmıştır.

1940 taşkını; 11 yıl aradan sonra 27 Ocak tarihinde nehirler yine taşmış, her taraf sular altında kalmış ve büyük zararlara neden olmuştur [79].



Şekil 3.7. 1940 Taşkınına ait fotoğraf [80].

1945 taşkını; 5 yıl aradan sonra 19 Ocak tarihinde Meriç, Arda ve Tunca Nehirleri'nin üçü birden uzun yıllardan beri görülmedik bir şekilde taşarak, şehirde birkaç bin ev, dükkân ve iş yerini sular altında bırakmıştır. Bu taşkın halk arasında Büyük Su adıyla anılır olmuştur.

1946 Taşkını; 1 yıl aradan sonra 5 Mart tarihinde sürekli yağışlar sonucu Meriç, Tunca ve Ergene Nehirleri taşmıştır. Taşkın sonucunda bir kısım ekili tarım arazisi ve civardaki yerleşim yerleri su altında kalmıştır. Normal seviyesi 2,50 m olan Tunca nehri, 4,06 m ve Meriç Nehri seviyesi de Edirne'de 4,36 m olmuştur [76].

1947 taşkını; 27 Ocak ve 5 Şubat tarihlerinde taşkınlar meydana gelmiştir. Ekmekçiöğlü Ahmet Paşa'nın yaptırmış olduğu tarihi Tunca Köprüsü yıkılmıştır. Tunca'nın taşkın sularının şiddetli akışına dayanamayıp, köprünün orta kemerlerini taşıyan ayaklarının yıkılması ile köprü orta yerinden çökmüştür. Çöküşe esas sebep dev buz kitleleri köprü gözlerini tıkayarak köprü membaında adeta barajlama yapmak suretiyle yüksek bir su itme gücü oluşturmuştur. Edirne'de Yıldırım, İmaret ve Saraçhane semtlerini basmış ve ulaşımı kesmiştir. Gidiş ve gelişler uzun süre kayıklarla ve güçlkle yapılmış, daha sonra nehir üzerine geçici bir ahşap köprü kurulmuştur.



Şekil 3.8. 15 Şubat 1947 taşkının Tunca Köprüsü'nün yıkılmış görüntüsü [71].

1950 taşkını; 1950 yılında iki adet taşkın meydana gelmiştir. İlki 4-5 Mart tarihinde iki nehir arasındaki arazi tamamen sular altında kalmıştır. Kazanova ve Saraçhane civarındaki ev ve araziler taşkın sularına maruz kalmıştır. ikincisi ise; Taşkın suları Pazaryeri, Gölmahalle, Saraçhane, Yeni İmaret, Elektrik fabrikası civarı, Yıldırım, Kirişhane ve Gazimihal'e yayılmıştır. Bu taşkında 30.000 da kadar arazi sular altında kalmıştır [79].

1953 Taşkını; 10 Ekim tarihinde sürekli yağışlar sonucunda Meriç Nehri yatağından taşarak Edirne ve İpsala civarında taşkınlara ve zararlara sebebiyet vermiştir. Edirne'de meydana gelen seller neticesinde 5 ev yıkılmış, sokakları sular basmıştır.

1954 Taşkını; 23 Şubat, 5 Mart ve 20-21 Kasım tarihlerinde Sarayıçi sularla dolmuş ve nehir kıyısında bulunan bazı sebze bahçeleri su istilâsına uğramıştır. Saraçhane başında 17 dükkân 3 han tahliye edilmiştir. Bütün sebze bahçeleri Kazanova, Tekkekapi civarında ekilmiş tarlalar sularla kaplanmıştır. Nehir kıyılarında bulunan evlerden bir kısmı tahliye edilmiştir. Yıldırım ve Yeni İmaret semtleri ile irtibat Saraçhane Köprüsün'den temin edilmiştir [79].

1955 Taşkını; 11 Ocak tarihinde Büyük Su Baskını olarak adlandırılan taşkın büyük bir felaket haline gelmiştir. 5 m'ye yükselen sular şehrin kenar mahalleleri taşkın suları altında kalmıştır. Açıkta kalanlar barınacak yer bulmakta zorluk çekmiş ve korkudan ağaçlara çıkarak saatlerce beklemişler, sonrasında kayıklarla kurtarılmışlardır.

1956 taşkını; 2 Şubat tarihinde meydana gelen taşkında yaklaşık olarak Tunca Nehrin'den 20.000 da, Meriç'ten 347.250 da, Ergene ile kollarından 256.750 da olmak üzere toplam 624.000 da arazi su altında kalmıştır [79].

1963 taşkını; Meriç Nehri Ege Denizi'ne kadar 127.266 dekar araziye su altında bırakmıştır. Zarar daha çok tarım ürünlerinde ve kıyı oyulması suretiyle tarım arazilerinde, muhtelif ağaçlarda, sedde ve yollarda görülmüştür [77].

1966 taşkını; 9 Aralık tarihinde meydana gelen taşkında köyler arasında ulaşım ve haberleşme durmuş, irtibat ancak kayıklarla sağlanabilmiştir. Ayrıca ana yol da trafiğe 4-5 gün kapalı kalmıştır. 7-8 yaşlarında iki çocuk sulara kapılarak boğulmuştur [79].

1981 Taşkını; Ocak ve Şubat aylarında Edirne ve çevresinde 13 Ocak 1981 günü başlayan sürekli yağışlar, 23 Ocak 1981 gününe kadar devam etmiştir. Şubat ayının ilk haftasında tekrar başlayan yağışlar kar yağışına dönüşmüştür. Hava sıcaklığının yükselmesi ile kar erimeye başlamış ve taşkın oluşmuştur.

1984 taşkını; Edirne-Karaağaç yolunun 1,5 km'sinde su yüksekliği 60 cm'yi aşmış, ulaşım iki gün süreyle askeri kariyerlerle sağlanmıştır. 28.457 ha tarım arazisi su altında kalmış, hemen hemen bütün yazlık seddeler ile birlikte ana seddelerin birkaç yeri patlamış; 68 köy ve mahalle, 7 şahıs çiftliği, tarım alanları ve açık cezaevi zarar görmüştür. 6-10 Mart 1984 Meriç Nehri taşkınında toplam hasarın 782.875.000 TL olduğu hesaplanmıştır. Taşkında gözlemlenen debi 2.476 m<sup>3</sup>/sn'dir [79].



Şekil 3.9. 1984 taşkını Edirne-Karaağaç yolu [71].

2005 Taşkını; Tunca, Meriç ve Arda Nehir Havzaları'ndaki kar örtüsünün erimesi, şaganak yağışlar ve Bulgaristan Devleti'nin mevcut barajlarından su bırakması neticesinde 15 Şubat- 07 Mart 2005 tarihleri arasında taşkınlar meydana gelmiştir. 15

Şubat - 07 Mart 2005 tarihleri arasında 20 günlük periyotta arka arkaya yaşanan dört taşkın üç tanesi son 21 yılın en yüksek taşkınları olarak tespit edilmiştir. 2005 yılında oluşan taşkınlarda seddeler de yarılmalar meydana gelmiştir [66].

2006 Taşkını; 11-20 Mart tarihinde Meriç, Arda ve Tunca Nehirleri taşmıştır. Edirne Merkezde 1.791 m<sup>3</sup>/sn, İpsala'da 2.632 m<sup>3</sup>/sn debi ölçülmüştür. 40.000 ha tarım arazisi sular altında kalmıştır [63].

2010 taşkını; 16.02.2010 tarihinde meydana gelen taşkın Bulgaristan'ın baraj kapaklarını açması ve aşırı yağışlar sonucunda Meriç ve Tunca Nehri Köprüleri ulaşımına kapatılmıştır. Karaağaç mahallesine ulaşım askeri araçlarla sağlanmıştır. Meriç Nehri taşkın debisi 1.519 m<sup>3</sup>/sn olarak ölçülmüştür.

2015 taşkını; 02.02.2015 tarihinde meydana gelen taşkında maksimum debi 2.149 m<sup>3</sup>/sn olarak ölçülmüştür. DSİ 11. Bölge Müdürlüğü'nün yapmış olduğu kışlık seddelerin bu debiyi rahat bir şekilde karşıladığı görülmüştür. Seddeler'in arkasında oluşan su birikintilerinin sedde altından sızan nehir sularından oluştuğu gözlenmiştir [23].

### **3.3. Taşkınlarının Önlenmesinde Yapılan Uluslararası Antlaşmalar**

Meriç Nehri Havzası Türkiye, Yunanistan ve Bulgaristan sınırları içerisinde yer almaktadır. Nehirler sınır aşan ve sınır oluşturan durumları sebebiyle ülkeler arasında tarih boyunca birçok ikili anlaşmalar mevcuttur. Kurak dönemlerde su ihtiyacının karşılanması, ıslak dönemlerde ise taşkınlardan korunmak için Türkiye ile Yunanistan ve Bulgaristan arasında su ilişkileri antlaşmaların başlıca konularını oluşturmuşlardır [82].

#### **3.3.1. Türkiye-Yunanistan arasında yapılan antlaşmalar**

“Meriç-Evros Irmağı'nın Her İki Kıyısında Yapılacak Hidrolik Tesisatın Tanzimine Müteallik İtilaf” isimli anlaşma 20.06.1936 tarihinde Ankara'da imzalanmıştır.

05.05.1937 tarihinde her iki tarafın onaylaması ile yürürlüğe girmiştir. Meriç Nehri her iki kıyısında yapılacak olarak taşkın koruma yapıları II. Dünya Savaşı'nın başlamasından dolayı uygulama 1950 yılında Amerikan firmasına verilmiştir[83]. Anlaşma kapsamında Harza projesi isimli taşkın koruma yapıları planlanmıştır. Taşkın koruma seddeleri yapılmış fakat iki ülke arasında oluşan Kıbrıs sorunu nedeniyle kıyı düzenlemeleri ve koruma çalışmaları tamamlanamamıştır.

"Türk - Yunan Trakya Hududunun Mühim Kısmını Tayin Eden Meriç Nehri Mecrasının Islahı Dolayısıyla Hudut Tahsisine İlişkin Protokol" 1950 yılında hazırlanan ve Kıbrıs sorunu nedeniyle tamamlanamayan Master Planı uygulanabilmesi için 19.01.1963 tarihinde imzalanmıştır. Bu anlaşmada ülkeler arasında çıkabilecek anlaşmazlıkların ortak teknik komisyonla çözümleneceği hükme bağlanmıştır. Harza projesi kapsamında Edirne şehir merkezi bölümünde Tunca Sol Sahil, Edirne Ana, Kirişhane, Kazanova I ve II, Karaağaç seddeleri 1966 yılında tamamlanmıştır [66].

### **3.3.2. Türkiye – Bulgaristan arasında yapılan anlaşmalar**

"Türkiye Cumhuriyeti ile Bulgaristan Halk Cumhuriyeti Arasında Hudut Olaylarının Önlenmesi ve Halli ile Hudut İşaretlerinin Bakımı Hakkında Antlaşma" 28.12.1967 tarihinde imzalanmıştır.

"Türkiye Cumhuriyeti ile Bulgaristan Halk Cumhuriyeti Arasında, İki Memleket Topraklarından Akar Nehirlerin Sularından Faydalanmada İşbirliği Yapılması Konusunda Antlaşma" 23.10.1968 tarihinde imzalanmıştır. Anlaşma iki ülke sınırları içerisinde akan suların kullanımında işbirliği, taşkın koruma ve veri paylaşımı, hidrolojik ve meteorolojik veri paylaşımını içermektedir.

"Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Bulgaristan Halk Cumhuriyeti Arasında Uzun Vadeli Ekonomik, Teknik, Sanayi ve Bilimsel İşbirliği Antlaşması" 13.11.1975 yılında imzalanmıştır. Anlaşmada sınırı aşan su kaynaklarının birlikte kullanımını içermektedir.

“1993 Kuraklığının Olumsuz Etkilerini Azaltmak için Su Alanında Yardım ve İşbirliği Anlaşması” 1993 yılında kuraklığın olumsuz etkilerini önlemek için bir defaya mahsus Bulgaristan’dan su satın alınmıştır.

2002 yılında DSİ ve Bulgaristan Ulusal Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü (NIHM) arasında bir protokol imzalanmıştır. Bu protokole Taşkın Erken Uyarı sisteminin kurulması kararlaştırılmıştır.

14.10.2006 tarihinde -DSİ Genel Müdürlüğü ile Bulgaristan Ulusal Hidroloji ve Meteoroloji Enstitüsü (NIMH) arasında protokol imzalanmıştır. Bu protokole göre DSİ tarafından Arda Nehri üzerinde Ivoylavgrad Barajı mansabında, Meriç Nehri üzerinde Plovdiv ve Svilengrad ile Tunca Nehri üzerinde Elhova’ Akım Gözlem İstasyonları tesis edilmiştir. Bu istasyonlar sayesinde nehirlerdeki su miktarları ölçülmek suretiyle taşkın erken uyarısı yapılmaktadır [66].

#### **3.4. Mevcut Taşkın Koruma Seddeleri**

Edirne şehir merkezinde oluşan taşkınlarda alınan yapısal önlemlerin en önemlisi Meriç ve Tunca Nehirleri sağ ve sol sahillerine yapılan seddeler oluşturmaktadır. Yapılan seddeler Meriç ve Tunca Nehirleri’nin Edirne şehir merkezinden geçtiği kısımlarda nehirlerin sağ ve sol sahil kıyıları boyunca seddeler inşa edilmiştir. Seddelerin konumları ve isimleri şekil 3.10’da verilmiştir.



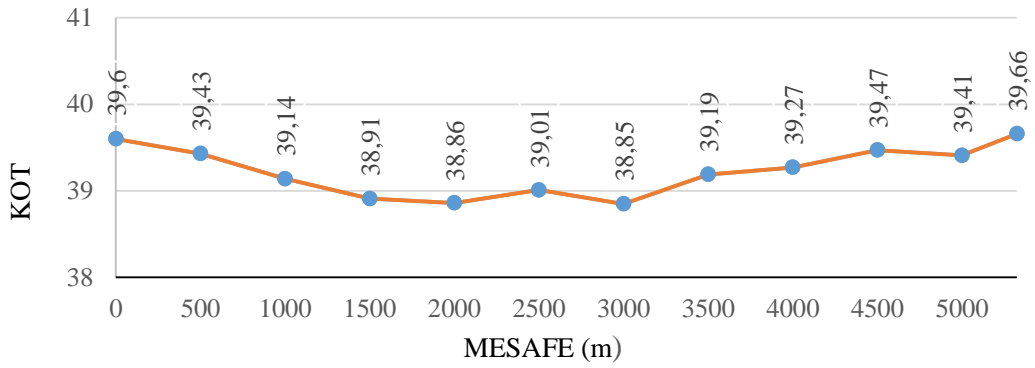


Şekil 3.10. Edirne şehir merkezinde mevcut sedde konumları ve isimleri.

### 3.4.1. Kazanova – 1 Seddesi

30.11.1957 tarihinde inşa edilmiştir. Ortalama 3,80 m yüksekliğinde, 4,00 m kret genişliğinde 5.325 m uzunluğundadır. Kazanova-1 Seddesi her iki yönde de 1/2,5 eğiminde tasarlanmıştır. Sedde Edirne mahallelerini taşkından korumaktadır. Seddenin memba ve mansap kısımları doğal bitki örtüsü ile kapatılmıştır. Seddede 2011 yılında tekrar revizyon yapılmış, yaklaşık olarak 1m yükseltilmiş ve memba şevi borulanmaya karşı güçlendirilmiştir.

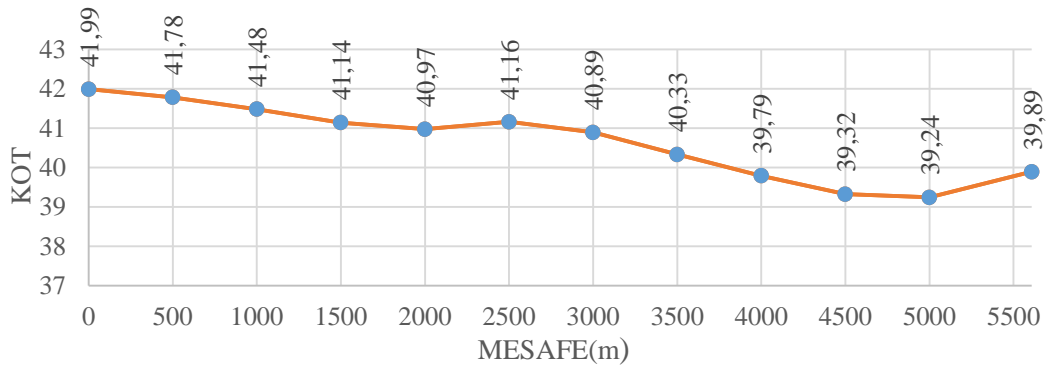




Şekil 3.11. Kazanova 1 Sedde kret kotları ve boy profili.

### 3.4.2. Kazanova – 2 Seddesi

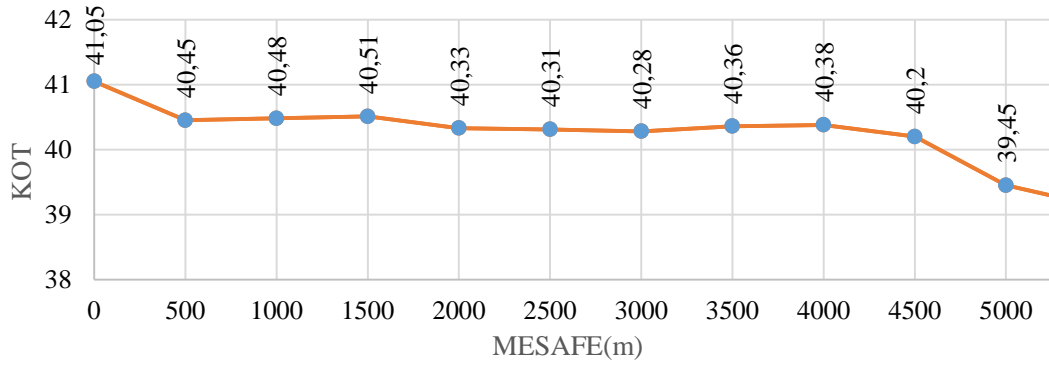
1962 yılında kazanova-1 Seddesi'nin devamı olarak inşa edilmiştir. Sedde ortalama 3.80 m yüksekliğinde 4.00 m kret genişliğinde 5.610m uzunluğundadır. Sedde kazanova-1 Seddesi ile aynı şev eğimlerine sahip olup yaklaşık olarak 4.000 dekar tarım arazisini taşkınlardan korumaktadır. 2011-2012 yılları arasında revizyon yapılmış olup memba kısmı kil malzeme ile yaklaşık olarak 1 m yükseltilmiş taşkın anında borulanmaya karşı önlem alınmıştır.



Şekil 3.12. Kazanova 2 Sedde kret kotları ve boy profili.

### 3.4.3. Edirne ana Seddesi

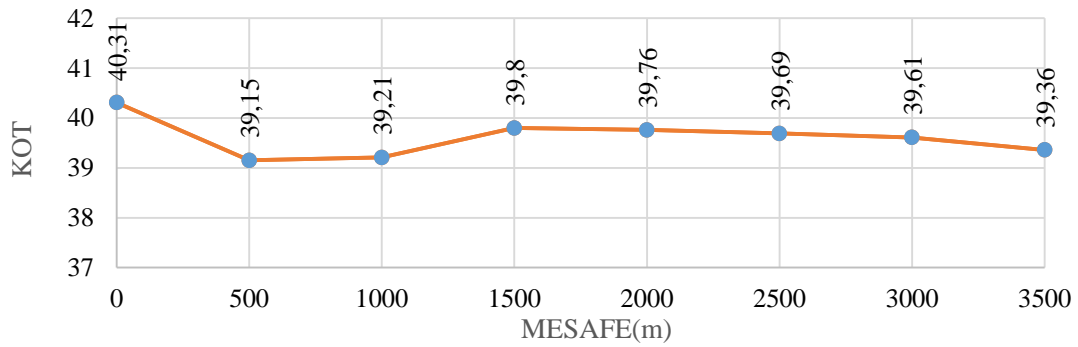
1955-1956 tarihleri arasında inşa edilmiştir. Sedde yüksekliği ortalama 4,75 m, 4,00 m kret genişliği ve 5.245 m uzunluğundadır. Edirne şehir merkezini Meriç ve Tunca taşkınlardan korumak amacıyla inşa edilmiştir. Edirne ana Seddesi aynı zamanda Edirne ile Karaağaç yerleşim yerlerinin ulaşımını da sağlamaktadır.



Şekil 3.13. Edirne ana Seddesi kret kotları ve boy profili.

#### 3.4.4. Tunca sol sahil Seddesi

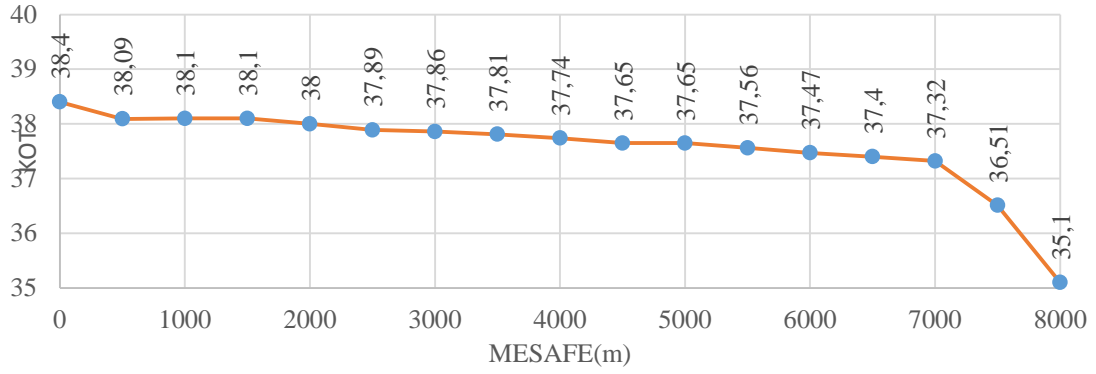
1958 tarihinde Edirne şehir merkezini Tunca Nehri taşkınlarından korumak amacıyla inşa edilmiştir. Seddenin yüksekliği ortalama 4,10 m kret genişliği 4,00 m ve 6.977 m uzunluğundadır. Sedde şev eğimleri memba ve mansap kısımlarında 1/2.5 olacak şekilde tasarlanmıştır. Sedde yaklaşık olarak 3.125 dekar tarım arazisini taşkınlerden korumaktadır. Ayrıca sedde yapımında Tunca Nehri için yapay nehir yatağı açılmıştır.



Şekil 3.14. Edirne ana Seddesi kret kotları ve boy profili.

#### 3.4.5. Kirişhane Seddesi

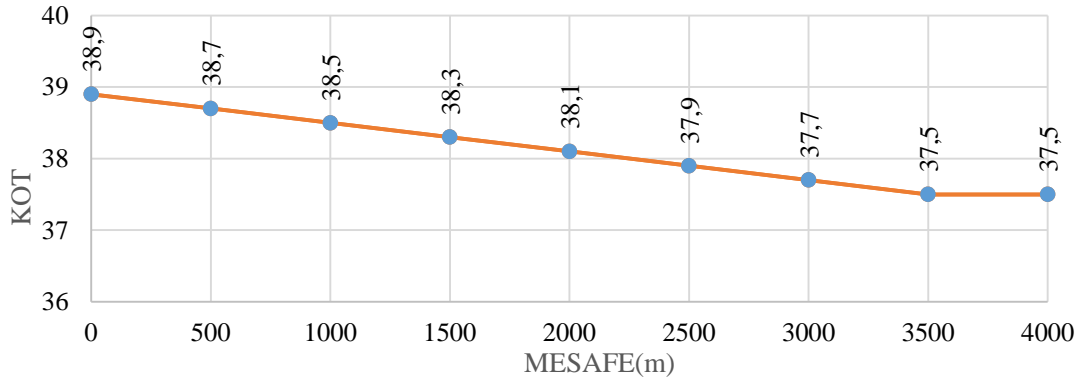
1960 tarihinde yaklaşık 10.000 dekar tarım arazisini taşkınlerden korumak amacıyla inşa edilse de günümüzde yerleşim yerlerini de Meriç ve Tunca Nehri taşkınlarından korumaktadır. Kirişhane Seddesi 3,75 yüksekliğinde 4,00 m kret genişliğinde ve 12.176 m uzunluğunda inşa edilmiştir. Memba ve mansap şev eğimleri diğer seddelerle aynı olup 1 /2,5'dir. Sedde 2012 yılında revizyon yapılarak Edirne ana Seddesi kret kotu seviyesine güçlendirme yapılarak yükseltilmiştir.



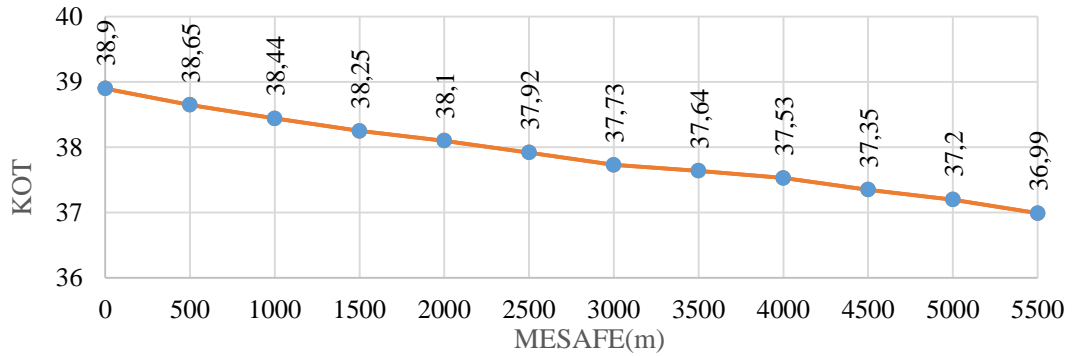
Şekil 3.15. Kirişhane Seddesi kret kotları ve boy profili.

### 3.4.6. Karaağaç Seddesi

Karaağaç Seddesi 1955-1959 yılları arasında Bosna Köyü'nü ve tarım arazilerini Meriç Nehri taşkınlarında korumak amacıyla yapılmıştır. Sedde 3,90 m yüksekliğinde 4,00 m kret genişliğinde ve 5.858 m uzunluğundadır. Sedde şevi 1 /2,5 olarak tasarlanmıştır. Kirişhane Seddesi'nin bittiği yerde Türkiye-Yunanistan sınırı ve Yunanistan'a ait Oriestas Seddesi başlamaktadır.



Şekil 3.16. Karaağaç Seddesi Ardakule kret kotları ve boy profili.



Şekil 3.17. Karaağaç Seddesi Bosnaköy kret kotları ve boy profili.

## **BÖLÜM 4. YÖNTEM VE KULLANILAN YAZILIM**

Suyun akışı doğal bir ortamda sayısal yöntemler kullanılarak hesaplanabilmektedir. Bu yöntemler, suyun akışı ile ilgili iki temel denklem olan süreklilik ve hareket denklemleri kullanılarak elde edilmektedir. Bu denklemlerin ilişkilendirilmesi ile 3 boyutlu karmaşık akışların çözümlenmesinde kullanılan Navier-Stokes Denklemleri elde edilmektedir. Karmaşık olmayan 1 ve 2 boyutlu akışların çözümlenmesinde ise basitleştirilmiş St. Venant Denklemleri kullanılarak akış hesaplanabilmektedir. Daha önceleri bilgisayar kapasitelerinin sınırlı olması ve St. Venant Denklemlerinin hesaplamayı kolaylaştırmasından ötürü kullanılıyordu. Son gelişmeler ile bilgisayar kapasiteleri 2 boyutlu çalışmalar yapmaya uygun hale gelmiştir. 2 boyutlu modeller kompleks topografyalarda daha doğru sonuçlar vermekte fakat kapasite büyüklüğü ve nehir yatağında bulunan yapıların modellenmesi açısından da olumsuzlukları beraberinde getirmektedir.

1 ve 2 boyutlu modelin birlikte bütünleşik olarak çalıştırılması ile bu iki modelin avantajlarından yararlanılmaktadır. Hidrolik modeller oluşturulurken, modelde kullanılacak verilerin toplanması, veri kalitesi, kullanılan programların verdiği strabilite hataları gibi birçok belirsizlikler ile karşılaşılmaktadır. Bu belirsizlikler göz önünde bulundurularak modeller tasarlanmalı ve gerekli kalibrasyonlar yapıp ona göre model seçilmelidir.

### **4.1. Hidrolik Model Yapısı**

Akışkanın hareketi, sayısal hidrolik modellemesi Süreklilik ve Navier-Stokes Denklemleri ile çözümlenmektedir. Süreklilik Denklemi, Denklem 4.1 de gösterilmiştir.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4.1)$$

Denklemdede:

$\rho$  ; akışkanın yoğunluğunu, x,y,z; kartezyen koordinatlarını, u,v,w; ise sırasıyla x,y ve z doğrultusundaki hızlarını ifade etmektedir.

Hareket denklemleri ise Navier-Stokes Denklemlerinin (Denklem 4.2-4.4) üretilmesinde kullanılmaktadır.

$$\rho g_x + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} = \rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (4.2)$$

$$\rho g_y + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} = \rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (4.3)$$

$$\rho g_z + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} = \rho \left( \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (4.4)$$

Denklemlerde:

$\sigma$  ve  $\tau$  sırası ile normal ve kayma gerilmelerini, g ise yerçekimi ivmesini ifade etmektedir.

Süreklilik ve hareket denklemlerinin her ikisi de, hareket halindeki veya kararlı haldeki akışkanlar için kabul edilir. Herhangi bir sıkıştırılmaz Newtonyen akışkan için gerilmeler, deformasyon oranı ile doğrusal olarak ilişkilidir. Bu ilişki Denklem 4.5-4.10 arasında gösterilmiştir.

$$\sigma_{xx} = -p + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad (4.5)$$

$$\sigma_{yy} = -p + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad (4.6)$$

$$\sigma_{zz} = -p + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \quad (4.7)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (4.8)$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \quad (4.9)$$

$$\tau_{zx} = \tau_{xz} = \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (4.10)$$

Denklemlerde:

$p$ ; akışkan basıncını,  $\mu$ ; dinamik viskoziteyi göstermektedir.

Navier-Stokes Denklemleri, Denklem 4.5-4.10'un Denklem 4.2-4.4'de yerine yazılması ile elde edilir. Navier-Stokes Denklemleri, Denklem 4.11-4.13'te verilmiştir.

$$\rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \rho g_x + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (4.11)$$

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \rho g_y + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (4.12)$$

$$\rho \left( \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g_z + \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (4.13)$$

Navier-Stokes denklemleri ile süreklilik denklemleri sıkışmaz newtonyen akışkanların hareketini tanımlayan denklemlerdir. Fakat Navier-Stokes denklemlerinin çözümlenmesi oldukça karmaşıktır. Bu yüzden taşkın yatağı akışı 3 boyutlu olmasına rağmen, tercih edilen metotlar daha basit olmaktadır [84].

#### 4.1.1. 1 Boyutlu akış modeli

Akarsu hidrolik modelleme için en sık kullanılan yaklaşım Saint-Venant Denklemleri'nin 1 boyutlu sonlu farklar yöntemidir [84]. Saint-Venant Denklemleri Denklem 4.14 ve 4.15'de gösterilen kütle korunumu ve momentum korunumu ilkesine dayanmaktadır.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (4.14)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uQ) + gA \left( \frac{\partial h}{\partial x} - S_0 \right) + gAS_f = 0 \quad (4.15)$$

Denklemlerde:

Q; debi, A; kesit alanı, u; boykesit doğrultusundaki hızı, h; akış derinliğini, S<sub>0</sub>; kanal eğimini, S<sub>f</sub>; sürtünme eğimini ifade etmektedir.

Saint-Venant Denklemlerin 1 boyutlu çözümleri çeşitli varsayımları esas alarak türetilmiştir. Buna göre; akış tek boyutludur. Kesit boyunca su seviyesi yataydır. Nehir yatağında mendereslenme az ve dikey doğrultudaki ivme ihmal edilmektedir. Sürtünme ve türbülans etkisi, pürüzlülük ilkelerine uygun şekilde hesaplanmalıdır. Nehir yatağının eğimi küçük olmalıdır [85].

#### 4.1.2. 2 Boyutlu akış modeli

1 boyutlu modellerin pratik olmasına rağmen beraberinde getirmiş olduğu limitler yüzünden Navier-Stokes Denklemleri için 2 boyutlu derinlik ortalaması kodları geliştirilmiştir. Derinlik ortalaması Navier-Stokes sığ su Saint-Venant denklemleri olarak da adlandırılmaktadır. Bu denklemlerden, 2 boyutlu sayısal kümelerin sınıflandırılması veya basitleştirilmiş tahminler yapılabilir [86].

Mevcut araştırmanın amacı yerel ölçekte doğru taşkın yayılım datası sağlamak olduğundan, sayısal modelin çözümlenmesinde, Full Dynamic Saint-Venant

denklemleri'nin uygulanması gerekmektedir. Denklem 4.16 - 4.18 arasında Saint Venant Denklemleri verilmiştir. Denklem 4.16 süreklilik, Denklem 4.17 ve 4.18 ise momentumun korunumu denklemlerini temsil etmektedir.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hU)}{\partial x} + \frac{\partial(hV)}{\partial y} = 0 \quad (4.16)$$

$$\frac{\partial(hU)}{\partial t} + \frac{\partial(hUU)}{\partial x} + \frac{\partial(hVU)}{\partial y} = \frac{\partial(hT_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(hT_{xy})}{\partial y} - gh \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\tau_{hx}}{\rho} \quad (4.17)$$

$$\frac{\partial(hV)}{\partial t} + \frac{\partial(hUV)}{\partial x} + \frac{\partial(hVV)}{\partial y} = \frac{\partial(hT_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(hT_{yy})}{\partial y} - gh \frac{\partial z}{\partial y} - \frac{\tau_{hy}}{\rho} \quad (4.18)$$

Denklemlerde:

$U$  ve  $V$ ; sırasıyla  $x$  ve  $y$  doğrultusundaki ortalama derinlikteki hızı,  $T_{xx}$ ,  $T_{xy}$  ve  $T_{yy}$ ; ortalama derinlikteki türbülans gerilmesini,  $z$ ; su yüzü kotunu,  $\tau_{hx}$ ,  $\tau_{hy}$ ; sürtünmeden dolayı oluşan yatak kayma gerilmesini ifade etmektedir [87].

## 4.2. Numerik Modelleme

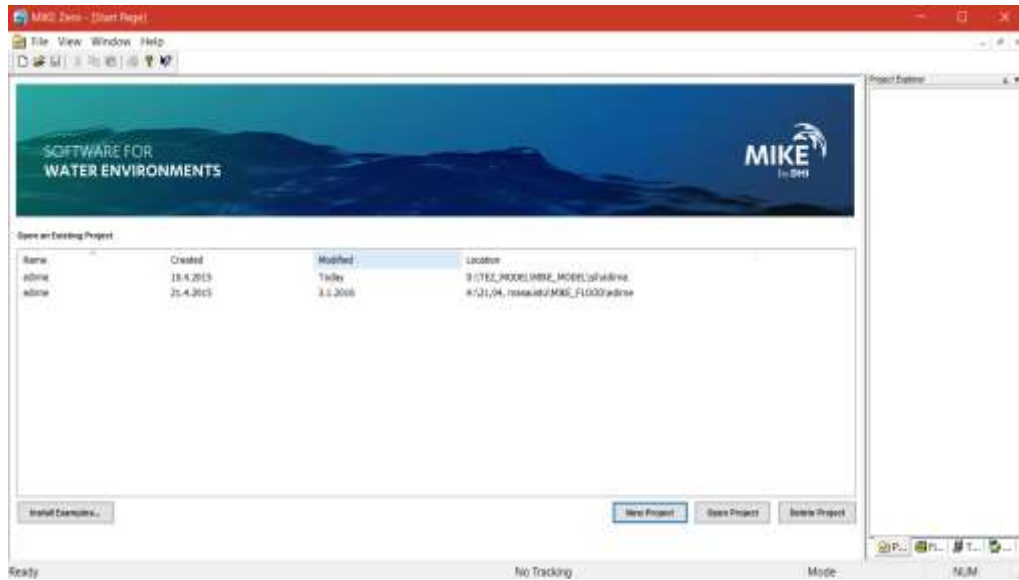
Çalışmada dere yatağının taşkın simülasyonunda Mike 11 yazılımı kullanılmıştır. Ancak derenin yerleşim alanına girdiği kısımdan itibaren Mike 11 yazılımı Mike 21 yazılımı ile bütünleşik olarak kullanılmıştır. Bütünleşik olarak kullanılan bu modelleme sistemi Mike Flood olarak adlandırılmaktadır.

2D çözümün uygulandığı kısımda batimetri dosyası oluşturularak grid çözünürlüğü 1m olarak tanımlanmış ve hesaplama ağı (computational mesh) dere kanalına yakın kesimde çok sık uzak kesimde ise simülasyon hassasiyetini etkilemeyecek şekilde daha seyrek alınmıştır. Diğer kısımlarda ise 1D kullanılmış olup bu kısım sadece dere içerisindeki suyun hareketini algılamak amacıyla yapılmıştır.



### 4.3. Kullanılan Yazılımın Tanımı

Mike Zero DHI yazılımlarının Windows ile bütünleşik Grafiksel Kullanıcı Arayüzü (GUI: Graphical User Interface). Bu arayüz ile simülasyonların girdi dosyalarının hazırlanması, analizlerinin yapılması ve işlenmesi, sunum ve görselleştirme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.



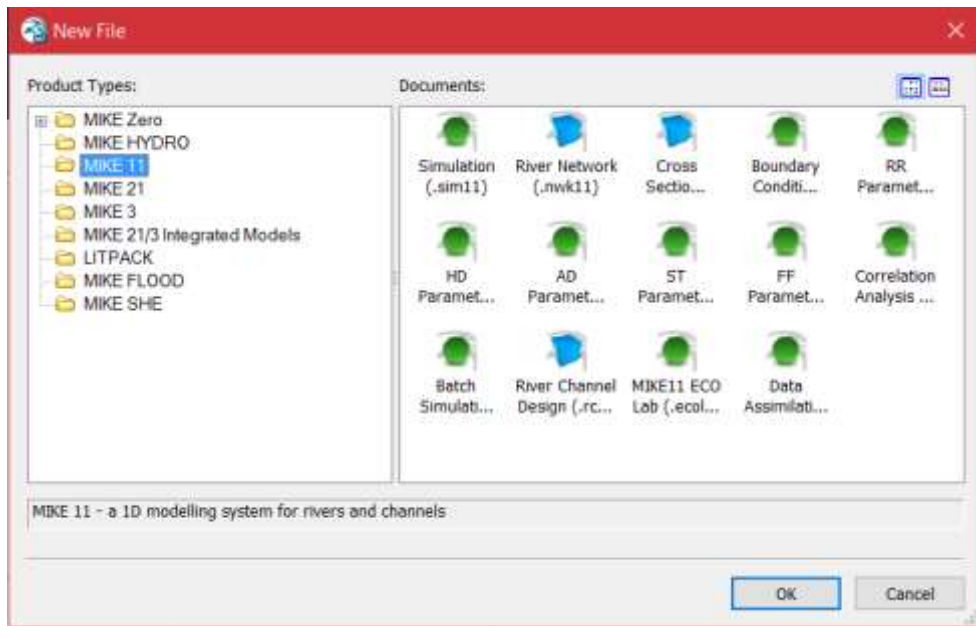
Şekil 4.1. Mike Zero grafiksel kullanıcı arayüzü.

Mike Zero aracılığıyla aşağıdaki DHI modelleme sistemlerine ulaşmak mümkündür.

- Mike 11 – Kanal ve nehirler için bir boyutlu (1D) modelleme sistemi
- Mike 21 – Kıyı, körfez ve denizler için iki boyutlu (2D) modelleme sistemi
- Mike 3 – Deniz dibi, körfez ve kıyı suları için üç boyutlu (3D) modelleme sistemi
- Mike 21/3 Bütünleşik model
- Mike Flood – Taşkın analizi için 1D ve 2D modelleme sistemi
- LITPACK – Kıyı kinetiği modelleme sistemi
- Mike SHE – Yer altı ve Yüzey suları bütünleşik modelleme sistemi

### 4.3.1. Mike 11

Mike 11 modelinin Hidrodinamik (HD) modülü sonlu farklar yöntemi ile çalışarak nehirlerde durağan olmayan akım hallerini çözebilmekte, yerel akım koşullarına uyarlanan sayısal yöntemler ile hem sel hem de nehir rejimlerindeki akımları modelleyebilmektedir. Model çözüm sistemi, dikey homojen akım koşullarının yer aldığı hem dik hem de düşük eğimli nehirlerde uygulanabilmektedir.



Şekil 4.2. Mike 11 file tabı.

Mike 11 HD modülünde süreklilik ve momentum denklemleri şu veriler kullanılarak çözülmektedir; Havza, nehir ve taşkın alanlarının topoğrafyası (kesit verileri, nehir kolları orta noktalarının x ve y koordinatları), Hidrolik veri (su yükseklikleri ve debi hidrografları, anahtar eğrileri, büyük taşkınlar için pik debide su yükseklikleri) ve son olarak arazide ve nehir yatağında yapılan değişiklikler.

Model, araziden alınan ve SYM (Sayısal Yükseklik Modeli)'den çıkartılan kesitlerle akarsu kollarında ve sel yataklarında su yüksekliklerini hesaplamaktadır. Daha sonra, yine Mike 11 modelleme sistemi için yazılmış ve Mike 11 HD modülü sonuçlarını kullanarak çalışan CBS tabanlı bir program olan Mike 11 GIS programı kullanılarak

taşkın haritaları çıkartılmaktadır. Mike 11 GIS programında taşkın haritaları herhangi bir saat ve gün için çıkartılabilmektedir.

Bu işlem için üç aşama vardır;

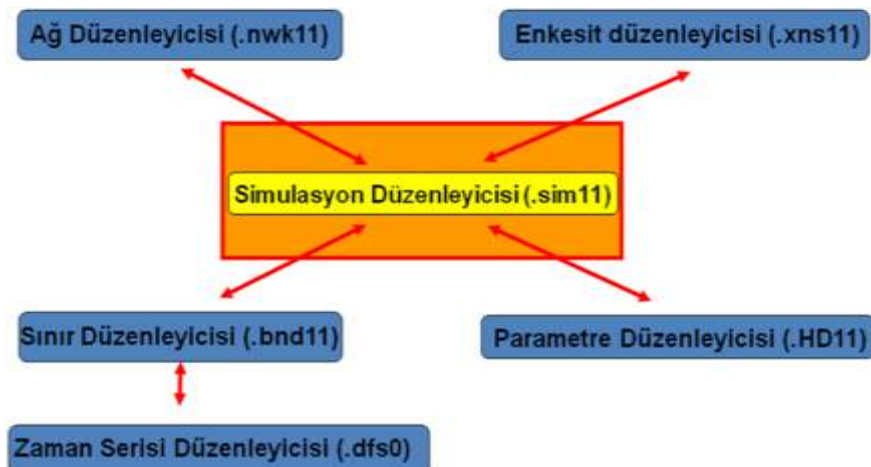
- Havzanın sayısal yükseklik modelini oluşturmak,
- Mike 11 HD modülü çıktılarını CBS kısmına entegre etmek,
- Su kotları ve SYM üzerindeki kot farklarını hesaplamak.

#### 4.3.1.1. Simülasyon düzenleyicisi

Mike 11 modelleme sistemi içerisinde Simülasyon Düzenleyicisi (Simulation Editor)'nin üç temel görevi bulunmaktadır;

- Simülasyon ve hesaplama için kontrol parametrelerinin ayarlanması ile ilgili görevleri içermekte,
- Simülasyonun başlatılması amacıyla kullanılmakta,
- Ağ düzenleyicisi ile diğer Mike 11 (Enkesit, Sınır koşulları, Hidrodinamik parametre) düzenleyicileri arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır.

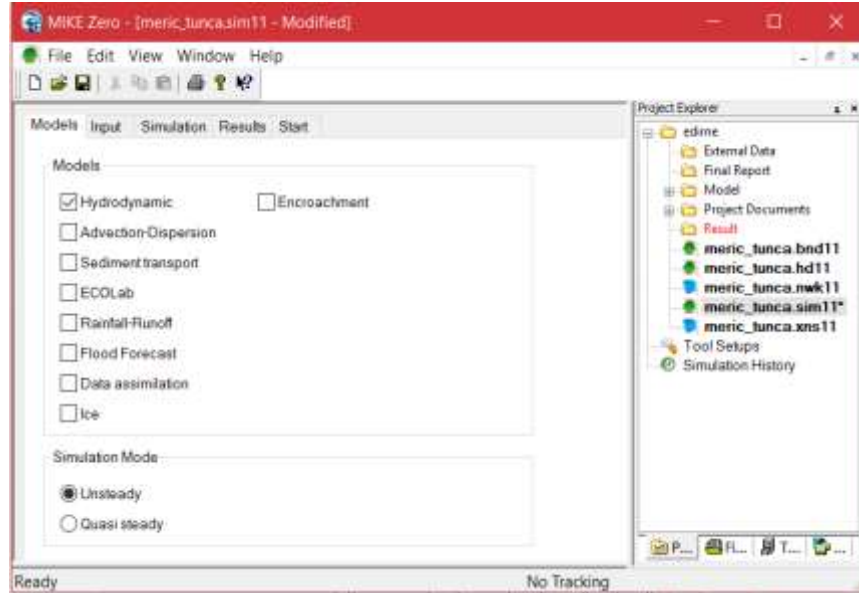
Simülasyon düzenleyicisi sırasıyla Models, Input, Simulation, Results ve Start olmak üzere 5 “tab” tan oluşmakta ve Mike 11 simülasyon sistemini yönetmektedir.



Şekil 4.3. Simülasyon düzenleyicisi ile diğer düzenleyicilerin ilişkisi.

Mike 11 tablalarının işlevlerinden bahsedecek olursak;

**Models:** Models tab'ı içerisinde Mike 11 simülasyon sistemi içerisinde hangi modellemelerin hangi modelleme modunda yapılacağı seçilmektedir.

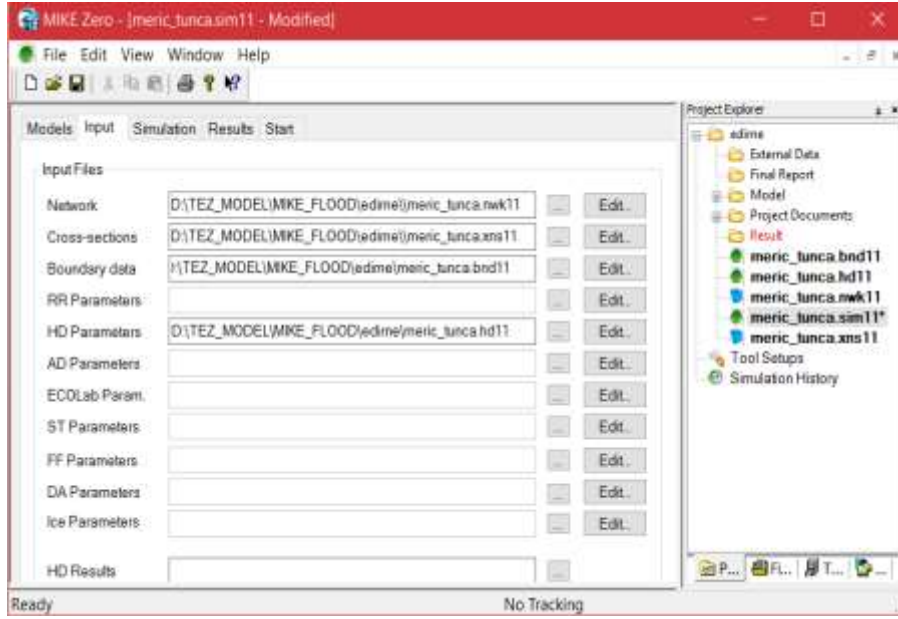


Şekil 4.4. Simülasyonda seçilecek modeller ve simülasyon modu.

Taşkın çalışmaları için genellikle “Hydrodynamic” modeli seçilir (eğer sediment taşınımı ve yağış-akış modellemeleri de yapılacaksa veya taşkınla beraber bu analizler de yapılacaksa o durumda o modelleme kutucuklarının da seçilmesi ve girdi dosyalarının hazırlanması gerekmektedir).

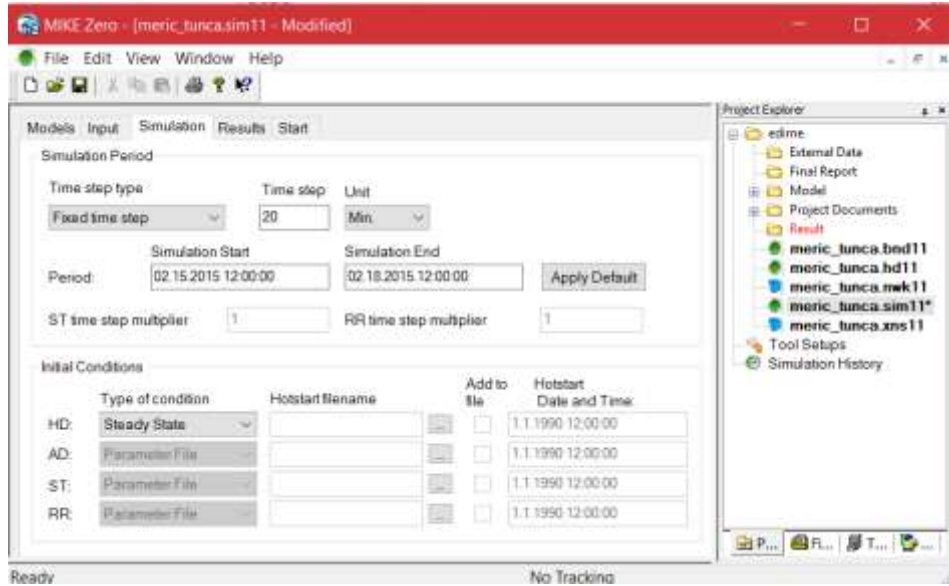
Simülasyon modu ise ya “Unsteady” veya “Quasi steady” olarak seçilmelidir. Unsteady seçildiğinde hidrodinamik hesaplamalar hidrodinamik akım koşullarında gerçekleşmekte, Quasi steady seçildiğinde ise her zaman adımı için hesaplamalar kararlı akım koşullarında yapılmaktadır.

**Input:** Bu tabda Mike 11 simülasyonunun yapılabilmesi için gerekli girdi dosyalarının tanıtılması ve gerektiğinde düzenlenmesi işlemleri yapılmaktadır.



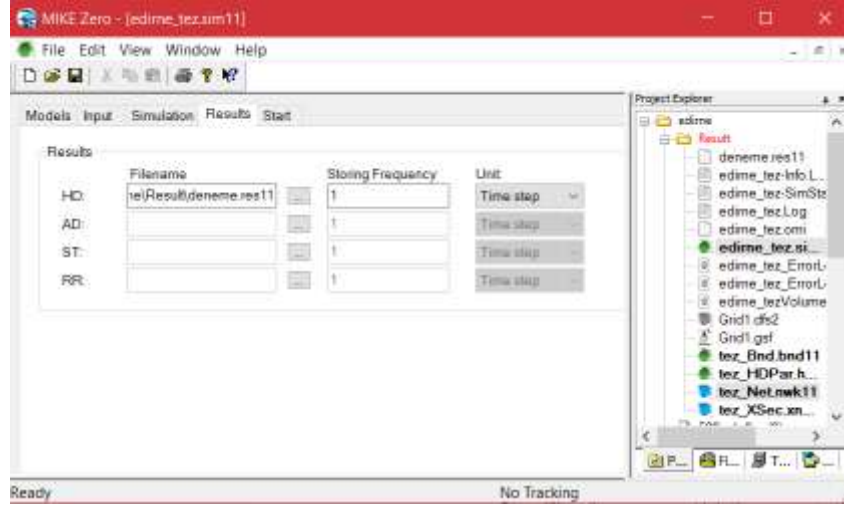
Şekil 4.5. Input tabı.

Simulation: Simulation tabı yapılacak simülasyonun başlama ve bitiş zamanını ve zaman aralığı tipi ile başlangıç koşullarının tanıtımı görevlerini görmektedir.



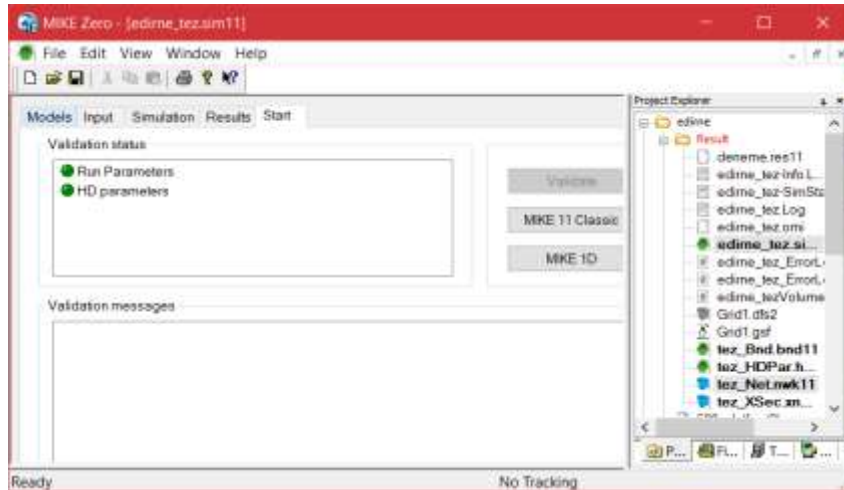
Şekil 4.6. Simulation tabı.

Results: Seçilen Modelleme tipine göre sonuç dosyalarının nerede ve hangi aralıkta saklanacağını belirlediği tabıdır.



Şekil 4.7. Result tabı.

Starts: Simülasyonun başlatıldığı tabdır. Eğer bütün dosyalar doğru bir şekilde bundan önceki adımlarda tanıtıldıysa bu durumda ekrandaki parametre ışıkları yeşil yanar ve simülasyonun başlatılmaya hazır olduğunu gösterir. Parametre ışıklarından herhangi birinin veya her ikisinin kırmızı yanması durumunda start düğmesi aktif olmayacaktır.



Şekil 4.8. Start tabı.

#### 4.3.1.2. Mike 11 yazılımının kullandığı deklemler

Modelleme sisteminde 1D model hesaplamalarında enkesitlerin ortalamasına dayanan Saint-Venant Denklemleri baz alınmaktadır. Böylelikle su seviyesi (s),

deşarj (Q), veya ortalama akış hızı (U) tanımlanabilmektedir. Bu durum süreklilik denklemi olarak şöyle yazılabilir;

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = F_s \quad (4.19)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\alpha Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{g|Q|Q}{C^2 AR} = 0 \quad (4.20)$$

Denklemlerde,

h: su derinliği, Q:deşarj,  $\alpha$ : hız dağılım katsayısı, x: dere ağı parçası (chainage), t: zaman,  $F_s$ : kaynak terim, g: yerçekimi ivmesi C: Chezy sayısı,  $A=f(h)$  : ıslak kesit alanı,  $P=g(h)$  : ıslak çevre,  $R=A/P$  : hidrolik yarıçap

Model Stabilitesi (C Number): Sonlu fark denklemlerinin çözüm olarak kullanıldığı durumlarda model stabilitesinin sağlanması için Courant sayısı kullanılmaktadır. Model stabilitesinin sağlanması için Courant sayısının  $\leq 1$  olması gerekmektedir.

Bu sayı aşağıdaki formül ile belirlenmektedir:

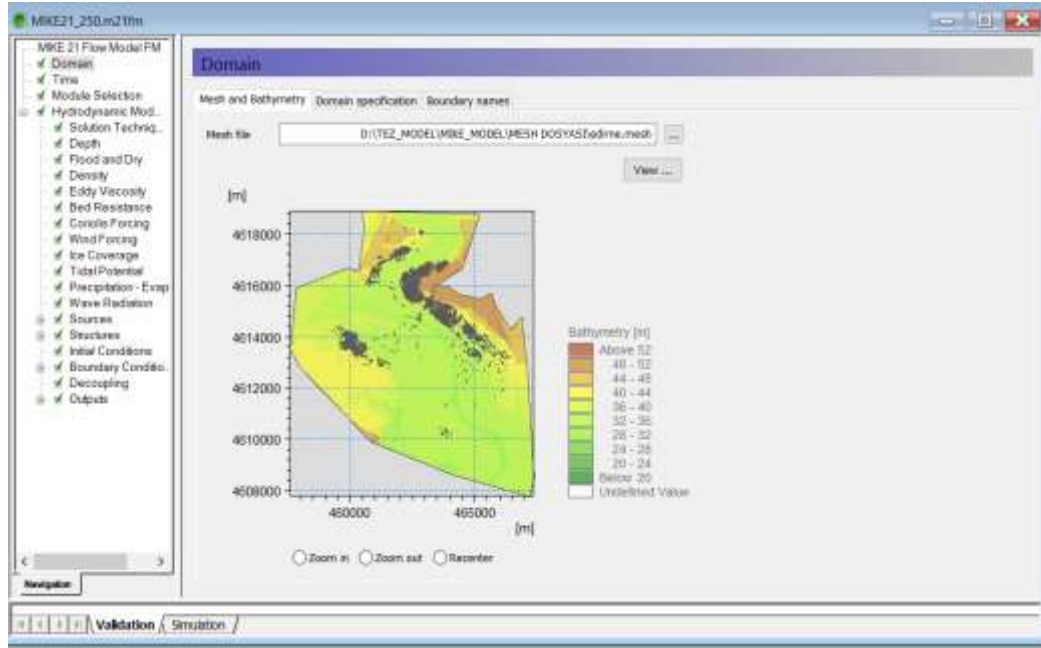
$$Cr = (\sqrt{g \cdot D} + v) \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (4.21)$$

Denklemdede;

$C_r$ : Courant sayısını,  $\Delta t$ : zaman aralığını,  $\Delta x$ : mesafe aralığını,  $\sqrt{g \cdot D}$ : dalga hızını v: hız'ı göstermektedir.

#### 4.3.2. Mike 21

Mike 21 Hidrodinamik olarak modelleme yapılacak serbest yüzeyleri esnek ağ (flexible mesh) sistemiyle 2D serbest yüzey akımlarını modelleyebilmektedir. Mike 21 HD göllerde, kıyılarda, haliç vb oluşumlar, limanlar ve açık deniz modellemeleri ile tüm serbest yüzeylerde (taşkın yatağı gibi) 2D çözüm imkânı sağlamaktadır.



Şekil 4.9. Mike 21 modelleme sistemi.

### 4.3.3. Mike 21 programının kullandığı denklemler

Mike 21 modelleme sistemi içerisinde 2 D model hesaplamaları derinlik ortalamasına dayanan Saint-Venant Denklemleri'yle çözülmektedir. Böylelikle su seviyesi (s), Kartezyen hız bileşenleri “U” ve “V” tanımlanabilmektedir. Bu durum süreklilik denklemi olarak şöyle yazılabilir;

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} U h + \frac{\partial}{\partial y} V h = F_s \quad (4.22)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + g \partial_x s + \frac{g}{c^2 d} U \sqrt{U^2 + V^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial U}{\partial y} \right) = F_s \quad (4.23)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial s}{\partial x} + \frac{g}{c^2 d} V \sqrt{U^2 + V^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial V}{\partial y} \right) = F_s V_s \quad (4.24)$$

Denklemlerde;



s: yüksekliği, h: toplam su derinliğini, “U”, “V”: derinlik ortalamalı kartezyen hız bileşenlerini, C: Chezy sayısını,  $K_{xx}$  ve  $K_{yy}$ : eddy vizkozitesini,  $F_s$ : kaynak terimini,  $U_s$ ,  $V_s$ : kaynaktaki hız bileşenleri’ ni göstermektedir.

Model Stabilitesi (CFL Number): Mike 21 modelleme sistemi içerisinde model stabilitesi sıg su denklemlerinde kullanılan CFL sayısı ile sağlanmaktadır. Model stabilitesinin sağlanması için CFL sayısının  $\leq 1$  olması gerekmektedir.

Bu sayı aşağıdaki formül ile belirlenmektedir.

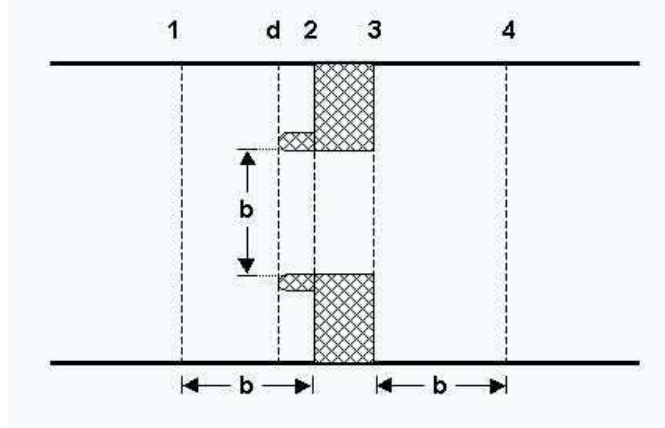
$$CFL = (\sqrt{gh} + |u|) \frac{\Delta t}{\Delta x} + (gh + |v|) \frac{\Delta t}{\Delta y} \quad (4.25)$$

Denklemdede;

h: toplam su derinliğini, “u”, “v”: x ve y doğrultusundaki hız bileşenlerini, g: yerçekimi ivmesini,  $\Delta x$  ve  $\Delta y$ : x ve y doğrultusundaki uzunluk ölççeğini,  $\Delta t$ : zaman aralığı’ni göstermektedir.

#### 4.3.4. Köprülerin matematik modellemesi

Köprülerdeki debi ve kuyruk suyu hesabı enerji denklemine göre modelde hesaplanmıştır. Enerji denklemi sürtünme kayıpları ile genişleme/daralma kayıplarını da hesaba katmaktadır. Bu metodun uygulanabilmesi için dere kanalı üzerine köprü girilecek yerde 4 adet enkesit bilgisine ihtiyaç bulunmaktadır. Şekilde görülen 1 ve 4 numaralı enkesitler köprü girilen yerin menba ve mansab tarafındaki enkesitleri 2 ve 3 numaralı yerlerde köprünün başladığı ve bittiği yerlere ait kesit bilgileri içermektedir. Şekilde görülen “b” ise köprü açıklığı olup köprünün dere kanalında bulunduğu yer ile menba ve mansaba olan uzaklığı da “b” veya “b” nin katları olarak seçilmektedir.



Şekil 4.10. Enerji denklemi metodunda köprü girilecek yerde enkesitlerin yerlerinin belirlenmesi.

Denklem “i” kısmını “i-1” den okuyarak çözüme ulaşmaktadır.

$$h_{i-1} + h_{v(i-1)} = h_i + h_{vi} + h_{f(i,i-1)} + h_{e(i,i-1)} \quad (4.26)$$

Denklemde;

$h_i$ : i enkesitteki su seviyesi,  $h_{vi}$ : i enkesitteki hız yükü,  $h_{f(i,i-1)}$ : i ve i-1 enkesitleri arasındaki sürtünme kayıpları,  $h_{e(i,i-1)}$ : i ve i-1 enkesitleri arasındaki genişleme kayıplarını göstermektedir.

Hız yükü aşağıdaki förmül ile belirlenmektedir;

$$h_v = \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \quad (4.27)$$

Denklemde;

$\alpha$ : hız dağılım katsayısı, Q: debi, A: enkesit alanı g: yerçekimi ivmesini göstermektedir.

Hız dağılım katsayısı ve buna bağlı parametrelerin formülleri de şöyledir:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N (k_i^3 / a_i^2)}{K^3 / A^3} \quad (4.28)$$

$$k_i = \frac{a_i r_i^{2/3}}{n_i}$$

(4.29)

$$K = \sum_{i=1}^N k_i \quad (4.30)$$

$$A = \sum_{i=1}^N a_i \quad (4.31)$$

Denklemlerde;

k: altseksiyon taşınımı, a: altseksiyon alanı, K: enkesit toplam taşınımı, r: hidrolik yarıçap, n: Manning pürüzlülük katsayısı, N: altseksiyon sayısı

#### 4.3.4.1. Sürtünme kayıpları

i ve i-1'nci enkesitler arasındaki sürtünme kayıpları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$h_{f(i,i-1)} = \frac{L_{i,i-1} Q^2}{K_i K_{i-1}} \quad (4.32)$$

Denklemdede;

$L_{i,i-1}$ : akış uzunluğu,  $K_i$ : i enkesiti için taşınım

#### 4.3.4.2. Genişleme/daralma kayıpları

Genişleme/daralma kayıpları Şekil 4. 10'daki 4-3 ve 2-1 kısımlar arasında dikkate alınır (çünkü genişleme veya daralma bu kısımlar arasında olur). Genişleme/daralma kayıpları i kısımdan i-1 kısma şöyle hesaplanmaktadır.

$$h_{e(i,i-1)} = C \left| \frac{\alpha_i V_i^2}{2g} - \frac{\alpha_{i-1} V_{i-1}^2}{2g} \right| \quad (4.33)$$

Denklemdede;

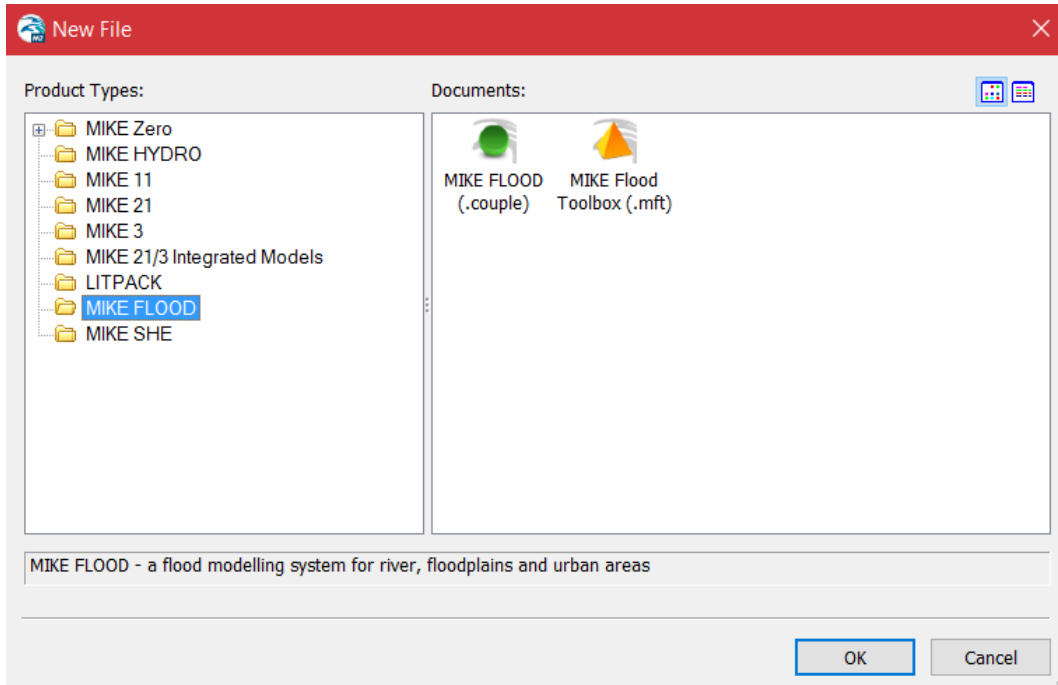
C genişleme/daralma katsayısıdır. Boyutsuz olan bu katsayı kullanıcı tarafından 0-1 arasında bir değer olacak şekilde belirlenebilir. [85].

#### 4.3.4.3. Çözüm yöntemi

Enerji denklemi metodunda köprüden geçen suyun kritik-altı akış sergilediği varsayılır ve hesap buna göre yapılır. Yöntem iteratiftir. Köprüler menba ve mansabtaki su seviyesinin değerlerine göre hesaplanmaktadır.

#### 4.3.5. Mike Flood

Mike Flood 1D ve 2D modelleme sistemine kombine ederek taşkın modellemesi yapabilmektedir. Bu görevi Mike 11 ve Mike 21 modelleme paketlerini dinamik ve simültane olarak iki model arasındaki akış verisini değiştirerek her zaman adımı için hesaplayarak yapmaktadır.



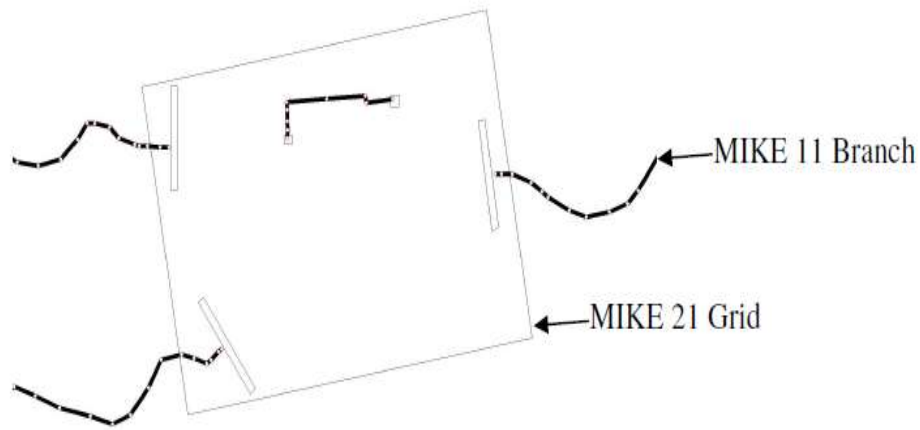
Şekil 4.11. Mike Flood file tabı.

### 4.3.6. 1D ve 2D bağlantısı (linking)

Mike Flood modelleme sistemi içerisinde 1D (Mike 11) ve 2D (Mike 21) arasında bağlantı kurularak simülasyon başlanmaktadır. Bu bağlantılar aşağıda açıklandığı şekilde birkaç yoldan yapılabilmektedir. Kocaderesinde seçilen link tipi “Lateral link”tir. Çünkü bu link tipinde derenin sağ ve sol kıyı çizgileri üzerinden aşan suyun taşkın yatağı üzerine savaklandığı varsayılarak simülasyon yapılmaktadır.

#### 4.3.6.1. Standart link

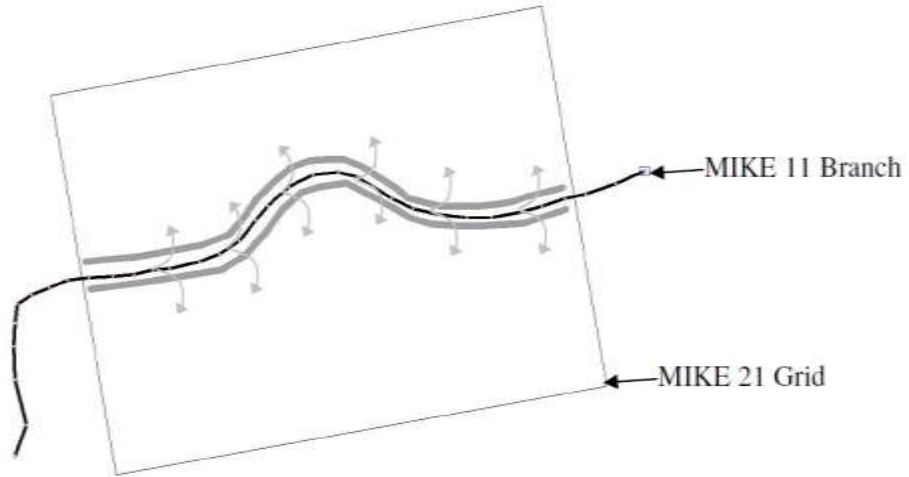
Mike Flood içerisinde standart link seçeneğinde bir veya birden fazla Mike 21 hücresi Mike 11 dere ağı'nın sonuna (ucuna) bağlanmaktadır.



Şekil 4.12. Mike Flood modelleme sistemi içerisinde standart link gösterimi.

#### 4.3.6.2. Lateral link

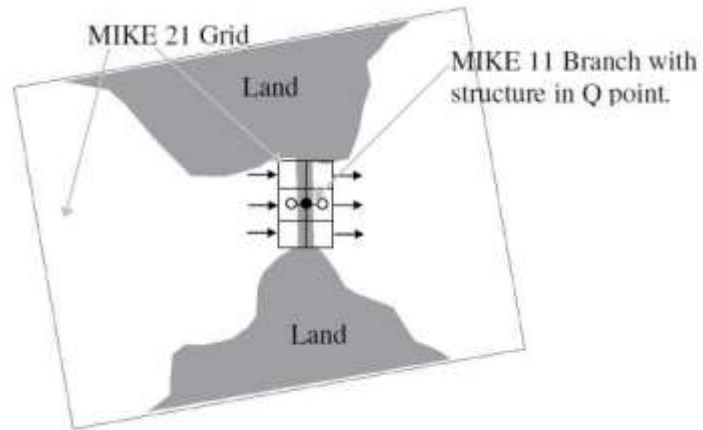
Lateral link, Mike 11 dere ağına Mike 21 hücrelerinin bütün dere ağı boyunca (domain içerisinde) yanal bir şekilde bağlanmasıyla oluşturulmaktadır. Lateral link üzerinden akış yapı eşitlikleri veya debi-seviye tablosuyla hesaplanmaktadır. Bu link genellikle derelerden taşkın yatağına doğru meydana gelen yüzeysel akışların simülasyonu amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 4.13. Mike Flood modelleme sistemi içerisinde lateral link gösterimi.

#### 4.3.6.3. Yapı (Structure) linki

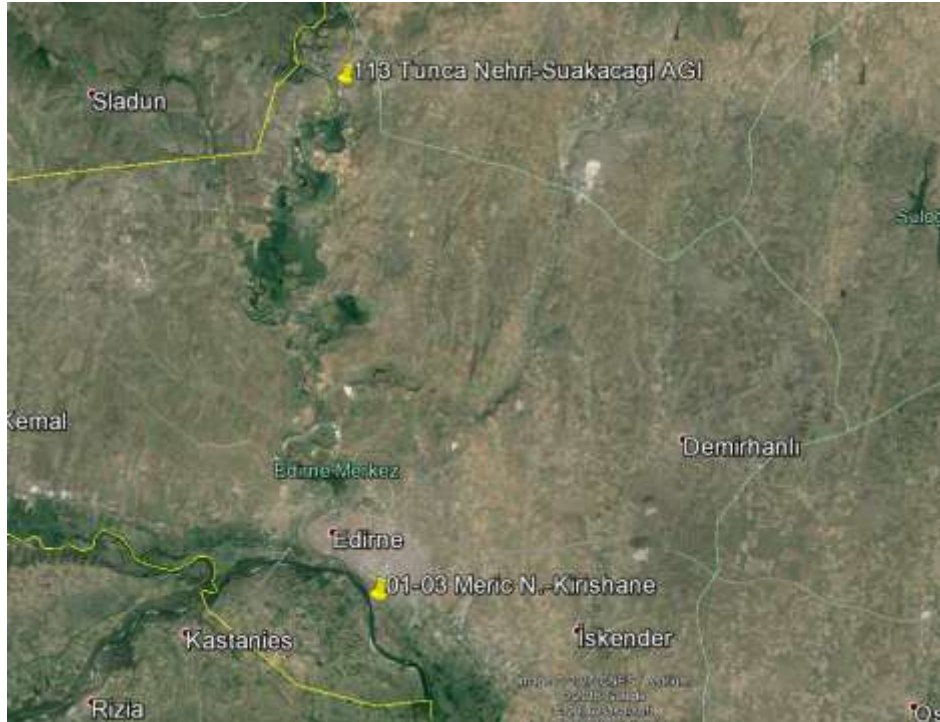
Yapı linki Mike 21 içerisinde yapıların simülasyonu amacıyla kullanılmaktadır. Bu link Mike 11'in üç noktasını içermektedir (menba ebkesiti, yapı ve mansab enkesiti olmak üzere) Bu link Mike 21 içerisinde momentum denklemini kullanarak çözüm sunmaktadır.



Şekil 4.14. Mike Flood modelleme sistemi içerisinde yapı link gösterimi.

## BÖLÜM 5. MODEL VERİLERİ VE AŞAMALARI

Taşkın modellemede Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen Meriç Nehri üzerinde DA01a003'nolu Kirişhane Akım Gözlem İstasyonunun (AGİ) Tablo 5.1'de verilen 1986-2015 yılları arasında, her yıl için günlük maksimum akım değerleri kullanılmıştır. Tunca Nehri üzerinde bulunan E01A013'nolu Tunca Nehri Suakacağı Akım Gözlem İstasyonu Tablo5.1'de verilen 1961-2015 yılları arasındaki her yıl için günlük maksimum akım değerleri (MAFA) kullanılmıştır.



Şekil 5.1. Kirişhane ve Suakacağı AGİ konumları.

AGİ'lerden elde edilen veriler Tunca Nehri için 52 yıl Meriç Nehri için 30 yıl öncesine kadar kapsamaktadır. Bu veriler istatistiksel çalışmalar yapmak ve çeşitli dağılımlar uygulayarak çeşitli tekerrürlü taşkın debi değerlerini tespit etmek için yeterlidir. Bunun için Momentler Metodu kullanılarak noktasal taşkın frekans analizi

yapılmış ve Normal, 2 Parametrelı Log-Normal, 3 Parametrelı Log-Normal, Log-Pearson Tip-3 ve Gumbel dağılımları yıllık maksimum feyezan akım değerlerine uygulanmıştır. Sonuç olarak 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 yıl tekerrür debileri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin hangi dağılıma uyduğu, uygunluk testleri olan Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare testleri ile belirlenmiştir.

Meriç Nehri üzerinde bulunan Kirişhane Akım Gözlem istasyonunun Tablo5.1’de verilen günlük bazda yıl içerisinde kaydettiği en yüksek feyezan akım değerler her yıl için noktasal taşkın frekans analizinde kullanılmak üzere tespit edilmiştir.

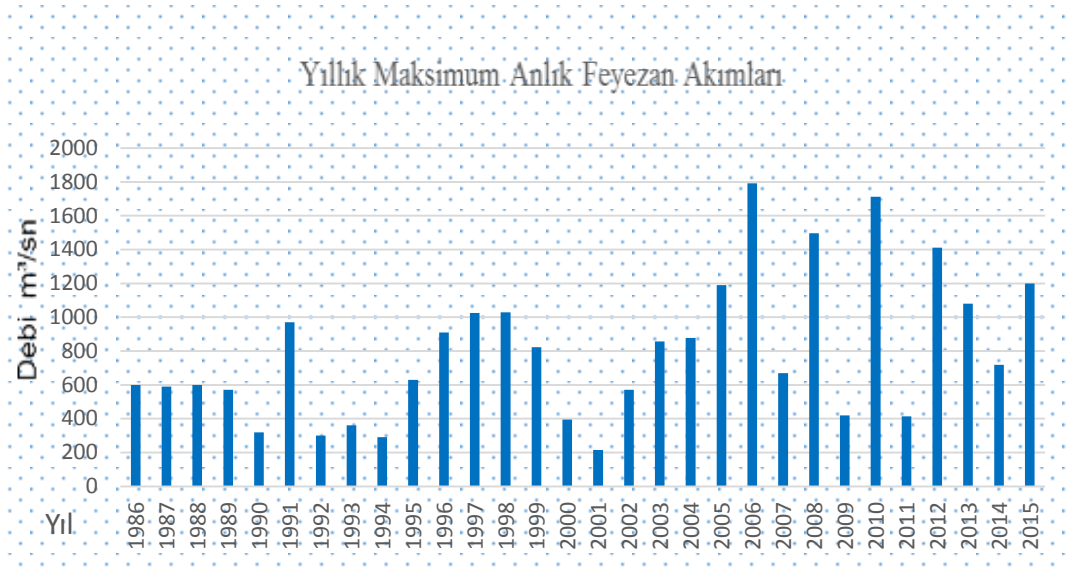


şekil 5.2. Kirişhane AGİ.

Tablo 5.1. Kirişhane AGİ yıllık maksimum akımlar

Yıl	Q m <sup>3</sup> /sn	Yıl	Q m <sup>3</sup> /sn	Yıl	Q m <sup>3</sup> /sn
1986	600	1996	910	2006	1791
1987	590	1997	1025	2007	669
1988	600	1998	1029	2008	1497
1989	570	1999	823	2009	420
1990	320	2000	395	2010	1713
1991	970	2001	215	2011	414
1992	300	2002	570	2012	1412
1993	360	2003	857	2013	1080
1994	290	2004	878	2014	718
1995	630	2005	1190		





Şekil 5.3. Kirişhane AGİ yıllık maksimum akımlar grafik gösterimi.

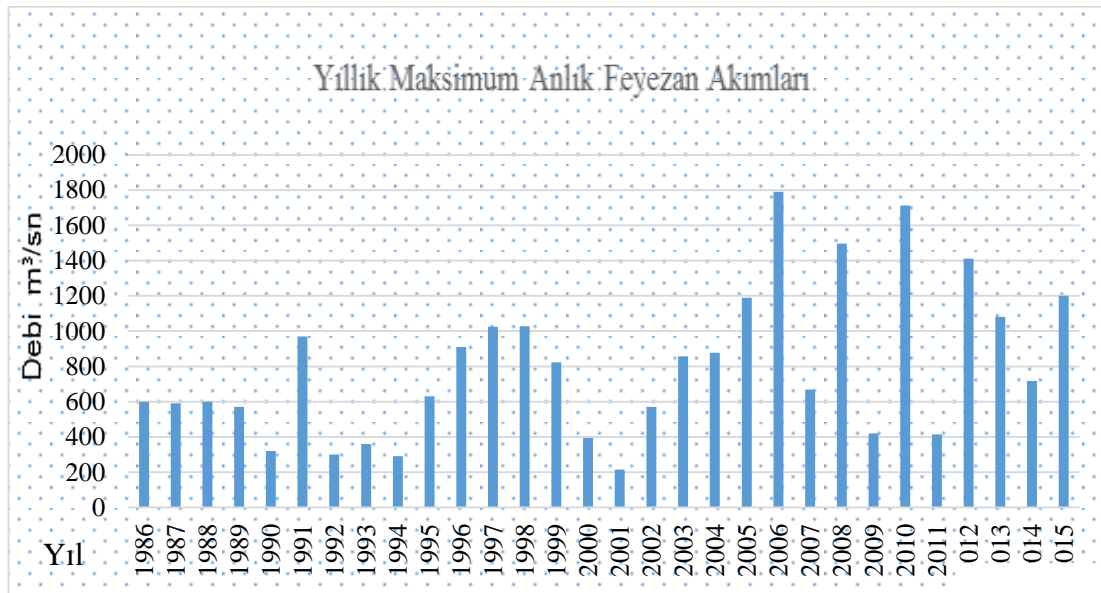
Tunca Nehri üzerinde bulunan Suakacağı Akım Gözlem İstasyonu'nun Tablo5.2'de verilen günlük bazda yıl içerisinde kaydettiği en yüksek feyezan akım değerler her yıl için noktasal aşkın frekans analizinde kullanılmak üzere tespit edilmiştir.



Şekil 5.4. Suakacağı AGİ.

Tablo 5.2. Suakacağı AGİ yıllık maksimum akımar

Yıl	Q m <sup>3</sup> /sn	Yıl	Q m <sup>3</sup> /sn	Yıl	Q m <sup>3</sup> /sn
1965	150	1983	224	2001	181
1966	390	1984	545	2002	147
1967	55	1985	122	2003	89.5
1968	230	1986	71.6	2004	31.8
1969	150	1987	490	2005	133
1970	250	1988	128	2006	136
1971	82	1989	118	2007	51.5
1972	217	1990	64.4	2008	152
1973	229	1991	228	2009	227
1974	339	1992	64.4	2010	30.4
1975	102	1993	14.6	2011	150
1976	269	1994	84.4	2012	84
1977	44.4	1995	83.6	2013	251
1978	241	1996	96	2014	37
1979	95.8	1997	26.4	2015	213
1980	236	1998	103		
1981	141	1999	156		
1982	320	2000	144		



Şekil 5.5. Suakacağı AGİ yıllık maksimum akımlar grafik gösterimi.

## 5.1. Taşkın Tekerrür Debilerini Belirlenmesi

Taşkın tekerrür debileri hesabında yeterli miktarda gözlenmiş verilerin olması durumunda istatistiksel yöntemlerle debi hesabı yapılabilmektedir. Taşkın tekerrür debilerinin tahmininde teorik olasılık dağılımlarının kullanılması analitik yöntem olarak da isimlendirilmekte ve dağılımların eklenik dağılım fonksiyonları taşkınların frekans eğrileri olarak kabul edilmektedir. Dağılımların eklenik dağılım fonksiyonları, taşkınların frekans eğrileri olarak kabul edilir ve sıklıkla grafik olarak yapılmaktadır. Yatay ekseninde pik debi, düşeyde de bu değerlere karşılık gelen eklenik frekans değerleri işaretlenir. Bu amaçla analitik bir kâğıt kullanılabileceği gibi taşkın verilerinin oluşturduğu seriyi temsil edebilecek çeşitli olasılık dağılımlarına ait geliştirilmiş olasılık kâğıtlarından da yararlanılabilir [26].

### 5.1.1. Taşkın debilerinin analitik yolla bulunması

#### 5.1.1.1. Normal dağılım yöntemi

Hidrolojik değişkenlerin istatistiğinde çok geniş bir kullanım alanına sahip olan Normal Dağılım, Gauss Tipi dağılım olarak da adlandırılmaktadır. Hidrolojide ve diğer birçok dalda bu dağılım uygulandığında iyi sonuçlar vermektedir. Belirtilen ortalama ve standart sapma için normal dağılımı vermektedir. Bu da merkez limit teoremiyle açıklanabilir. Merkez limit teoremine göre bir rastgele değişken ( $x$ ),  $n$  adet bağımsız değişkenin toplamından meydana geliyorsa,  $n$  arttıkça  $x$ ' in dağılımı, esas değişkenlerin dağılımı ne olursa olsun hızla normal dağılıma yaklaşır. Dağılım  $-\infty$  ile  $+\infty$  aralığındadır, parametreleri de; ortalama ( $\mu$ ) ve standart sapmasıdır ( $\sigma$ ).  $X$  rastgele değişkenin olasılık dağılım fonksiyonu [89.]

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2\right] \quad (5.1)$$

Dağılım alttan ve üstten sınırsız ( $-\infty \leq x \leq \infty$ ) olup aritmetik ortalaması  $\mu_x$ , varyansı'dır

Belirli tekerrür aralıkları (T) için beklenen olası taşkınlar aşağıda verilen denklem yardımıyla hesaplanabilir:

$$X_T = \mu_x + \Delta X_T \quad (5.2)$$

$X_T$ = T dönüş aralığında beklenen olası taşkın miktarı.

$\mu_x$ = Gözlenen mafa değerlerinin ortalaması.

$\Delta X_T$ = Ortalamadan sapmayı veya değişimi ifade eden miktardır.

$\Delta X_T = K_T \cdot \sigma_x$  olarak yazılabilir. Buna göre yukarıdaki denklem aşağıdaki gibi tekrar yazılabilir:

$$X_T = \mu_x + K_T \cdot \sigma_x \quad (5.3)$$

$K_T$ = Frekans faktörü.

$\sigma_x$ = Standart sapma.

Normal dağılım için  $K_T$  aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$K_T = \frac{(2.515517+0.802853*w+0.010328*w^2)}{(1+1.432788*w+0.189269*w^2+0.001308*w^3)} \quad (5.4)$$

Burada w aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$w = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{p^2}\right)} \quad (5.5)$$

$$(0 < p \leq 0.5)$$

Burada p dönüş aralığının aşılma olasılığıdır ve

$$p = \frac{1}{T} \quad (5.6)$$

Denklemiyle hesaplanır. Her bir dönüş aralığı için bu işlemler tekrarlanarak Normal dağılıma göre beklenen olası taşkınlar hesap edilebilmektedir.

Normal dağılım Tablo 5.1’de verilen değerlere uygulanırsa bulunan taşkın debileri Tablo 5 3’de verilmiştir.

Tablo 5.3. Kirişhane AGİ verileri normal dağılımına göre hesaplanan taşkın tekerrür debisi

Kirişhane Akım Gözlem İstasyonu								
T <sub> yıl</sub>	2	5	10	25	50	100	200	500
Q <sub>T</sub>	787,45	1145,65	1332,92	1532,75	1661,59	1777,61	1883,42	2011,11

Normal dağılım Tablo 5.2’de verilen değerlere uygulanırsa bulunan taşkın debileri Tablo 5 4’de verilmiştir.

Tablo 5.4. Suakacağı AGİ verileri normal dağılımına göre hesaplanan taşkın tekerrür debisi

Suakacağı Akım Gözlem İstasyonu								
T <sub> yıl</sub>	2	5	10	25	50	100	200	500
Q <sub>T</sub>	161,80	255,95	305,17	357,69	391,55	422,05	449,86	483,42

### 5.1.1.2. 2 parametrelı log-normal dağılım yöntemi

X değişkeninin logaritması ile tanımlanan Y değişkeni normal dağılmış ise X’in dağılımı log-normaldir. Dağılım  $X > 0$  için tanımlanabileceğinden hidrolojide birçok pozitif değişkene iyi uymaktadır, güzel sonuçlar vermektedir. Merkez limit teoremine göre, bir x değişkeninin normal kabul edilebilmesi için, x değişkenini etkileyen çok sayıda faktörler, birbirleriyle toplanacak şekilde etkilememelidir. Benzer şekilde eğer x, birçok faktörün etkilerinin sonucuna eşitse,  $\ln x$  normal dağılmış olarak kabul edilebilir. Bu da ,  $y = \ln x$ ’ in hesaplanmasıyla,  $y = \ln(x_1 x_2 \dots x_n)$  şeklinde olacaktır [90].

Farklı tekerrürlere ait debiyi bulabilmek için şu eşitlikler bulunmaktadır:

$$Q = x_{\text{ort}} + k \sqrt{\left( \frac{\sum x^2}{N} - \left( \frac{\sum x}{N} \right)^2 \right) \cdot \left( \frac{N}{N-1} \right)} = x_{\text{ort}} + k \cdot S_n \quad (5.7)$$

$$K = \frac{e^{\sqrt{a} \cdot z - a/z - 1}}{\sqrt{b}/x_{\text{ort}}} \quad (5.8)$$

$$a = \ln \left[ 1 + \left( \sqrt{b}/x_{\text{ort}} \right)^2 \right] \quad (5.9)$$

$$b = \left( \frac{\sum x^2}{N} - x_{\text{ort}}^2 \right) \cdot \frac{N}{N-1} \quad (5.10)$$

a ve b katsayılarıdır, frekans faktörüdür. Bu değerler yerlerine konulduğunda istenen yineleme dönemine sahip debi bulunur. Formülün içerisindeki z katsayısı normal dağılımın z katsayısı ile aynıdır.

2 parametrelî Log-Normal dağılım Tablo 5.1'de verilen değerlere uygulandığında bulunan taşkın debileri Tablo 5.5'da verilmiştir.

Tablo 5.5. Kirişhane AGİ verileri 2 parametrelî Log-Normal dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri

Kirişhane Akım Gözlem İstasyonu								
T <sub>yıl</sub>	2	5	10	25	50	100	200	500
Q <sub>T</sub>	692,73	1.060,74	1.325,41	1.681,04	1.959,44	2.249,41	2.551,10	2.669,53

2 parametrelî Log-Normal dağılım Tablo 5.2'de verilen değerlere uygulanırsa bulunan taşkın debileri Tablo 5.6' de verilmiştir.

Tablo 5.6. Suakacağı AGİ verileri 2 parametrelî Log- Normal dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri

Suakacağı Akım Gözlem İstasyonu								
T <sub>yıl</sub>	2	5	10	25	50	100	200	500
Q <sub>T</sub>	133.09	225.22	296.52	397.65	480.47	569.72	665.50	802.75

### 5.1.1.3. 3 parametrelili log-normal dağılım yöntemi

Birçok durumda x rastgele değişkenin logaritmasını almakla, değişken normal dağılıma pek uymamaktadır. Ancak  $x_0$  gibi bir alt sınır değeri çıkarıldıktan sonra logaritmik dönüşüm yapıldığında değişken normal dağılıma uyabilmektedir [26].

$$y = \ln(x - x_0) \quad (5.11)$$

Taşkın debilerini hesaplamak için;

$$Q = x_{\text{ort}} + K \sqrt{\left(\frac{\sum x^2}{N} - x_{\text{ort}}^2\right) \cdot \left(\frac{N}{N-1}\right)} \quad (5.12)$$

K ferakans faktörü ise;

$$K = \frac{e^{(\sqrt{a} \cdot z - a/z) - 1}}{f} \quad (5.13)$$

Frekans faktöründe geçen a ve f katsayıları aşağıdaki eşitliklerle açıklanmıştır.

$$a = (\ln z^2 + 1) \quad (5.14)$$

$$f = \frac{1 - d^{(2/3)}}{d^{(1/3)}} \quad (5.15)$$

$$d = \frac{-c + \sqrt{c^2 + 4}}{2} \quad (5.16)$$

$$C = \frac{\left(\frac{\sum X^3}{N}\right) + 2x_{\text{ort}}^3 - 3x_{\text{ort}} \cdot \left(\frac{\sum X^2}{N}\right)}{\left(\frac{\sum X^2}{N} - x_{\text{ort}}^2\right)^{1,5}} \quad (5.17)$$

$$C_s = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot S_n^3} \quad (5.18)$$

3 parametrelı Log- Normal dağılım Tablo 5.1'de verilen değerlere uygulanırsa bulunan taşkın debileri Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7. Kirişhane AGİ verileri 3 parametrelı Log- Normal dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri

Kirişhane Akım Gözlem İstasyonu								
T	2	5	10	25	50	100	200	500
Q <sub>T</sub>	734,15	1.114,72	1.349,27	1.630,84	1.831,40	2.025,98	2.215,80	2.461,77

3 parametrelı Log- Normal dağılım Tablo 5.2'de verilen değerlere uygulanırsa bulunan taşkın debileri Tablo 5.8' de verilmiştir.

Tablo 5.8. suakacağı AGİ verileri 3 parametrelı Log- Normal dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri

Suakacağı Akım Gözlem İstasyonu								
T	2	5	10	25	50	100	200	500
Q <sub>T</sub>	140,78	239,85	306,92	393,13	458,15	524,00	590,81	681,01

#### 5.1.1.4. Log-Pearson tip 3 dağılımı

Yıllık maksimum akım verilerine uygulanan istatistiksel bir teknik olan Log Pearson Tip III dağılım fonksiyonu, akarsular üzerinde farklı aralıktaki taşkın sıklıklarını tahmin etmekte kullanılır. Bu fonksiyon için kullanılan denklemler ise [91];

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{N} \quad (5.20)$$

$$\sigma_{\log x} = \frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1} \quad (5.21)$$

$$C_s = \frac{N \cdot \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (\sigma_{\log x}^3)} \quad (5.22)$$

$$\log x = \overline{\log x} + k \cdot (\sigma_{\log x}) \quad (5.23)$$



Formülde,  $\log x$ : Yıllara ait akım verilerinin logaritmalarının ortalama değerlerini,  $K$ : Taşkın sıklık faktörü olup çarpıklık ( $C_{skew}$ ) ve tekrarlama aralığının ( $T$ ) bir fonksiyonunu,  $\sigma \log x$ : Yıllara ait akım verilerinin logaritmalarının standart sapma değerini gösterir.

Log-Pearson Tip 3 Dağılımı dağılımı Tablo 5.1'de verilen değerlere uygulanırsa buluna taşkın debileri Tablo 5.9'da verilmiştir.

Tablo 5. 9. Kirişhane AGİ verileri Log-Pearson Tip 3 Dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri

Kirişhane Akım Gözlem İstasyonu								
$T_{yl}$	2	5	10	25	50	100	200	500
$Q_T$	734.15	1114.72	1349.27	1630.84	1831.40	2025.98	2215.80	2461.77

Log-Pearson Tip 3 Dağılımı dağılımı Tablo 5.2'de verilen değerlere uygulanırsa bulunan taşkın debileri Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10. Suakacağı AGİ verileri Log-Pearson Tip 3 Dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri

Suakacağı Akım Gözlem İstasyonu								
$T$	2	5	10	25	50	100	200	500
$Q_T$	140,78	239,85	306,92	393,13	458,15	524,00	590,81	681,01

### 5.1.1.5. Gumbel dağılım

Yıllık ekstrem akım değerlerine bağlı bir istatistiksel metot olup ilk olarak 1958'de taşkın analizi için Gumbel tarafından kullanıldığından Gumbel ismiyle anılmıştır.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[\frac{x-\beta}{\alpha}\right] \exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right) \quad (5.24)$$

Dağılım alttan ve üstten sınırsız ( $-\infty \leq x \leq \infty$ ) olup;  $\alpha = 1.282/\sigma$  ,  $\beta = \mu (0.577/\alpha)$  olarak ifade edilmektedir.

Gumbel Dağılımı dağılımı Tablo 5.1'de verilen değerlere uygulanırsa buluna taşkın debileri Tablo 5.11'da verilmiştir.

Tablo 5.11. Kirişhane AGİ verileri Gumbel Dağılımına göre hesaplanan taşkın Debileri

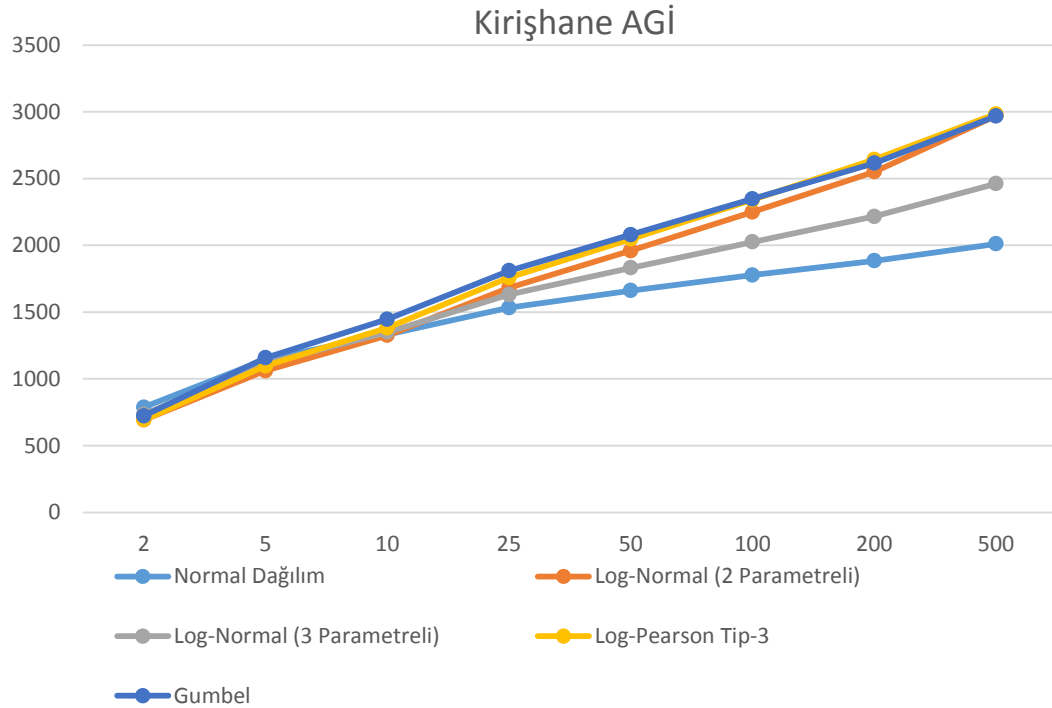
Kirişhane Akım Gözlem İstasyonu								
T	2	5	10	25	50	100	200	500
Q <sub>T</sub>	722,66	1.157,80	1.445,90	1.809,91	2.079,96	2.348,01	2.615,08	2.967,43

Gumbel dağılım Tablo 5.2’de verilen değerlere uygulanırsa buluna taşkın debileri Tablo 5.12’de verilmiştir.

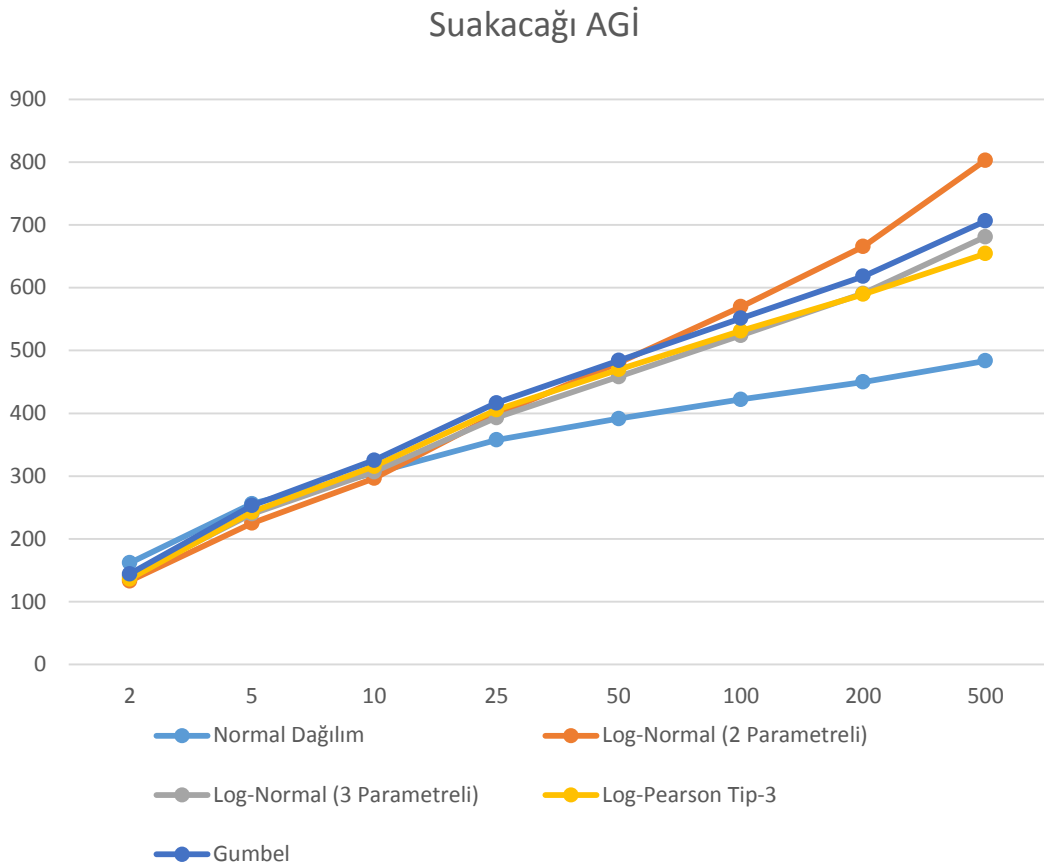
Tablo 5.12. Suakacağı AGİ verileri Gumbel Dağılımına göre hesaplanan taşkın debileri

Suakacağı Akım Gözlem İstasyonu								
T	2	5	10	25	50	100	200	500
Q <sub>T</sub>	144,23	253,18	325,31	416,45	484,06	551,17	618,04	706,26

Kirişhane AGİ ve suakacağı AGİ verilerinin noktasal taşkın frekans analizi ile farklı dağılımlara ve tekerrür dönemlerine göre bulunan sonuçlar şekil 5.6’da verilmiştir.



şekil 5.6. Kirişhane AGİ verileri ile farklı dağılımlara ve tekerrür dönemlerine göre hesaplanan sonuçların grafiksel olarak gösterimi.



Şekil 5.7. Suakacağı AGİ verileri ile farklı dağılımlara ve tekerrür dönemlerine göre hesaplanan sonuçların grafiksel olarak gösterimi.

### 5.1.2. Hidrolik analizlerde kullanılacak debilerin Uygunluk testleri ile belirlenmesi

Analitik metotla bir nokta için bulunan taşkın debileri farklı dağılımlara göre tespit edildiğinden hangi dağılımın en uygun sonucu verdiğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu durumda; tüm dağılımlara göre çeşitli tekerrür periyotları için debiler analitik metotla bulunduktan sonra, Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare Testleri uygulanmıştır. Kirişhane Akım Gözlem istasyonu verileri için gumbel dağılımı en uygun olarak belirlenmişken Suakacağı Akım Gözlem istasyonu için Log-Pearson Tip-3 dağılımı en uygun olarak tespit edilmiştir.

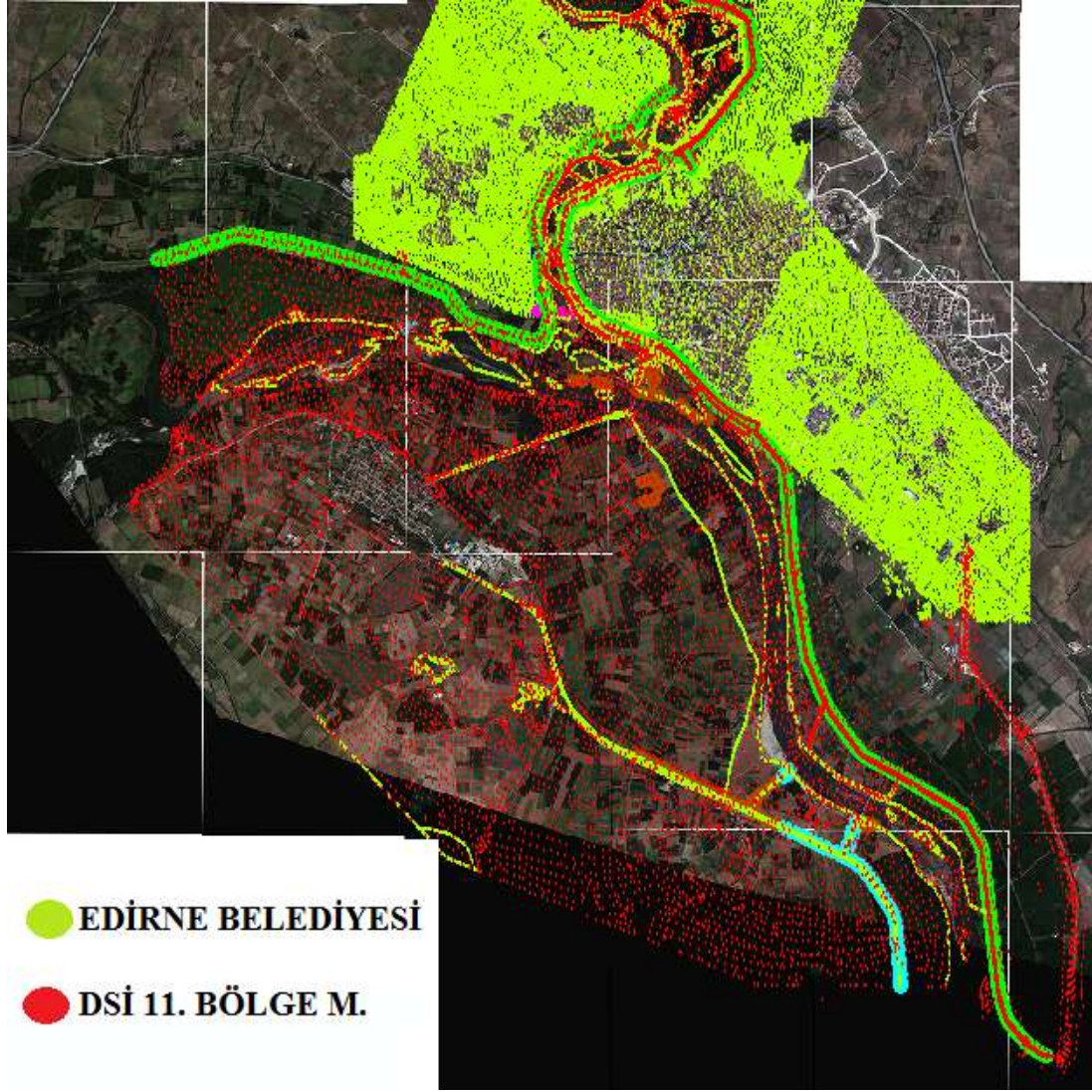
Tablo 5.13. Hidrolik analizde kullanılacak taşkın debileri

$Q_t$	2	5	10	25	50	100	200	500
Meriç Nehri	722,6621	1.157,799	1.445,897	1.809,91	2.079,956	2.348,007	2.615,081	2.967,434
Tunca Nehri	136,1116	242,7565	315,5195	405,5107	469,7433	531,0314	589,4081	654,2022

## 5.2. Topografik Veriler

Hidrolik analizin en önemli bölümünü çalışmanın yapılacağı alanın topografik verileridir. Model sonuçlarının doğruluğu topografik verilerin hassasiyeti ile doğru orantılıdır. Arazinin fiziksel yapısı temsil hassasiyetinin yüksek olması durumunda modelde gereçeğe çok daha yakın sonuçlar elde edilebilmektedir. Çalışmamızda kullanılan topografik veriler Edirne belediyesi ve DSİ 11. Bölge Müdürlüğü yetkililerinden elde edilmiştir. Edirne DSİ 11. Bölge müdürlüğü yetkililerinden 1/1.000 ölçekli Meriç ve Tunca Nehirleri batimetrik haritaları ile seddeler arasında kalan ve taşkın sahası olarak belirlenen bölgelerin 1/5.000 ölçekli haritalar temin edilmiştir. Aynı veride sedde kret kotları ile sedde şev eğimleri okunmuştur. Çalışmada seddeler dışında kalan bölümler, şehir imar planı ile modelde altlık olarak kullanılan ortofoto verileri Edirne Belediyesi yetkililerinden temin edilmiştir.

Elde edilen topografik verilerin her ikisinin de projeksiyonu ED50 27°-6°'dir. Her iki veri koordinatlarında AutoCAD ortamına aktarılmıştır. CAD ortamında üstü üste çakışan verilerden daha hassas olanlar tercih edilmiştir. İki veri birleştirilerek tek harita elde edildikten sonra surface oluşturulmuş ve birleşim noktaları yapılan arazi gözlemleri sonucunda düzenlenmiştir.

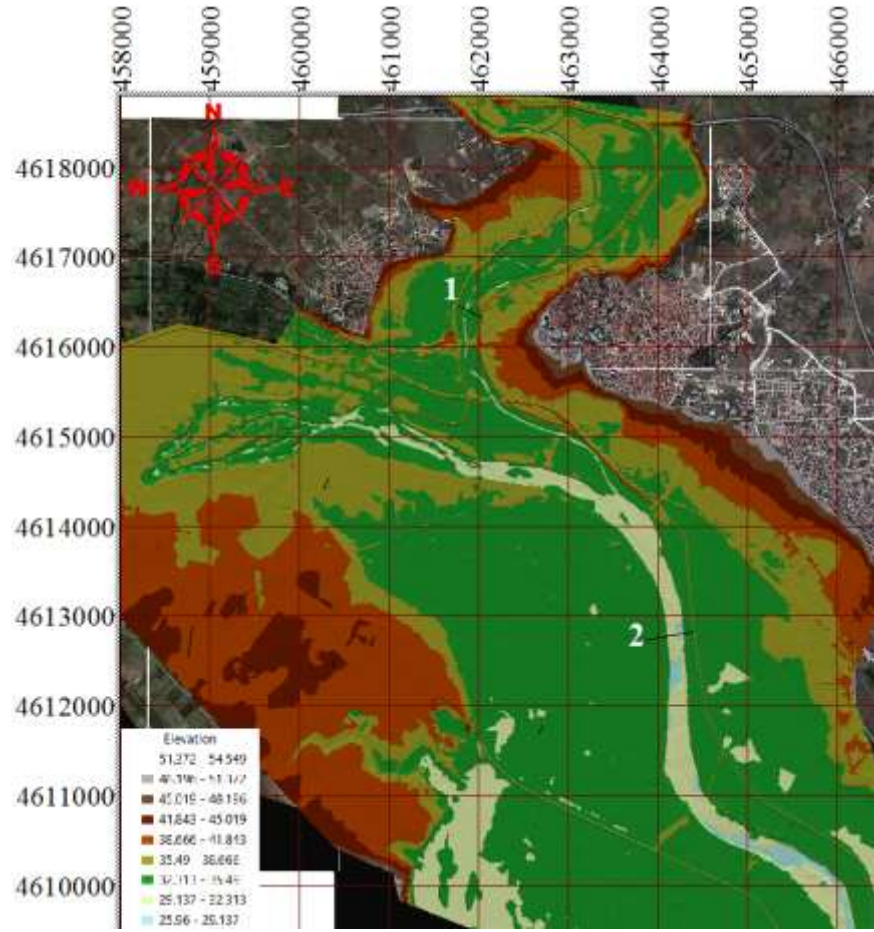


Şekil 5.8. Çalışma alanı nokta verileri ve temin edilen kurumlar.

Topografik verilerin araziyi tam olarak temsil etmesi için diğer önemli kısmı ise mevcut seddelerin arazi modeline işlenmesidir. Bu aşamada AutoCAD ortamında bulunan arazi verileri üzerine tüm seddelerin kret kotu ile şev eğimleri 25 cm hassasiyetinde nokta veri olarak işaretlenmiş ve noktalara z (elevation) değerleri girilmiştir.

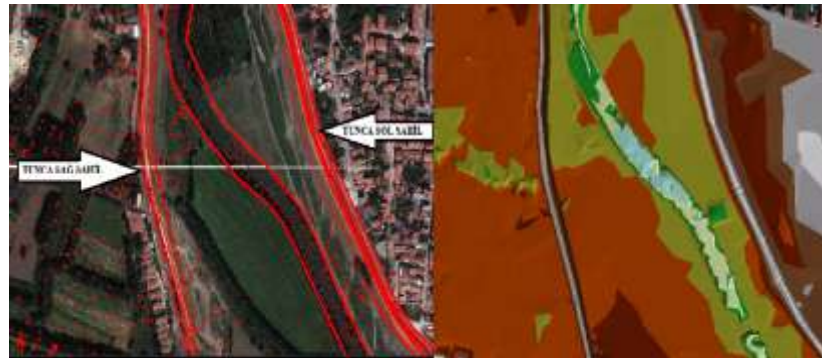
Nokta veriler birleştirilerek ve ilave yapılar (seddeler) eklenerek CBS ortamında TIN (vektör) formatında Şekil 5.9'daki gibi arazi modeli geliştirilmiştir. Arazi modelinin çalışma sahasını tam olarak temsil edebilmesi için TIN verisi üzerinde gerekli düzeltmeler CBS ortamında TIN Editing araç çubuğu yardımıyla yapılmıştır.





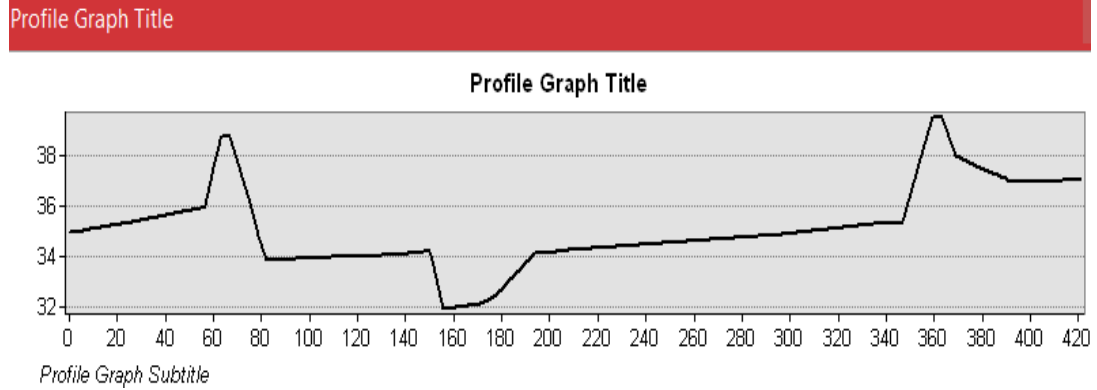
Şekil 5.9. Hidrolik analizde kullanılan çalışma sahasının TIN modeli.

Tunca Nehri sağ ve sol sahilde bulunan seddelerin nokta verisi olarak AutoCAD programında işlenmiş hali ve ArcGIS programında üç boyutlu arazi modeli oluşturulması örnek olarak Şekil 5.10'da verilmiştir. Bu işlemler Edirne şehir merkezinde bulunan tüm seddeler için uygulanmıştır.

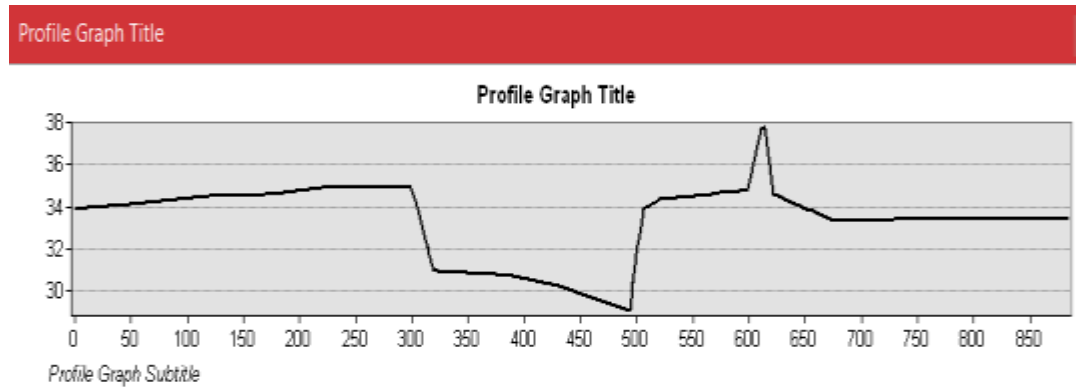


Şekil 5.10. Seddelerin kotlarının nokta veri haline getirilmesi ve TIN modeli.

Hidrolik modelde kullanılan tüm enkesitler oluşturulan arazi modelinden elde edilmiş ArcGIS, exel ve notpad yazılımları vasıtasıyla Mike 11 programına aktarılmıştır. Mike 21 programında ise nokta verilerinden batımetrik harita elde edilmiştir.



Şekil 5.11. Tunca Nehri örnek enkesit.



Şekil 5.12. Meriç Nehri örnek enkesit.

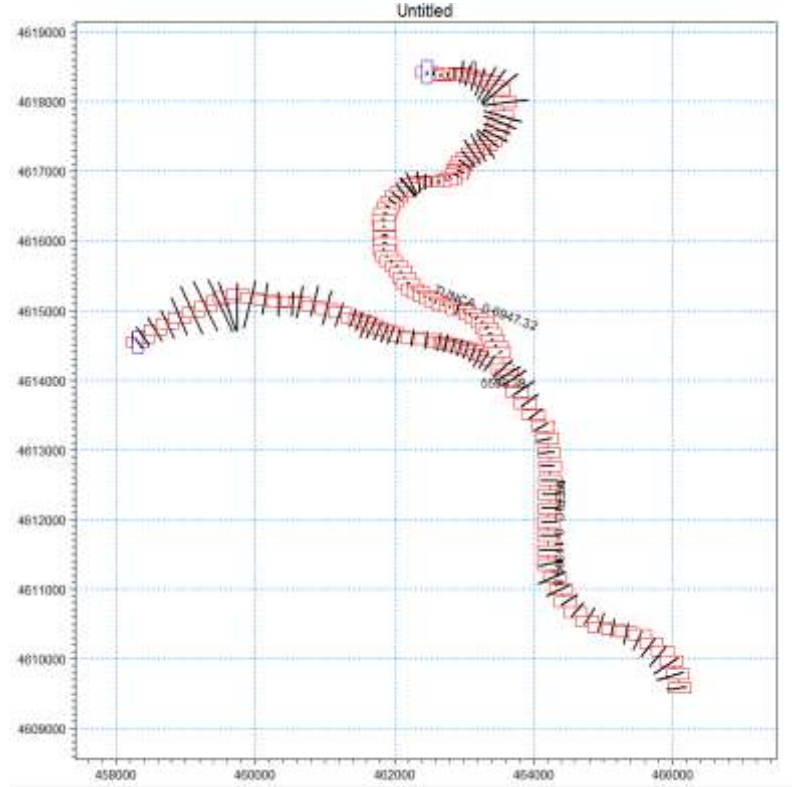
### 5.3. Hidrolik Analiz İçin Modelin Kurulması

#### 5.3.1. Mike 11 modelin oluşturulması

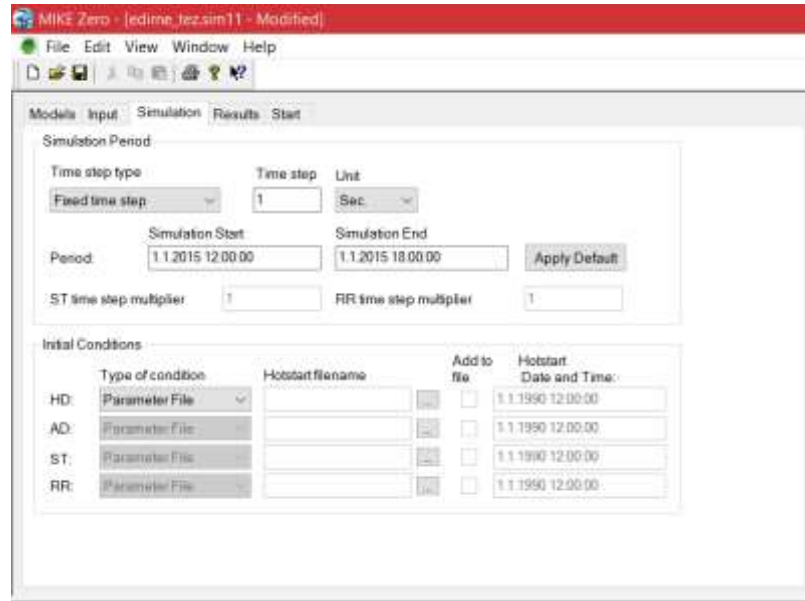
Mike 11 programı 1 boyutlu akışların sonlu farklar yöntemiyle hesaplandığı programdır. 1 boyutlu programda nehir üzerinde bulunan köprü, regülatör, menfez gibi hidrolik yapılar 2 boyutlu modellere göre daha net temsil edilebilmektedir.

Modellemede Edirne şehir merkezinden geçen Meriç Nehri'nin 458245, 4614532 koordinatında başlayıp; 466087, 4609547 koordinatları arasında kalan 11.399,82 m

kısmı modellenmiştir. Meriç Nehri'ne sağ sahilden katılan Tunca Nehrinin ise 462370, 4618420 koordinatında başlayıp; 463559, 4614359 koordinatları arasında kalan 6.709,67 m kısmı modellenmiştir.



Şekil 5.13. Mike 11 Meriç ve Tunca Nehri ağ düzenleyici.

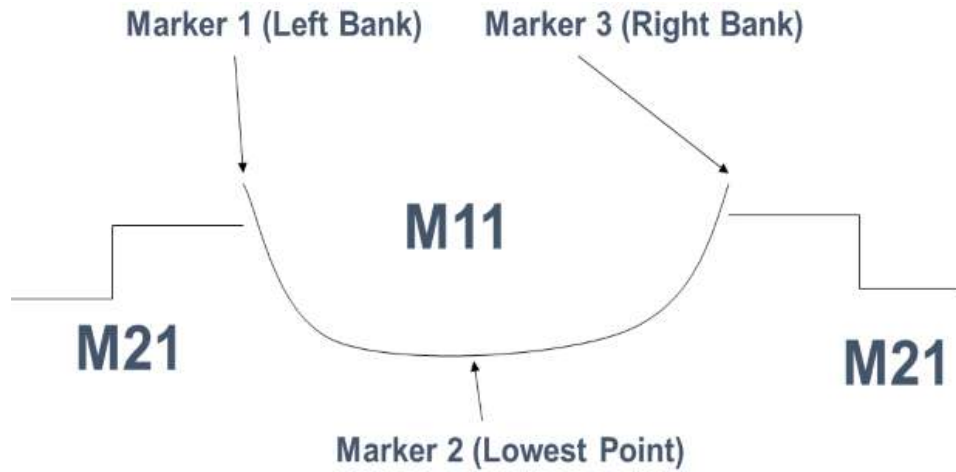


Şekil 5.14. Meriç ve Tunca Nehri dt (time step) hesaplama zaman aralığı.

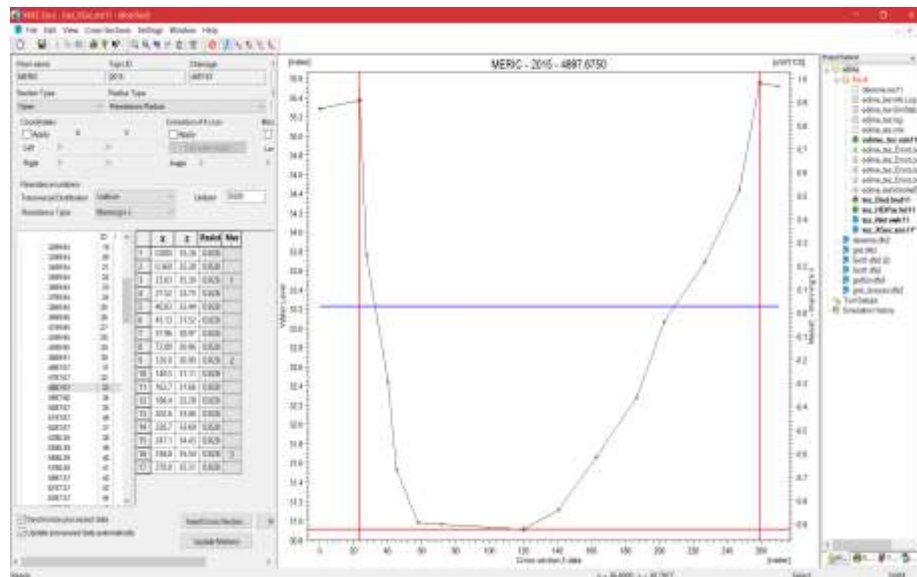


### 5.3.1.1. Meriç ve Tunca Nehir enkesitleri

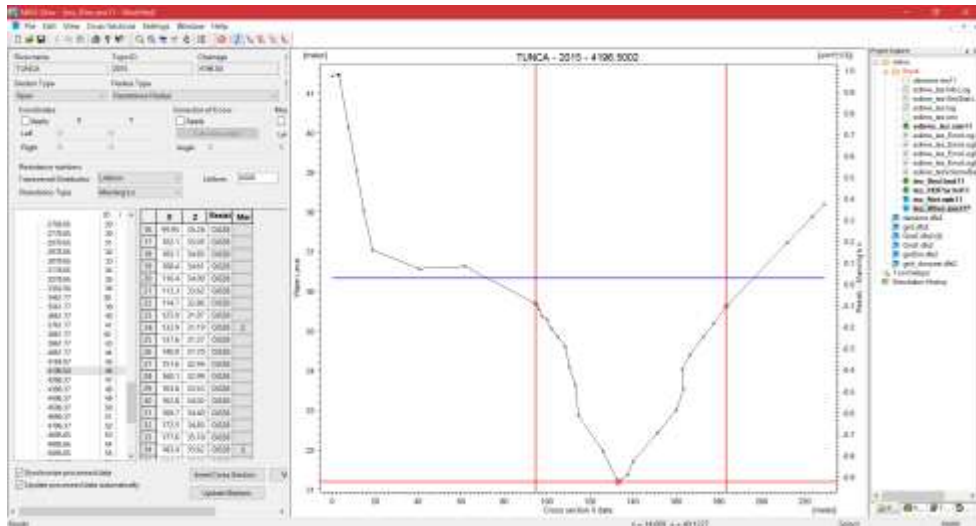
Meriç Nehri anakol enkesit sayısı 140 adettir. Enkesitler 50 metrede bir alınmıştır. Tunca Nehri enkesit sayısı 144 adettir. Mike 11 yazılımına girilen enkesitle program stabilitesi ve run esnasında vermiş olduğu uyarı ve hatalara göre tekrar Mike11 arayüzünde tekrar düzenlenmiştir. Nehirlerin akışına göre marker 1 derenin sol kenarı, marker 2 derenin aks noktası, marker 3 sağ kenarı olarak ifade edilmektedir. Meriç ve Tunca Nehirleri'nin dere yatağı benzer özellikler gösterdiği için manning katsayısı 0,028 olarak programa girilmiştir.



Şekil 5.15. Dere sol kıyı (marker 1), sağ kıyı (marker 3) ve talveg kotu (marker 2) şematik gösterimi.



Şekil 5.16. Meriç Nehri 4.897,675 m'deki en kesit örneği.



Şekil 5.17. Tunca Nehri 4.196,50 m'deki en kesit örneği.

### 5.3.1.2. Meriç ve Tunca Nehirleri sınır koşulları

Sınır koşulları düzenleyicisi Mike 11 modelleme sistemi içerisinde modele ait sınır koşullarının tanımlanması işlevini görmektedir. Hidrograf gibi zaman serisi verisini, su seviyesi verilerini, dere/nehir/kanal boyunca lateral akım verilerini, farklı meteorolojik verileri veya belli (sabit) sınır koşullarını model içerisinde tanımlamak mümkündür. Eğer zaman serisi verisi sınır koşul olarak tanımlanacaksa bu durumda o sınır koşulunu içeren zaman serisi .dfs0 uzantılı dosya ile hazırlanmaktadır. Tez çalışmasında kalibrasyon için 2006 taşkın debi verileri .dfs0 dosyası oluşturularak girilmiştir. Diğer taşkın tekerrür debileri constant olarak girilmiştir.

Sınır koşulu tanımlaması olarak; açık, nokta kaynaklı, dağılımlı kaynaklı, global, yapısal ve kapalı seçenekleri seçilebilmektedir. Açık koşul'un tanımlanması halinde sınır tipi olarak da baz seviye, akış,  $Q-h$  (debi-seviye eğrisi: anahtar eğrisi), Sediment verimi, sediment taşınımı ve su seviyesi seçenekleri bulunmaktadır. Nokta kaynaklı koşul'un tanımlanması halinde sınır tipi ise akış ve sediment taşınımı seçenekleridir. Diğer sınır koşulları (yapısal sınır koşulu eğer baraj yıkılım vb. analizleri yapılacaksa hariç) taşkın haritalama çalışmalarında nadiren kullanılırlar.

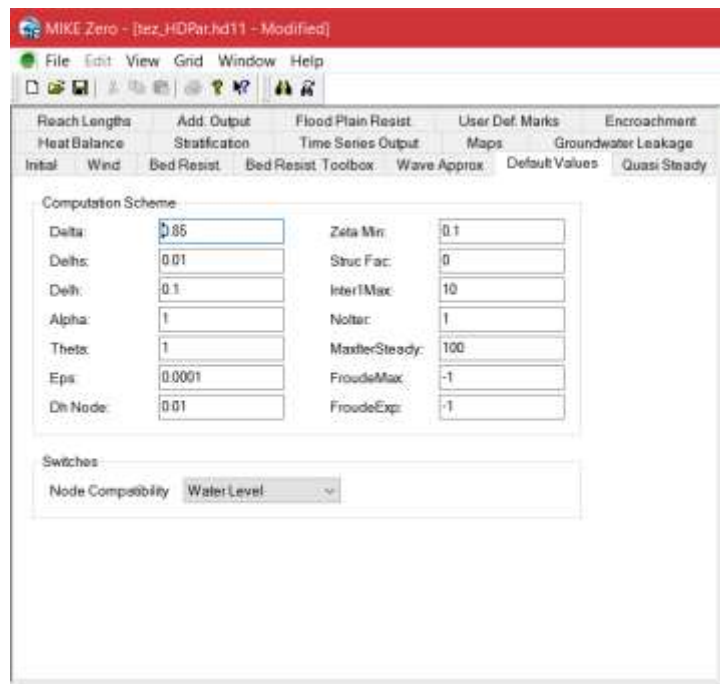
Çalışma domaini içerisinde akış (inflow) ve su seviyesi (water level) genellikle memba veya mansap sınır koşulu,  $Q-h$  ise deşarj ile su seviyesi arasındaki ilişki

bilindiğinde tanımlanan bir sınır tipidir. Meriç ve Tunca Nehri taşkın model çalışmasında Anakol üzerinde 3 adet açık sınır tanımlanmıştır. Mansap sınır koşulu olarak su seviyesi tanımlanmıştır.

### 5.3.1.3. Meriç ve Tunca Nehri hidrodinamik parametreleri

Hidrodinamik parametreler düzenleyicisi simülasyonda ek verilerin tanımlanması amacıyla kullanılmaktadır. Bu düzenleyicideki parametreler için verilen varsayılan değerler pek çok durum için tatmin edici değerlerdir. Düzenleyici de pek çok tab bulunmakta ancak bunlardan en çok kullanılan tablalar başlangıç (Initial) değerler, Yatak resistansı (bed resistance) ve çıktı harita (maps) tablalarıdır.

Meriç Nehri hidrodinamik parametreler olarak başlangıç değeri olarak su derinliği 2m olarak seçilmiştir. Dalga yaklaşımı (wave approximation) olarak “High order fully dynamic” yaklaşımı benimsenmiştir. Delta katsayısı 0.5-1 arasında değişmektedir. Ancak taşkın amaçlı çalışmalarda bu katsayının 0.80-0.85 aralığında seçilmesi stabiliteyi arttırmakta ve “delta” değeri stabiliteyi arttırıcı bir faktör olarak “0.85” olarak seçilmiştir. Seçilen değerler şekil 5.18’de verilmiştir [88].

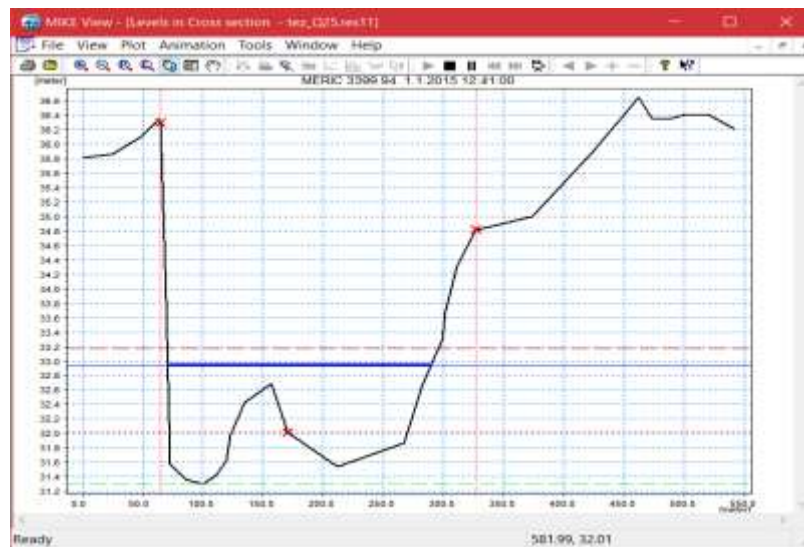


Şekil 5.18. Meriç ve Tunca Nehri için seçilen delta değeri [88].

Mike 11 yazılımına tüm değerler girildikten sonra Mike 11 strat tabında bulunan validation status bölümünde her iki değer yeşil yanmasıyla beraber Mike 11 classic ikonlu ile yazılım run edilmiştir. Run esnasında kesitler arasında (kesitin bir öncesi ve sonrasındaki markerlar arasında bariz kot farkı oluşması gibi) oluşan ve programın öngördüğü değerlerden farklı olması durumunda gerekli uyarılar dikkate alınmış ve tekrar enkesitlerde düzenlemeler yapılmıştır.



Şekil 5.19. Mike view Meriç ve Tunca Nehri Mike 11 sonuç dosyası.



Şekil 5.20. Meriç Nehri Mike 11 sonuç enkesit örneği.

### 5.3.2. Mike 21 modelinin oluşturulması

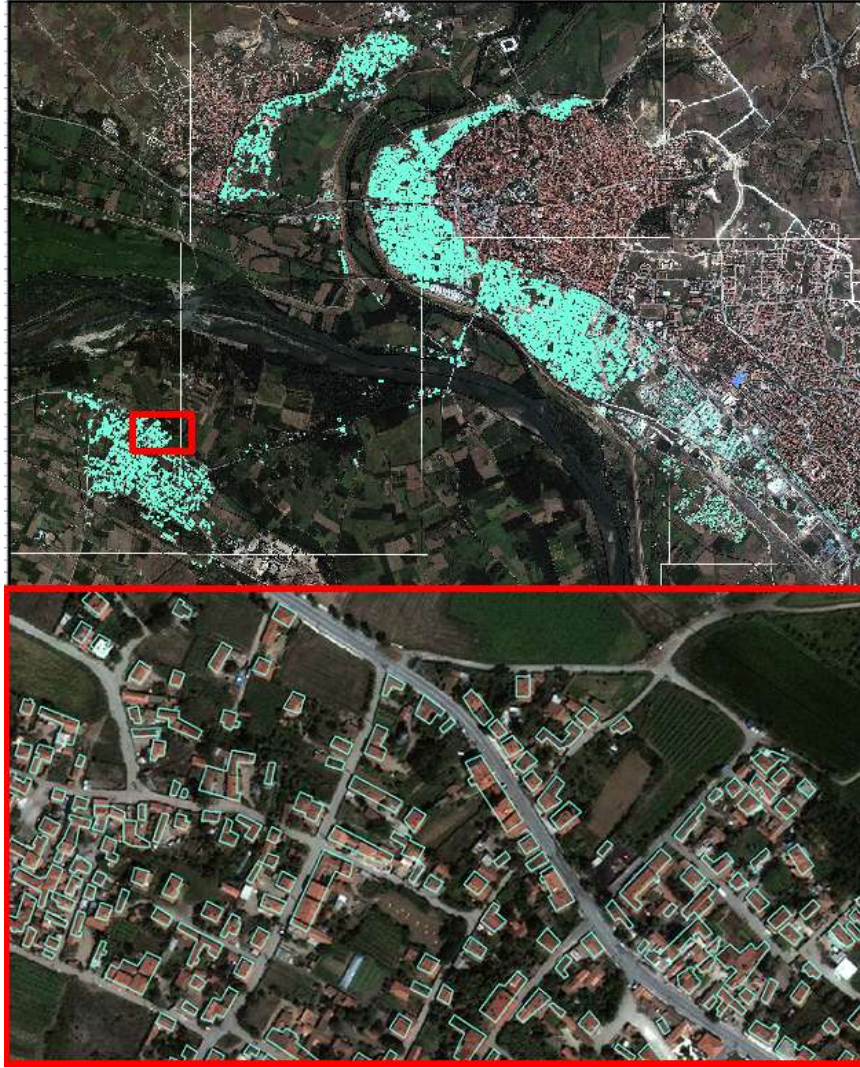
Meriç ve Tunca Nehirleri taşkın simülasyon alanı belirlenirken altlık haritalar, ortofotolar, daha önce oluşmuş taşkın uydu görüntüleri ve arazi gözlemlerinden faydalanılmıştır. Taşkın simülasyon alanı sınırlarının dar bir şekilde belirlenmesi simülasyon ön hazırlığı ve run süresi için oldukça önemlidir. Belirlenen bu alan Şekil 5.20’de polygon olarak çevrilmiştir.



Şekil 5.21. Mesh dosyasının oluşturulacağı alan.

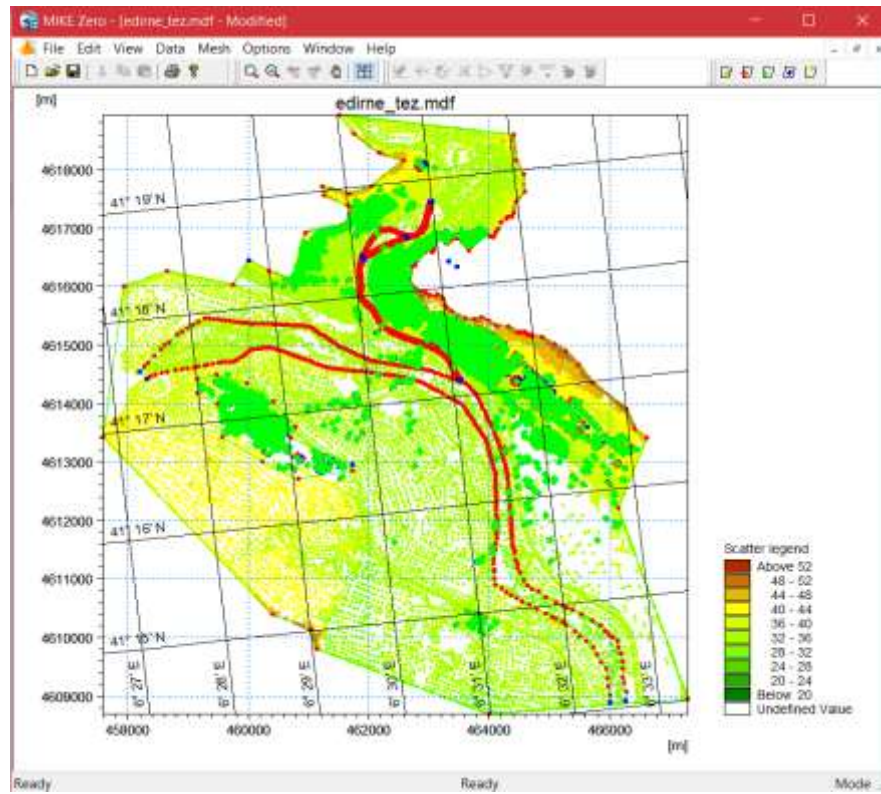
Batimetri haritası Mike Zero ortamında hazırlanmıştır. Farklı kurumlardan alınan arazi nokta okumaları ArcGIS 10.2 yazılımında gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra x, y, z değerleri notpad yazılımına aktarılmıştır. Hesaplama alanından mevcut yapılar çıkarılması için Edirne Belediyesi’nde temin edilen Edirne ili hâlihazır haritasından taşkından etkileneceği ön görülen tüm yapılar AutoCAD programında polygon şeklinde çizilmiştir. Çizilen tüm yapılar .Lsp uzantılı AutoCAD uygulaması yardımıyla Mike Zero .mdf uzantılı dosyaya aktarılmıştır.



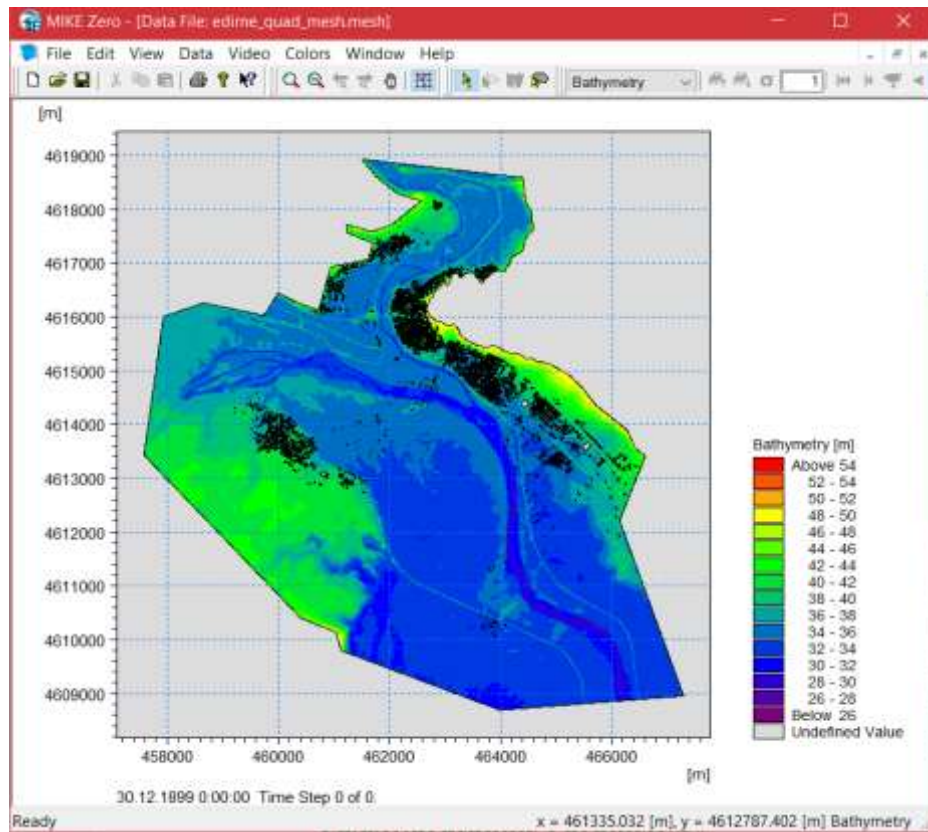


Şekil 5.22. Yapıların 2D hesaplama alanından çıkarılması için polygon çizimi.

Hesaplama ağı Mike Zero klasörünün altında olan mesh Genarator (.mdf) dosyasında hazırlanmıştır. Ağ'ın esnek olmasının en büyük avantajı hassas hesaplama yapılması istenen yerde sık bunun dışında kalan yerlerde daha seyrek ağ oluşturulabilmesidir. Şekil 5.22'de görüldüğü gibi sık oluşturulan alanlar polygon şeklinde diğer taşkın alanlarından ayırt edilmiştir. Bu sayede simülasyon süresi ve model stabilitesi optimum bir şekilde ayarlanması hedeflenmiştir. Çalışma alanında esnek ağ sistemi oluşturulurken dereye yakın olan ve yapıların çok yoğun olduğu yerlerde ağ aralığı maksimum 2 m<sup>2</sup> seçilmiştir. Bunun dışında kalan alanlarda ağ alanı maksimum 30 m<sup>2</sup> olacak şekilde belirlenmiştir. Daha sonra üçgenleme oluşturulmuş ve homojenliğinin sağlanması için 50 defa “smooth” işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle oluşturulan üçgen yapının homojenliğini sağlamakta ve stabilite sağlanması hedeflenmiştir.

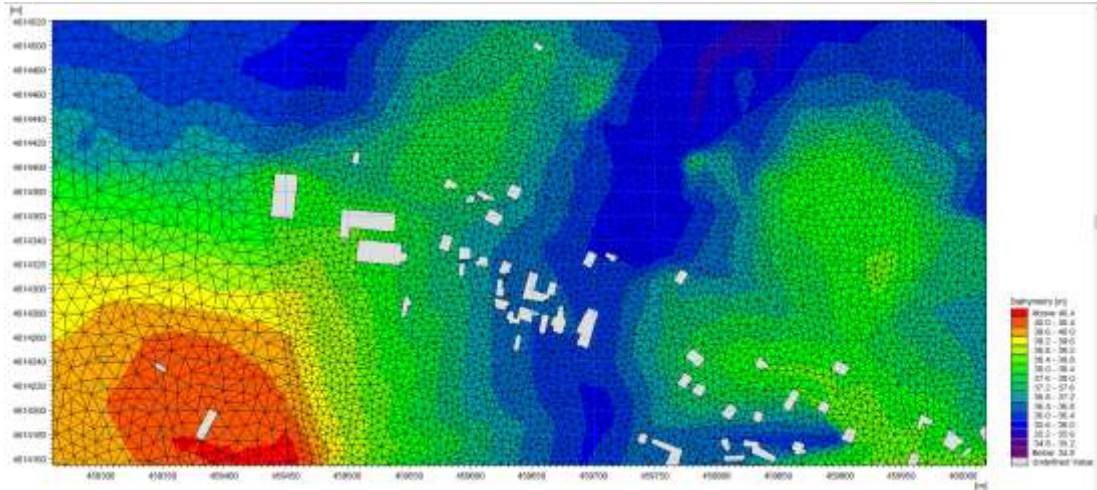


Şekil 5.23. Çalışma alanı için. mdf dosyasına nokta verilerinin (.xyz) girilmesi.



Şekil 5.24. Çalışma alanı için oluşturulan batimetrik harita.





Şekil 5.25. Taşkına maruz kalan yerleşim yerlerinde daha hassas ağı oluşturulması.

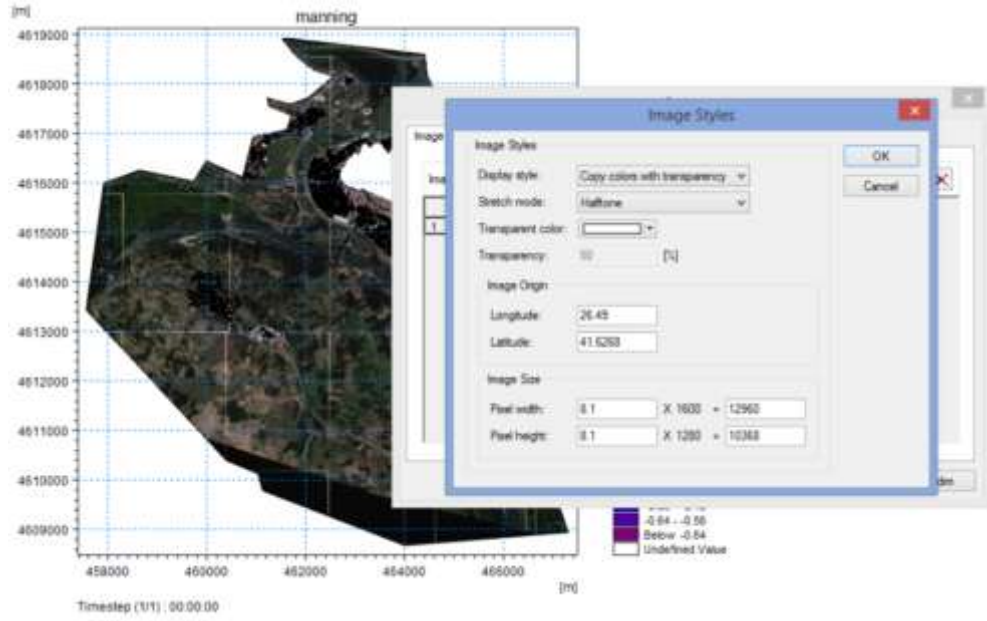
### 5.3.3. Sürütünme parametresi

Sürütünme parametresi olarak manning “n” kullanılmıştır. Nehir kanalı haricinde arazi kullanma tipine göre Tablo 5.14’de katsayılar kullanılmıştır.

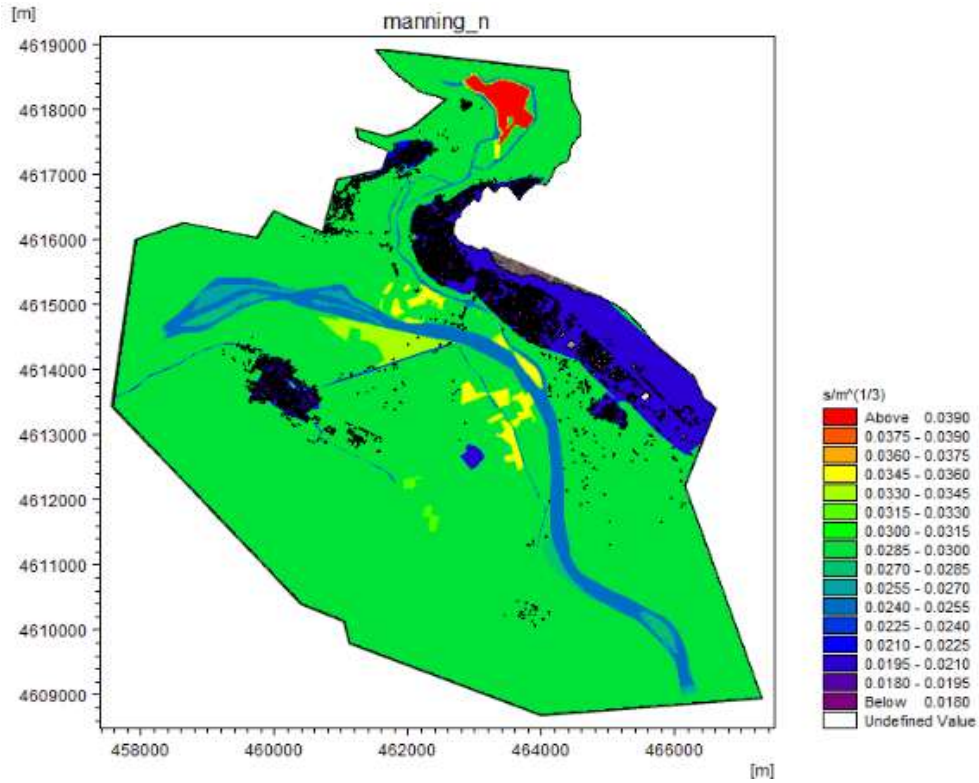
Tablo 5.14. Kullanılan Manning katsayısı değerleri [92]

TABİİ AKARSULAR AKARSULAR	MANNING (n) değeri		
	En Küçük	Normal	En Yüksek
<b>a) ova Akarsuları</b>			
1. temiz kıvrımsız, kollara ayrılmış, gölleşme olmayan	0,025	0,030	0,033
2. 1 ile aynı fakat daha taşlık ve yabani otlu	0,030	0,035	0,040
3. temiz, kıvrımsız, yer yer gölleşmiş ve kumsallı	0,033	0,040	0,045
4. 3 ile aynı, fakat daha taşlık ve yabani otlu	0,035	0,045	0,050
<b>b) Dağ Akarsularında</b>			
1. tabanı çakıllı ve iri kayalık	0,030	0,040	0,050
2. tabanı büyük kaya parçalarından oluşmuş	0,040	0,050	0,070
<b>TAŞKIN YATAĞI</b>			
<b>a)çalı olmayan çayırılık, otlak alan</b>			
1. kısa çimenlik	0,025	0,030	0,035
2. uzun çimenlik	0,030	0,035	0,050
<b>b)Ekilebilir tarlalar</b>			
1. Ekim yapılmamış	0,020	0,030	0,040
2.Ekim yapılmış (sıra üsülü)	0,025	0,035	0,045
3. Alan usulu ekili	0,030	0,040	0,050
<b>c)çalılık</b>			
1. yoğun yabani otlu ve yer yer çalılık	0,035	0,050	0,070
2.kışın normal çalılık ve ağaçlık	0,045	0,045	0,110
3. yazın normal çalılık ve ağaçlık	0,070	0,100	0,160
<b>d)ağaçlık</b>			
1. kıvrımsız, yoğun söğüt ağaçları ile kaplı	0,110	0,150	0,200
2.ağaç kütüklerinden ve filizlerinden temizlenmiş	0,030	0,040	0,050





Şekil 5.26. Manning dosyası için alt yapının hazırlanması.



Şekil 5.27. Manning (n) dosyası elde edilmesi.

Pürüzlülük dosyası Mike Zero programında data manager arayüzünde üretilmiştir. Üretilen dosya sonrasında model kalibrasyonu için tekrar düzenlemeye ihtiyaç duyulmuştur.

### 5.3.4. Zaman ve mesafe parametreleri

#### 5.3.4.1. Mike 11 maksimum dx ve dt

Zaman ve mesafe parametresi esas itibariyle stabilite ile alakalıdır. Bu değerler her olay için bağımsız belirlenmelidir. Stabilitenin sağlanması için bu parametrelerin Courant koşulunu sağlamadaki rolü dikkate alınmıştır. Maksimum dt o dere sistemindeki kapalı kesit uzunluğundan (köprü/menfez) daha kısa olamaz. Meriç ve Tunca Nehirler’inde Mike 11 aşamasında aşağıdaki değerler kullanılmıştır:

dx: 100 m (Meriç Nehri)

dx: 100 m (Tunca Nehri)

dt: 1 san

#### 5.3.4.2. Mike 21 zaman, mesafe ve courant şartı parametreleri

Sıg su denkleminin stabil bir simülasyonun yapılabilmesi Mike 21 ortamında da zaman, mesafe ve Courant şartına (CFL) bağlıdır. Bu değerlerin seçiminde tecrübe ve deneme ön plana çıkmaktadır. Meriç ve Tunca Nehirlerinde Mike 21 Aşamasında aşağıdaki değerler kullanılmıştır:

dx: domainden okumaktadır (Min:1 m, Max: 30 m)

dt: Min 0.0001 san, Max: 0.5 san

Kritik CFL sayısı: <0.8 olarak seçilmiştir.

### 5.3.5. Hidrodinamik parametreler

#### 5.3.5.1. Dalga yaklaşımı (wave approx)

Bu parametre stabilite için önemli bir parametredir. Taşkın simülasyonlarında “High Order Fully Dynamic” dalga yaklaşımı tercih edilmiştir. Özellikle su kütlesi eylemsizliğinin zamana ve mesafeye bağlı olarak önemli olduğu simülasyonlarda

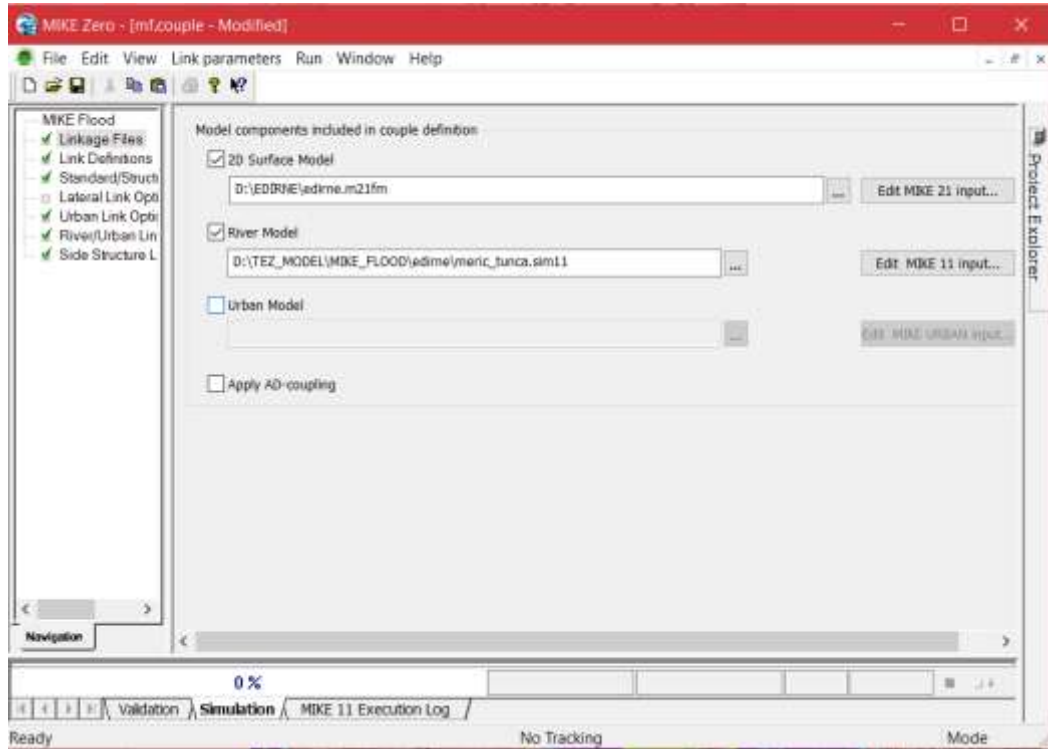
(taşkın gibi) stabiliteyi artırıcı bir faktör olarak tercih edilmektedir. Meriç ve Tunca Nehirleri taşkın simülasyon çalışmasında da DHI’ında önerisine paralel olarak bu seçenek tercih edilmiştir [88].

### 5.3.5.2. Varsayılan değerler (default values)

Hidrodinamik parametrelerin varsayılan değerleri “ $\delta$ ” değeri haricinde aynen kullanılmıştır.  $\delta$  değeri taşkın simülasyonu çalışmalarında varsayılan değer olan “0.5”ten “0.85”e çıkarılmıştır. Çünkü “ $\delta$ ” katsayısı momentum denkleminde zaman-merkezli bir yerçekimi ivmesi terimini ifade etmekte ve stabilite faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır [88].

### 5.3.6. Mike Flood modelinin oluşturulması

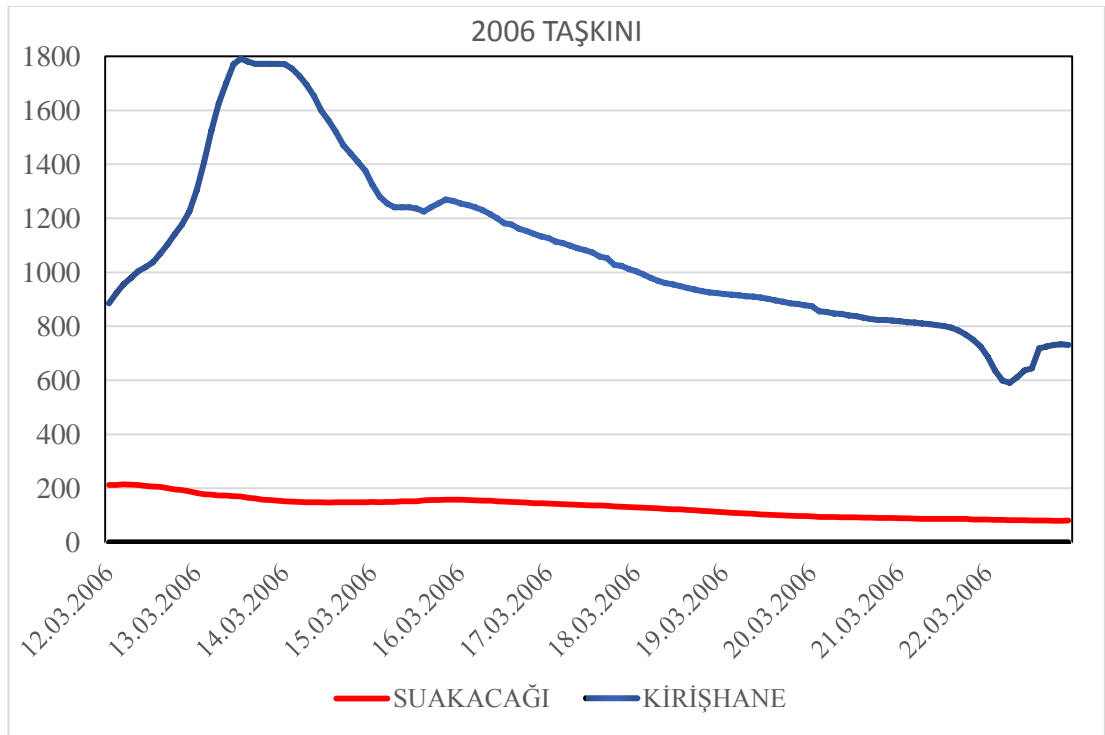
Mike Flood, nehir sisteminde hidrolik yapıları temsil eden Mike 11 ile taşkın sahasını temsil eden Mike 21 modellerinin bağlantı yapılarak beraber çalışmasını sağlayan programdır.



Şekil 5.28. Mike Flood arayüzü.

### 5.3.7. Oluşturulan modelin kalibrasyonu

Model alt yapısı oluşturulduktan sonra diğer aşama modelin gerçek değerlere en hassas şekilde yaklaşmasıdır. Bunun için en önemli veri çalışma sahasında yaşanmış taşkınlar ve bunların kayıt altına alınmasıdır. Kayıt altına alma işlemi taşkın hidrografının bilinmesi ve taşkın yayılım izlerinin bilinmesi modelin kalibrasyonu için büyük önem arz etmektedir. Günümüzde yaşanan taşkınların izlenmesinde teknolojinin gelişmesi ve insansız hava araçlarını kurumların etkin bir şekilde kullanması ile daha doğru kayıtlar elde edilebilmektedir. Çalışma sahasında geçmişte oluşan tüm taşkınlar eğer yapısal bir problem oluşmamışsa (sedde patlaması gibi) seddeler arasında kalmaktadır. Kalibrasyon verisi olarak 2006 yılında meydana gelen taşkın hidrografi ve DSİ 11. Bölge müdürlüğü tarafından kayıt altına alınmış seddelerde su yüzü kotları ile yapılmıştır.



Şekil 5. 29 2006 taşkını hidrografi.

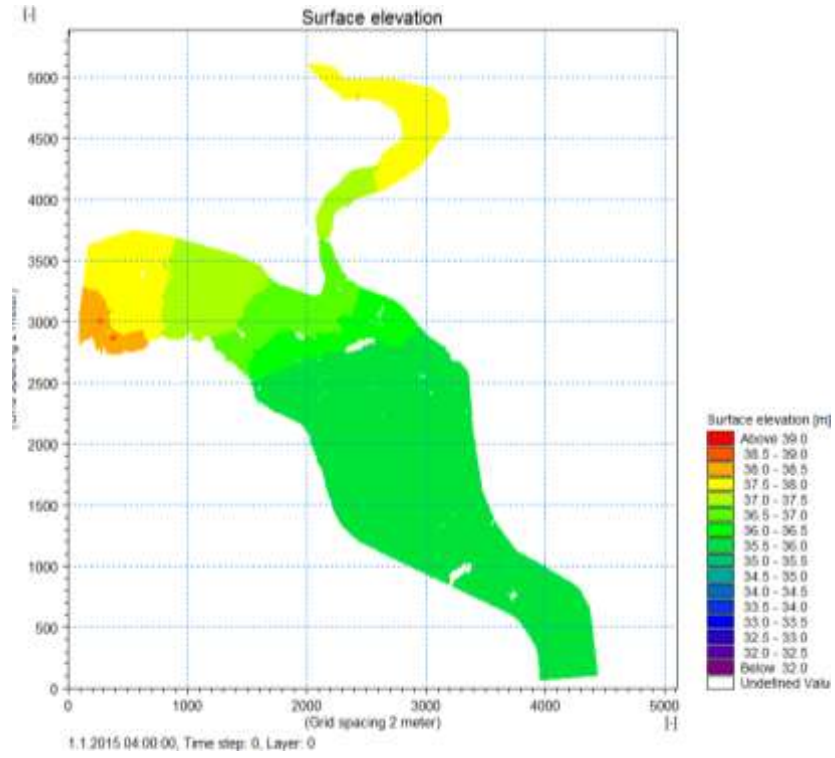


Şekil 5.30. Meriç Nehri 2006 taşkını time series dosyası.

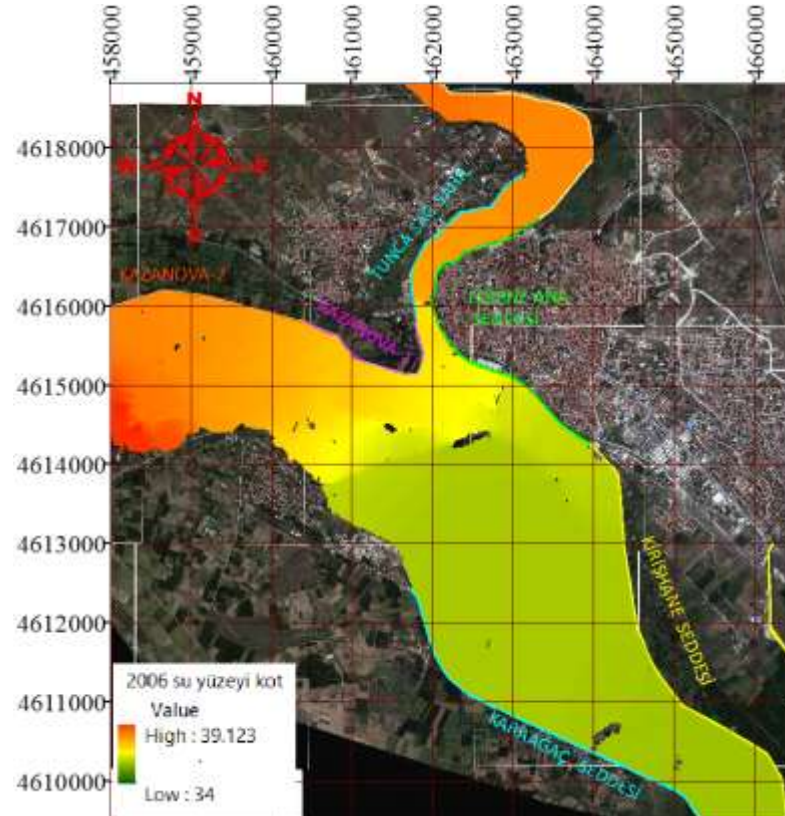


Şekil 5.31. Tunca Nehri 2006 taşkını time series dosyası.

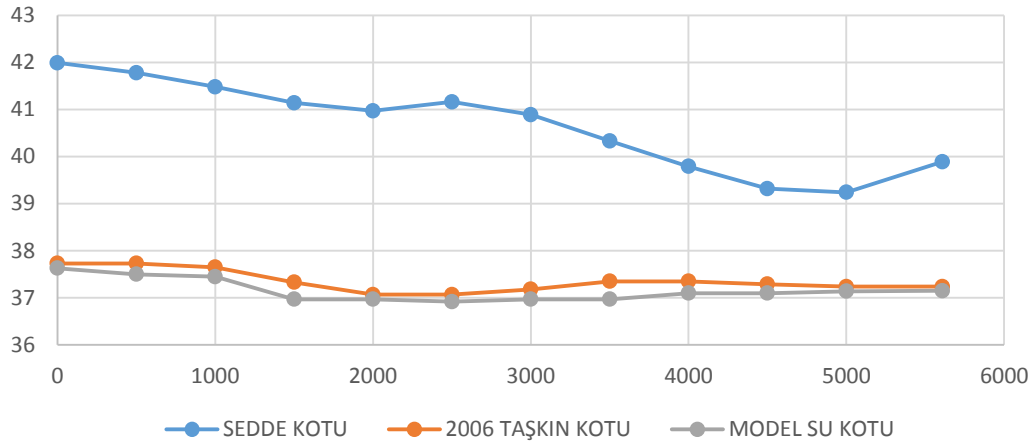
Model Surface Elevation.dfsu uzantılı dosya kullanılarak olabildiğince hassas şekilde (cm hassasiyetin) kalibre edilmiştir. Daha sonra 2x2 m hassasiyetinde gridler oluşturularak .dfs2 formatına çevrilmiş ve Mike2grid araç çubuğu yardımıyla ASCII formatına çevrilmiş ve ArcGIS programı ile seddelerle birlikte Raster dosyası elde edilmiştir. Elde edilen raster veriden su yüzü kotları okunmuştur. Bu durum şekil 5.30'da verilmiştir. Okunan su yüzü kotları 2006 yılında kayıt altına alınan kotlarla birlikte excel ortamında veriler girilerek kıyaslaması yapılmıştır. Bu durum doğru sonuca yaklaşılan kadar tekrar edilmiştir. Yapılan kıyaslamalar Şekil 5.34 ile Şekil 5.35'de verilmiştir.



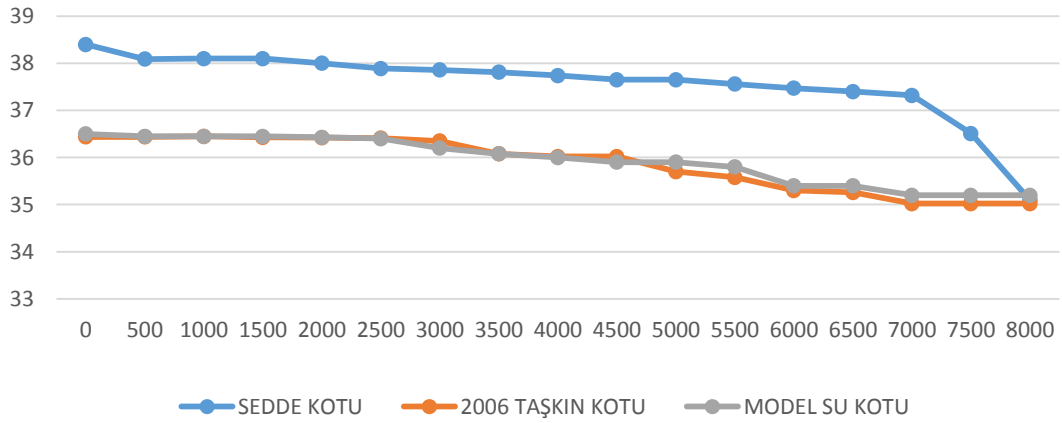
Şekil 5.32. Sonuç dosyasının (.dfs2) grid uzantısına dönüştürülmesi.



Şekil 5.33. Kalibrasyon sonucu elde edilen su yüzü kotları.



Şekil 5.34. Kazanova-1 Seddesi kalibrasyon sonucu.

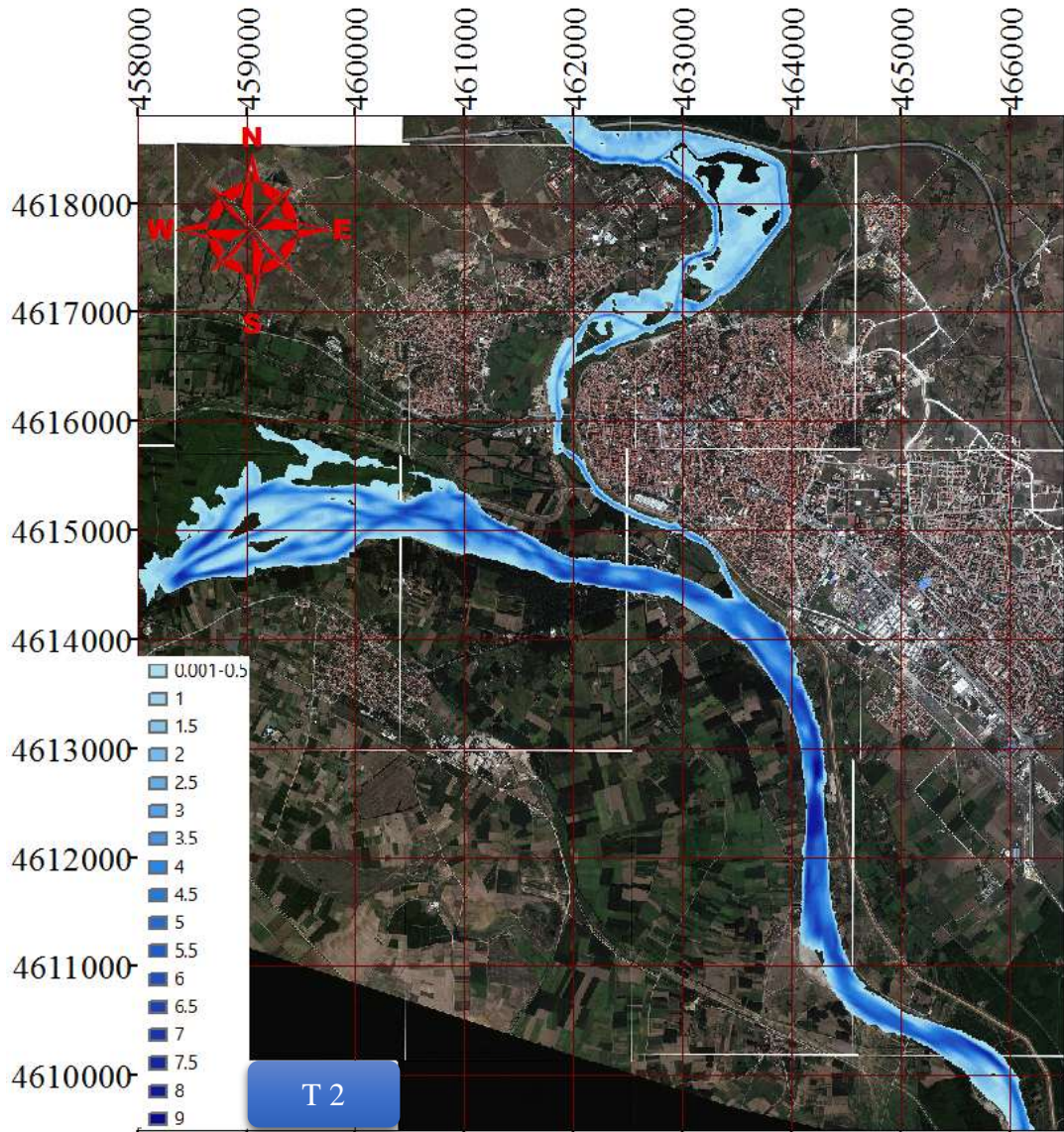


Şekil 5.35. Kirişhane Seddesi kalibrasyon sonucu.

### 5.3.8. Model sonuçları

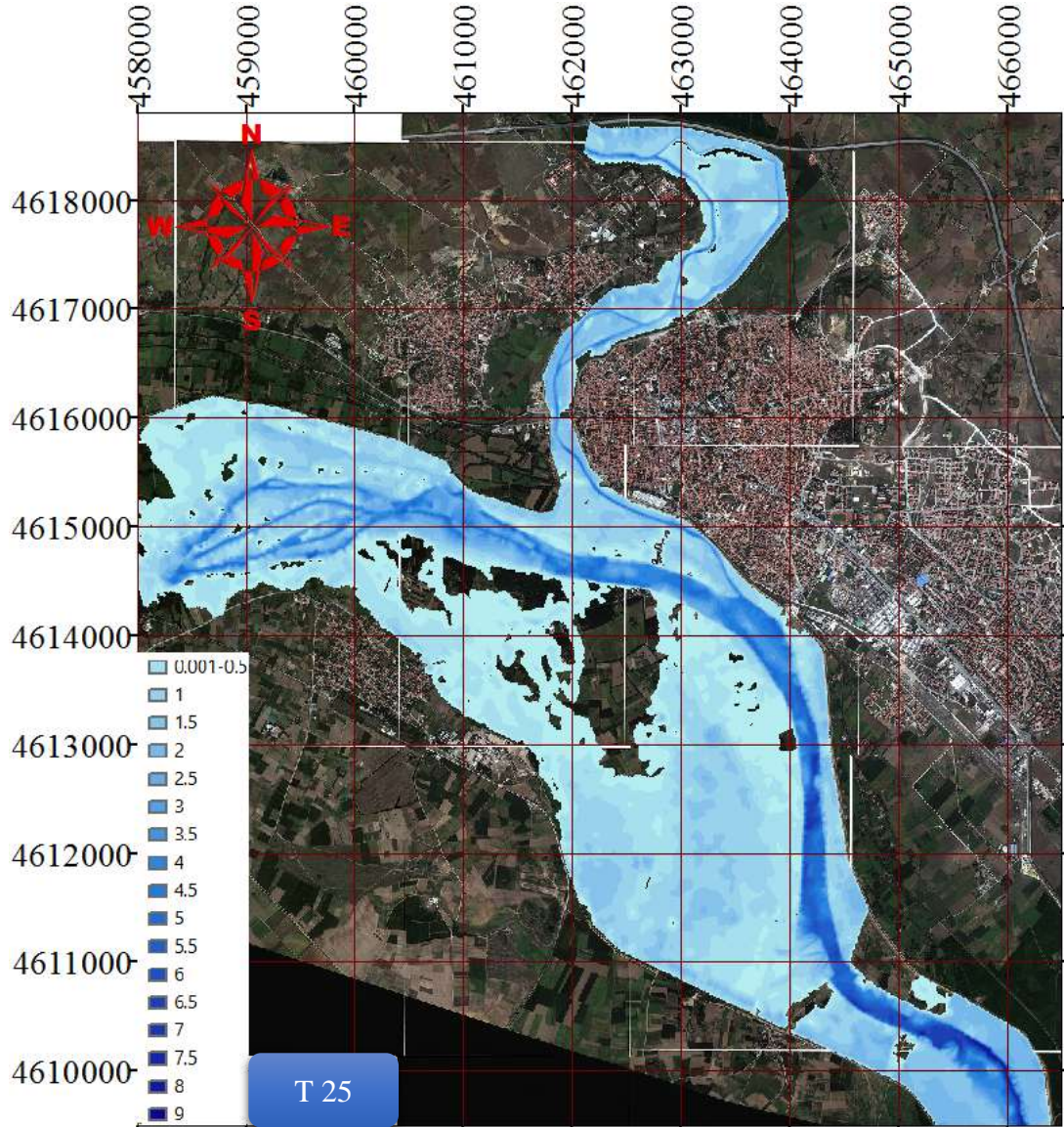
Mike Flood programında mevcut veriler girildiğinde elde edilen sonuçlardan max. water depth verisi seçilip .dfsu uzantılı dosya Mike Zero ortamında 1x1m hassasiyetinde. dfs2 uzantılı dosyaya dönüştürülmüştür. Daha sonra yine Mike programında yer alan Mike2grid arayüzü ile ASCII formatına dönüştürülmüştür. Burada ArGIS programı ile raster verisi elde edilmiş ve 50cm hassasiyetinde renklendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil5.36 ile Şekil5.40'de verilmiştir.



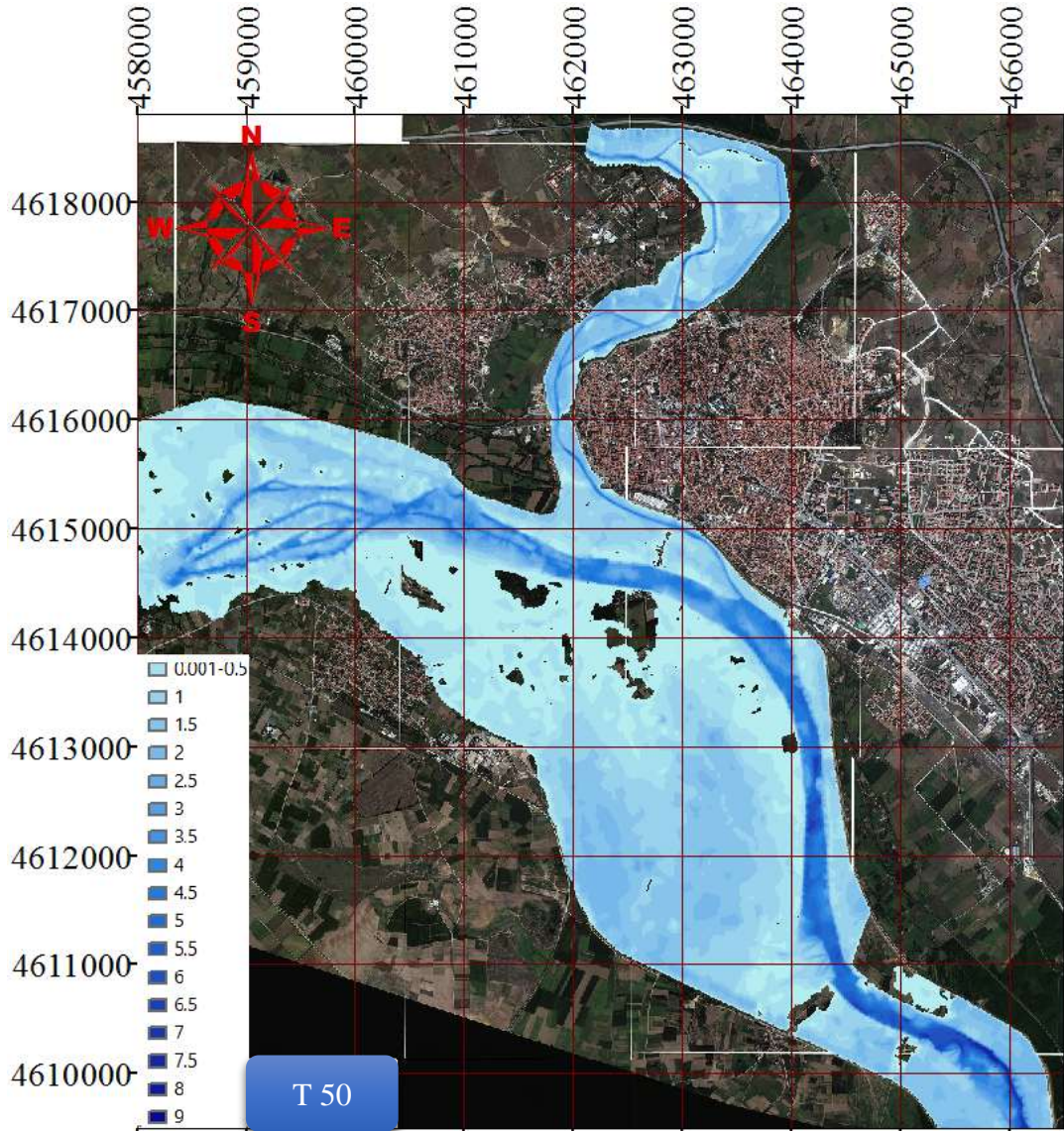


Şekil 5.36. 2 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası.



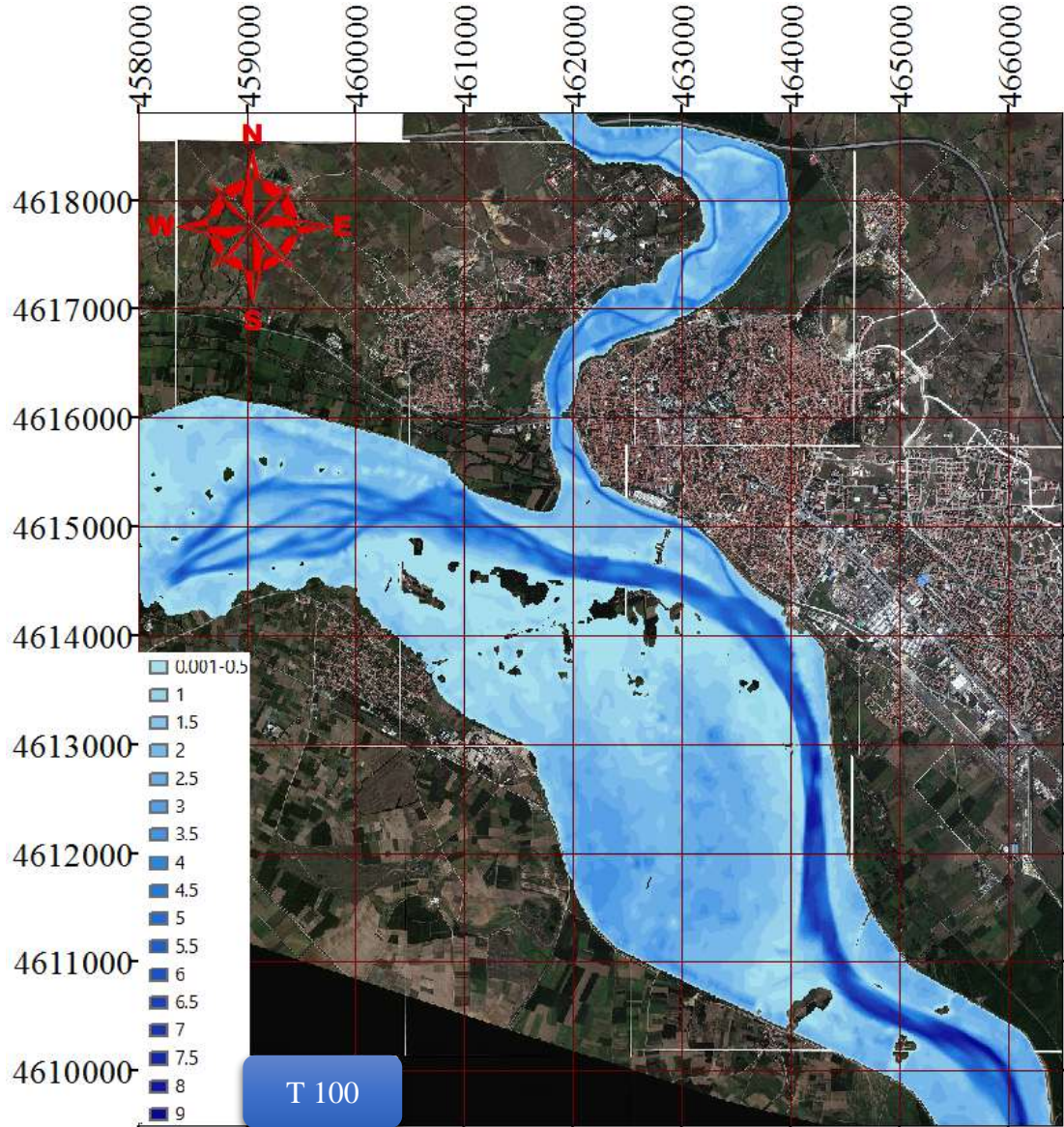


Şekil 5.37. 25 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası.

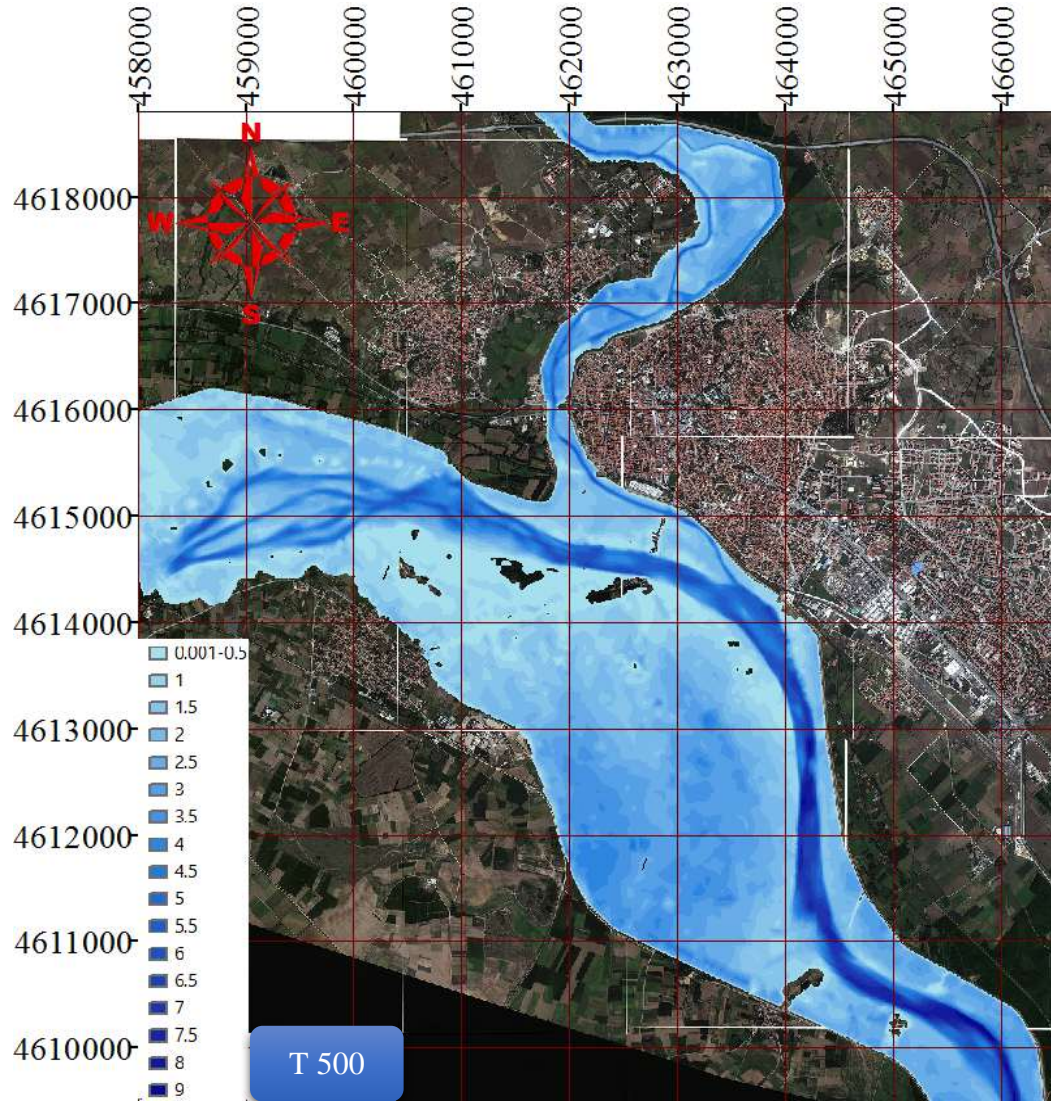


Şekil 5.38. 50 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası.





Şekil 5.39. 100 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası.



Şekil 5.40. 500 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre 2D taşkın yayılım haritası.

### 5.3.9. Model sonucunun değerlendirilmesi

İki boyutlu Nümerik modelleme çalışmalarının sonucunda Q2, Q25, Q50, Q100 ve Q500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir. Taşkın yayılım haritaları incelendiğinde Meriç Nehri yatağının 770 m<sup>3</sup>/sn debiyi güvenle geçirebildiği görülmektedir. Meriç Nehri 770 m<sup>3</sup>/sn debi üzerinde gelen debiler taşkına sebebiyet vermekte ve seddeler arasında kalan alanlarda da günümüzde risk teşkil etmektedir. 2D modelleme sonucunda Q25, Q50, Q100 Q500 taşkın debileri 1955-1975 yılları arasında yapılan Şekil 5.41’de görülen seddeler arasında kalmaktadır. Ancak taşkın dönemlerinde yeraltı suyu yükselmekte ve seddeler arkasında Şekil 5.41’de

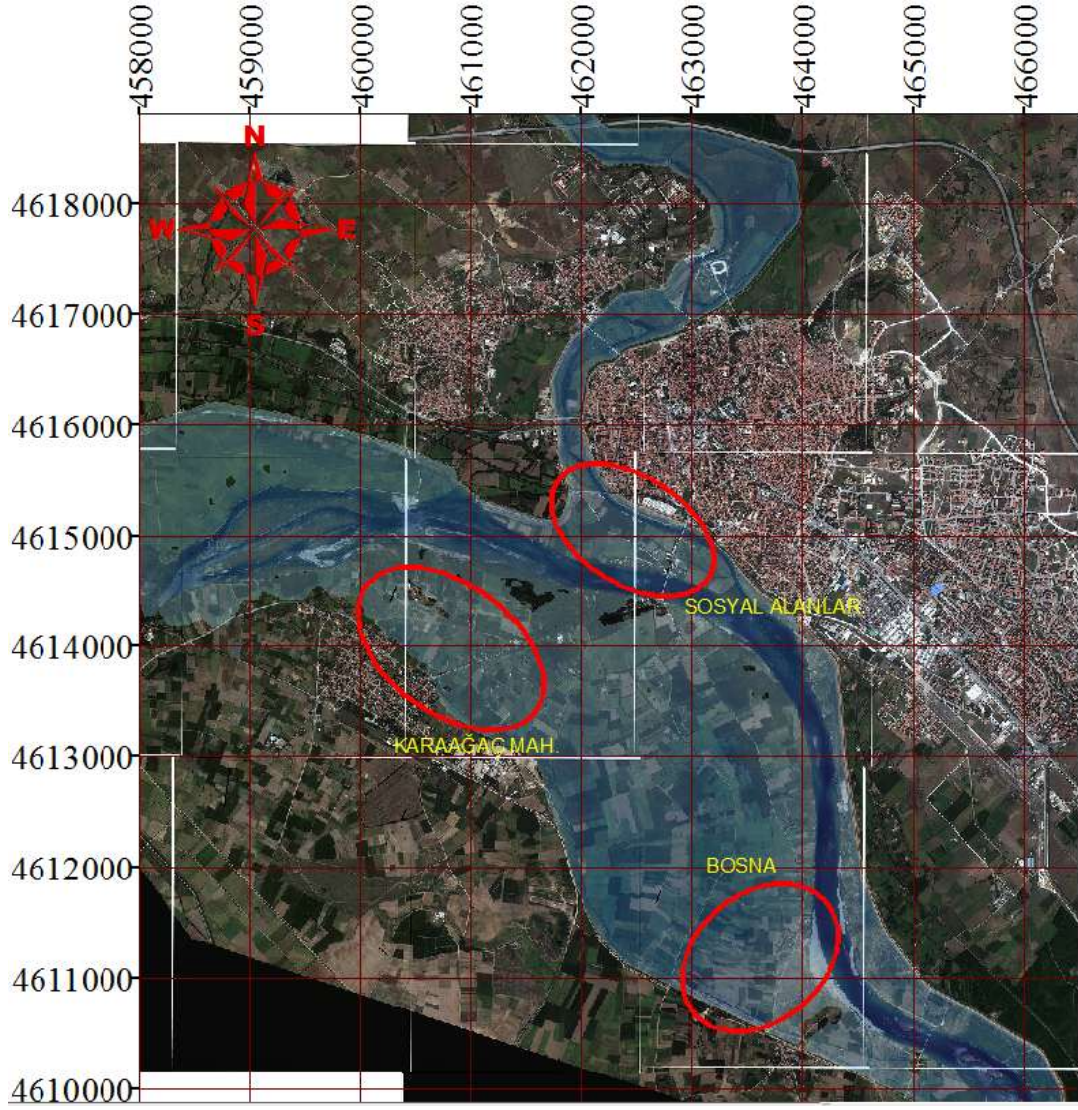


görüldüğü gibi sızıntılar meydana getirmektedir. Sızıntılar sedde arkasında bulunan alanların değerlendirilememesine ve mevcut yerleşim alanlarının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır.



Şekil 5.41. 2015 taşkınında seddeler ve mevcut sedde sızıntıları [23].

Taşkın yayılım haritaları incelendiğinde Q25 ve Q500 taşkın debilerinin yapılan saddelerden dolayı su yayılımının aynı olduğu; fakat su derinliklerinde farklılık gösterdiği görülmektedir. Oluşan taşkınlardan Karaağaç Mahallesi, Bosna köyü, Meriç Nehri yanında bulunan yazlık evler, restoranlar, çevre il müdürlüğü binası ve bölgedeki tarihi yapılar etkilenmektedir. Taşkın anında bu yerleşim yerleri ile iletişimi sağlayan, seddeler arasında kalan yollarda arazinin düz olması ve mevcut drenaj kanallarının yetersiz olması nedeniyle taşkın suları uzun süre kalmakta ve ulaşımı olumsuz etkilemektedir. Örneğin 1984 yılında oluşan taşkında 2 gün boyunca özel arazi araçları dışında ulaşım sağlanamamıştır. Edirne ili geçmişe dayanan tarihi nedeniyle aynı zamanda turizm şehridir. Meriç ve Tunca Nehirleri kıyıları bölge halkı için sosyal yaşam alanları olarak kullanılmaktadır. Bu alanlar seddeler arasında kaldığı için her taşkın sonrasında oluşan rusubat birikiminin temizliği maddi ve manevi zararları meydana getirmektedir. Mevcut seddeler arasında bulunan Şekil 5.42 ve Şekil 5. 44'de gösterilen 2300 ha tarım arazide taşkın suları altında kalmaktadır.

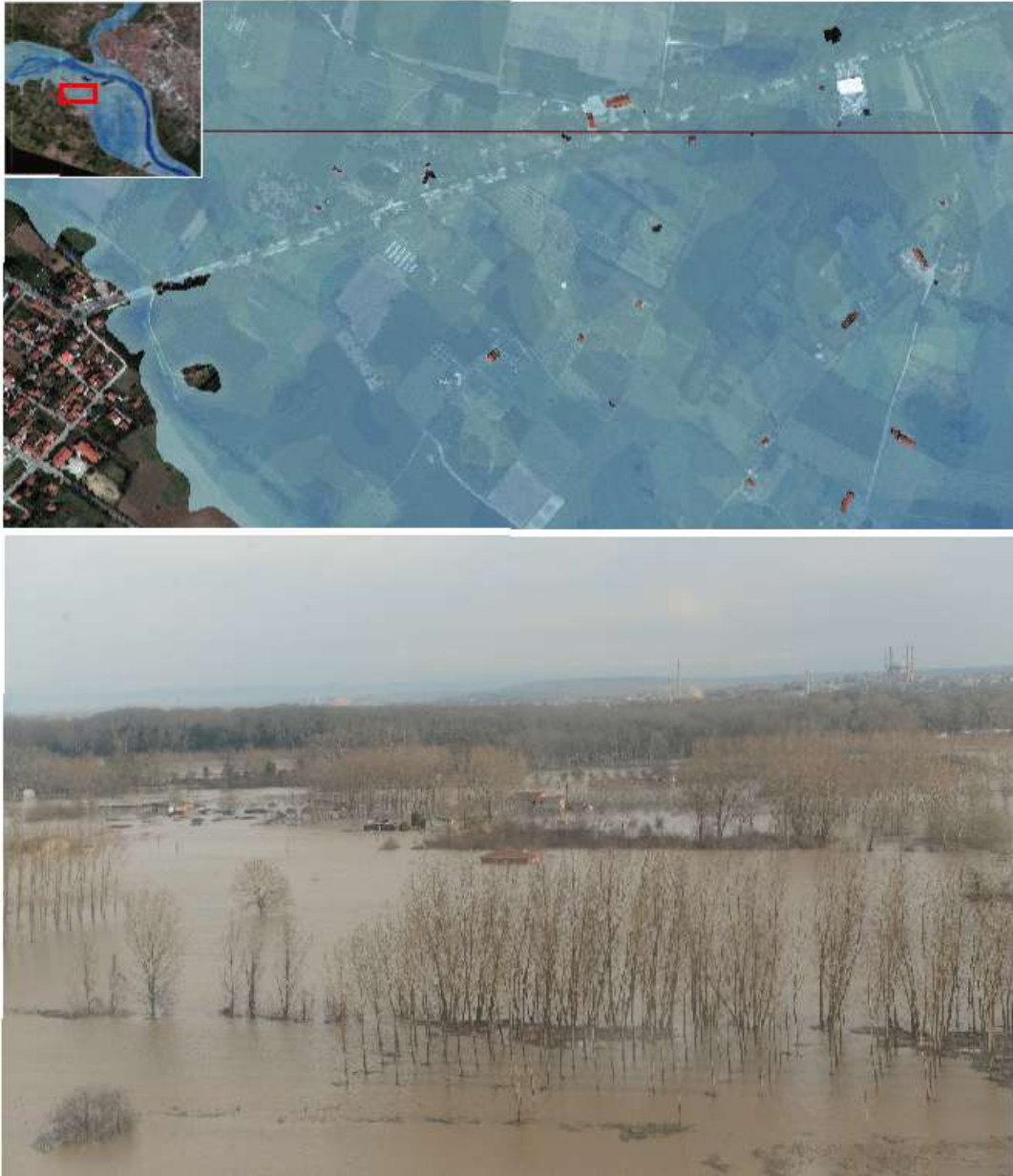


Şekil 5.42. Taşkın altında kalan yerleşim alanlarının gösterimi.



Şekil 5.43. 2D model ve 2015 taşkınında Meriç Nehri kenarı sosyal alanlar.





Şekil 5.44. 2D model ve 2015 taşkınında Meriç Nehri kenarı sosyal alanlar.

Günümüzde oluşan taşkınların seddeler arasında kalmasına rağmen bölge halkı taşkınlardan olumsuz etkilenmektedir. Bu durum seddelerin yapım planlamasında kullanılan kriterlerin günümüz koşullarında uygunluğunu yitirdiği ve taşkında korunmak için yeni çözümler üretilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca seddeler halk tarafından tahrip edilmesi sonucunda 1984 ve 2006 taşkınında olduğu gibi seddelerde yargınlar meydana gelebilmektedir. Bu durum halkın hazırlıksız olarak afetle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır.





Şekil 5.45. 2006 taşkınında sedde yargını [63].

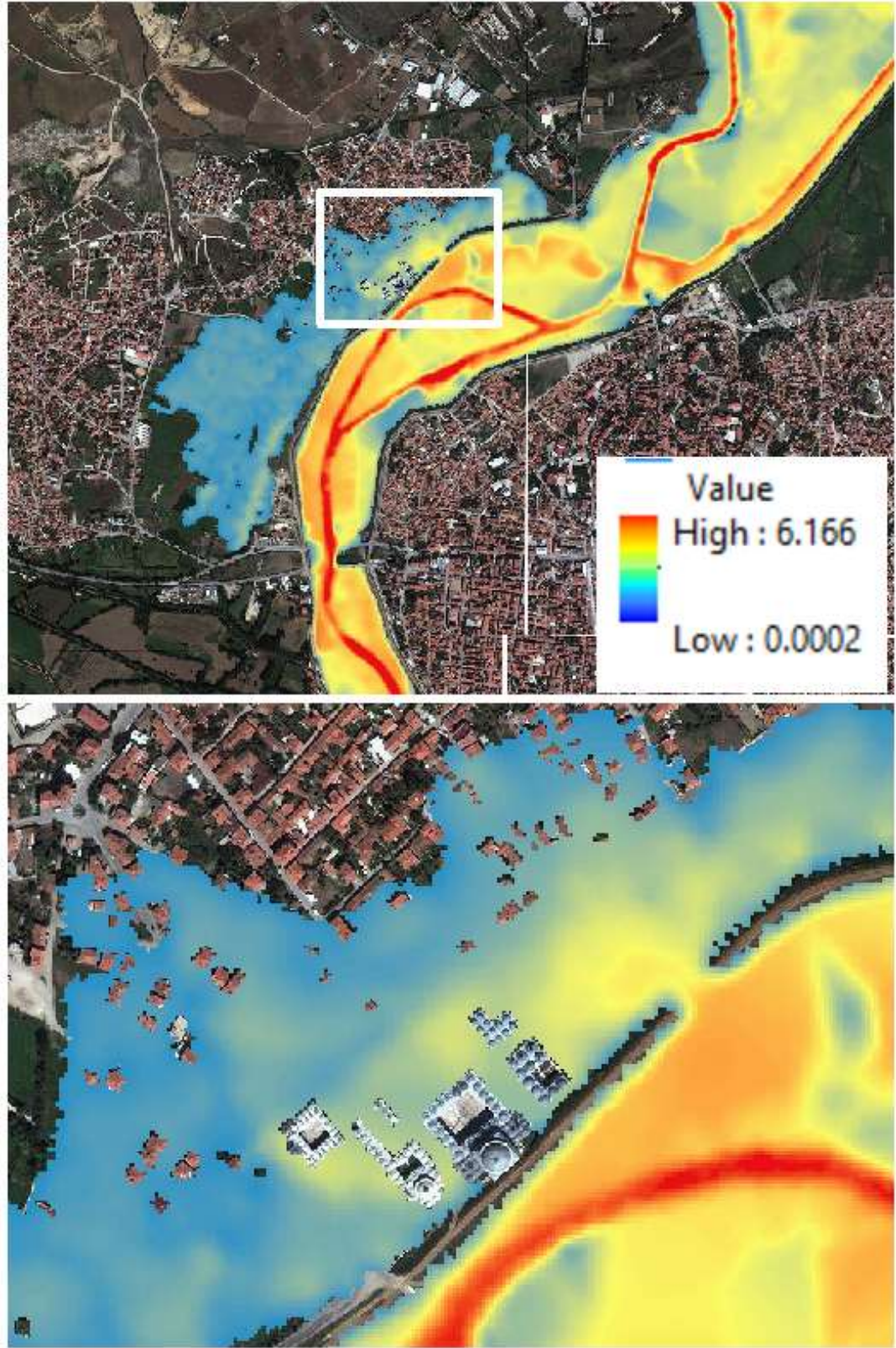
Oluşabilecek yargınların etkisini 2D modelleme ile görmek mümkündür. Sedde yargınlarının oluşturabileceği sonuçları gösterebilmek için bu çalışmada Tunca sağ sahilde bulunan cami, tıp medresesi, imaret, darüşşifa, hamam, mutfak, erzak depoları ve diğer bölümleriyle geniş bir alana yayılmış II. Beyazıt Camisi ve Külliyesi bölümünde senaryo uygulanmıştır.



Şekil 5.46. II. Beyazıt Külliyesi ve Şubat 2015 taşkını [93].

Sedde yargın senaryosu durumu Şekil 5.47 ve Şekil 5.48'de görüldüğü gibi Q50, Q100 debilerinde karşılaşılabilecek taşkın yayılım ve derinlik haritaları çıkarılmıştır.

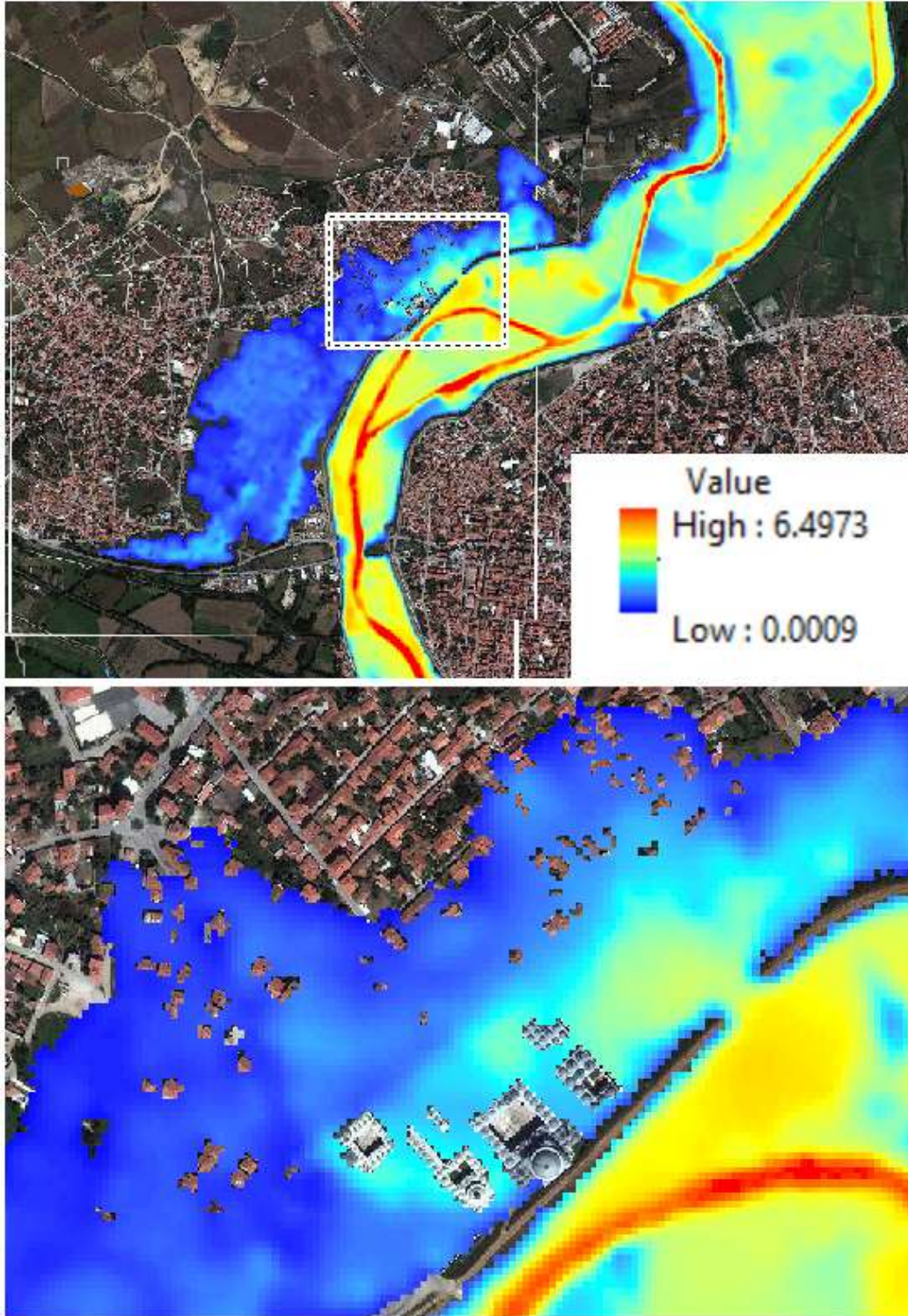
Q50 debisine göre yapılan modellemede Beyazıt Külliyesi 1-1,6 m arasında su yüksekliğinde ve 82 ev ise derinliği 0,2m-0,6m arasında taşkın sularına maruz kalmaktadırlar.



Şekil 5.47. Q50 debiye göre 2D model sedde yargını sonucu.



Q100 debisine göre yapılan modellemede ise Beyazıt Külliyesi 1-2m arasında su yüksekliğinde ve 108 ev ise derinliği 0,2-1m arasında taşkın sularına maruz kalmaktadırlar.



Şekil 5.48. Q100 debiye göre 2D model sedde yargını sonucu.

#### 5.4. Meriç Nehri İçin Tahliye Kanalı Tasarlanması

Taşkını önleyebilmek için Meriç Nehri'nin yatağının genişletilmesi veya temizlenmesi düşünülebilir, bu yaklaşım mevcut durumda nehir yatağının en dar kısmının 200 m olması ve çevresinde oluşan yaşam alanları sebebiyle çok uygun ve ekonomik gözükmemektedir. Meriç Nehri'nde oluşan taşkın debilerinin oluşmasında doğal şartların dışında ülke sınırları dışında bulunan barajların da ilave su bırakmaları Meriç Nehri kesit alanının çok büyük değerlerde çıkmasına neden olmaktadır. Böyle bir çözüm yönteminin kurak dönemlerde şehrin tarihi silüetine zarar verebileceği gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olacaktır.

Mevcut veriler ve Edirne şehir merkezinin Meriç Havzası'nın mansap tarafında düz bir arazide yerleştiği göz önünde bulundurulduğunda, Edirne şehir merkezini taşkınlardan korumak ve kontrol altına almak için en uygun çözümünün tahliye (taşkın) kanalı olacağı düşünülmüştür. Tahliye kanalı ile taşkın suları Şehir merkezine zarar vermeden şehrin mansap kısmına aktarılabilir ve yerleşim alanları taşkınlardan etkilenmeyecektir. Türkiye ve Yunanistan sınırını oluşturan Meriç Nehri taşkın sahasında Türkiye sınırları içerisinde Yunanistan'a yaklaşık 4 km kadar mesafede geçmektedir. Yunanistan sınırı ile Meriç Nehri arası genel olarak tarım arazisi olarak kullanılması kanal yapımı için arazi şartlarının uygun olduğu göstermektedir. Tahliye kanalı tasarımında istatistiksel yöntemlerle hesaplanan Q500 debisi dikkate alınmıştır.

Tahliye kanal güzergâhların belirlenmesindeki ana kriterler, öncelikle kanalın başlangıç noktası ve bitiş noktasındaki kot farkı, enkesitten dolayı oluşacak yarma ve dolgu miktarının optimizasyonu, belirlenecek taşkın kanalının genişliğine göre kamulaştırılacak alanların uygunluğu ve son olarak da yerleşim yerlerine olan uzaklığını belirlemektir. Tahliye kanalı kamulaştırma alternatifleri ve şehrin imar durumu düşünülerek Şekil 5.49'da görüldüğü gibi iki farklı güzergâh belirlenmiştir.



Şekil 5.49. Tahliye kanalları güzergâhları ve başlangıç koordinatları.

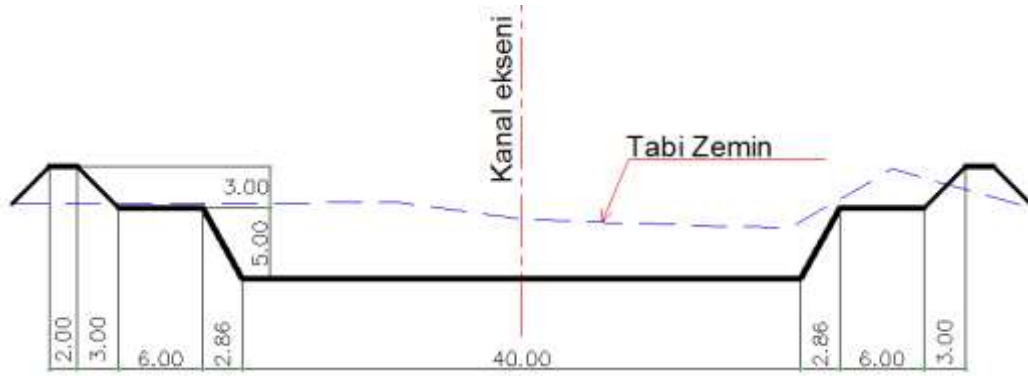
#### 5.4.1. Tahliye kanal enkesitini belirlenmesi

Tahliye kanalı istatistiksel yöntemlerle hesaplanan Q500 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre tasarlanmıştır. Burada 770 m<sup>3</sup>/sn debiyi Meriç Nehrinin güvenle geçireceği model sonucunda görülmüş ve diğer kısmı bağlama yapısıyla kontrollü olarak tahliye kanalına aktarılacağı planlanmıştır. Kanal enkesiti Şekil 5.50'de görüldüğü gibi şeddeli trapez kesit olarak tasarlanmış ve kesit alanı manning formülü ile hesaplanmıştır. Kanal kesiti birikebilecek sediment miktarı düşünülerek 2.300 m<sup>3</sup>/sn debiyi güvenle geçirebilecek şekilde tasarlanmıştır.

$$Q = \frac{1}{n} \alpha R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A \quad (5.25)$$

Q: Debi, n: manning katsayısı, R: hidrolik yarıçap, S: eğim A: kanal kesit alanı





Şekil 5.50. Tahliye kanalı tip en kesiti.

#### 5.4.2. Tasarlanan kanal enkesitinin şev stabilite analizleri

Şev stabilite hesapları ve analizleri "Slide " programı Slide V6 versiyonu ile inşaat sonu durumu çözülmektedir. Ayrıca program içeriğinde bulunan FEA (Sonlu Elemanlar Yöntemi) ile işletme hallerine bakılmaktadır. Stabilite analizleri şev eğimleri 1yatay/2düşey olarak tasarlanmıştır. Stabilite analizlerinde aşağıda belirtilen durumlar iki yaklaşımla tetkik edilmiştir.

Şevi için: İnşaat Sonu Durumu

İnşaat Sonu Durumu (Depremli)

İşletme Hali

Şevlerin stabilite analizleri sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılacak minimum emniyet katsayıları da aşağıda verilmiştir.

Şevi İçin: İnşaat Sonu Durumu Minimum: 1.3

işletme Durumu Minimum: 1.5

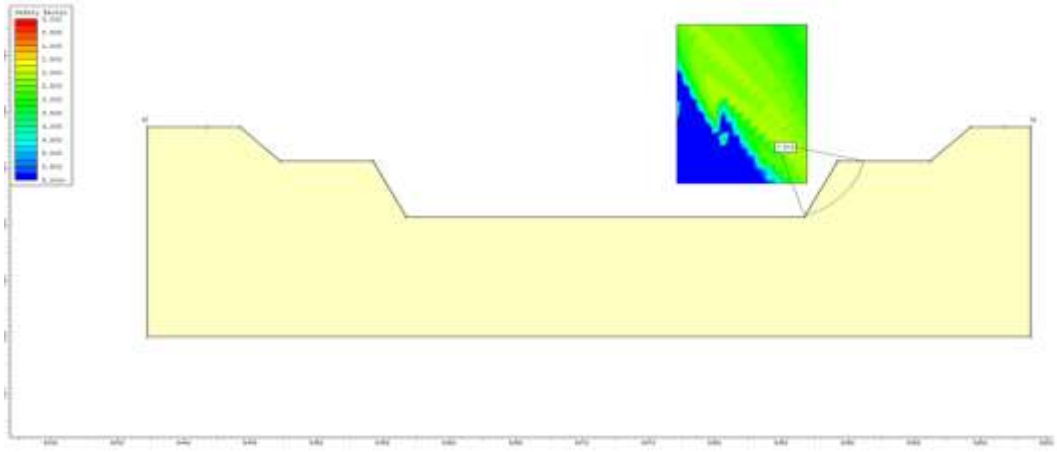
Deprem Durumunda tüm analizlerde Minimum 1.0

Programdan elde edilen yükleme sonuçları ise;

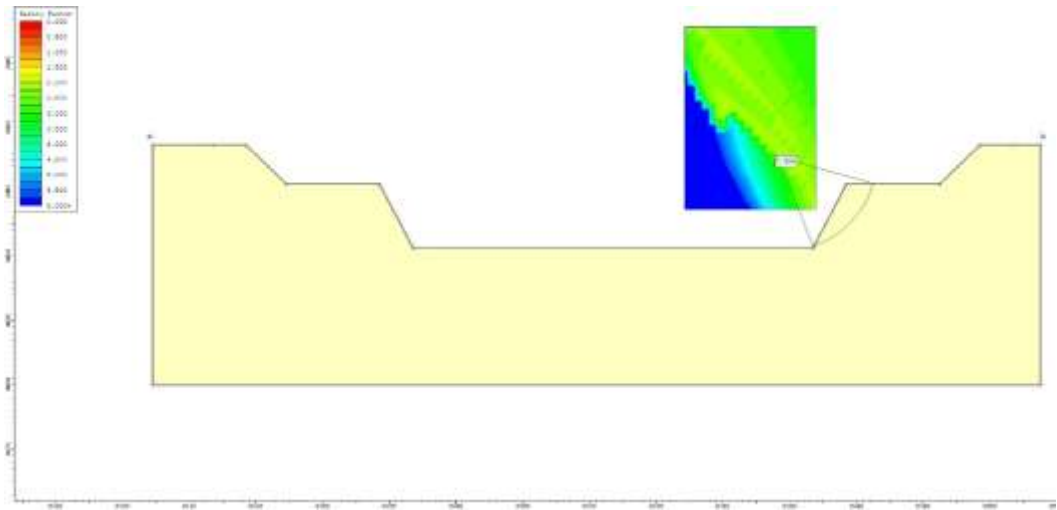
İnşaat Sonu Durumu:  $F.S = 1.912 > 1.3$

İşletme Durumu:  $F.S=2.639 > 1.5$

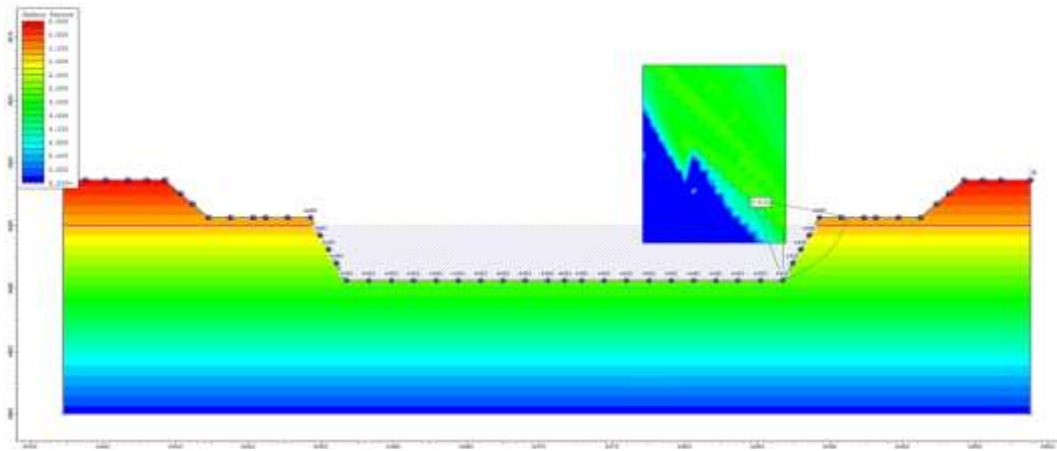
İşletme Durumu (Depremli)  $F.S =1.829 > 1.0$



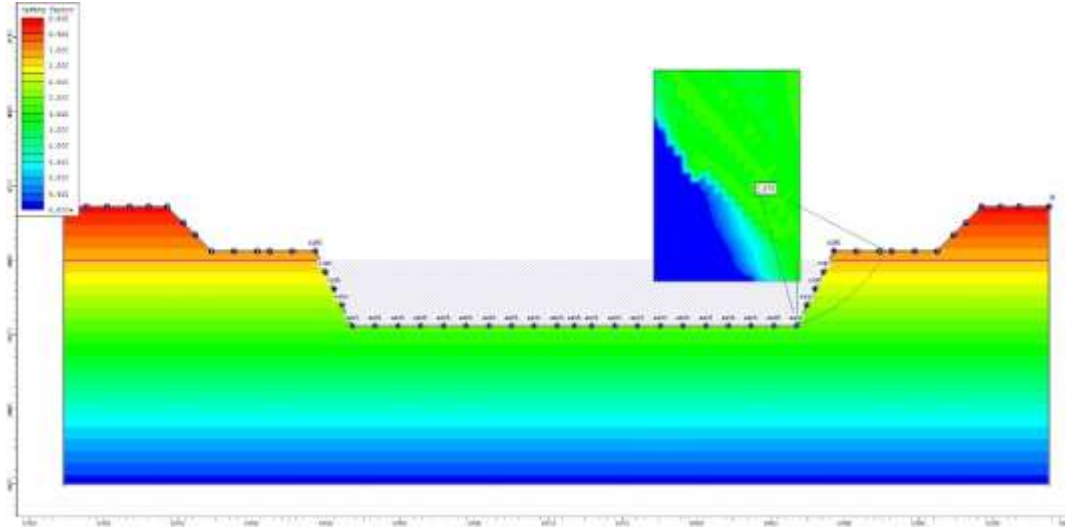
Şekil 5.51. Tahliye kanalı inşaat sonu-BISHOP.



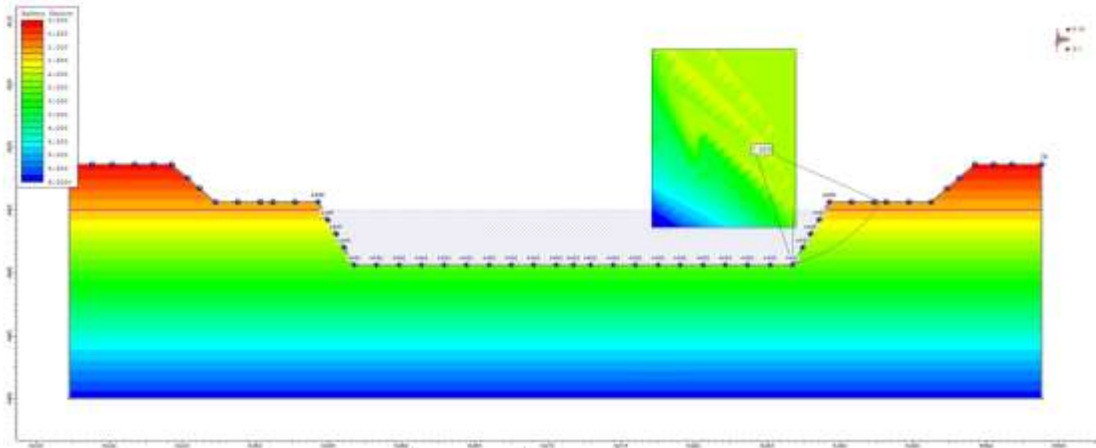
Şekil 5.52. Tahliye kanalı inşaat sonu-JUMBO.



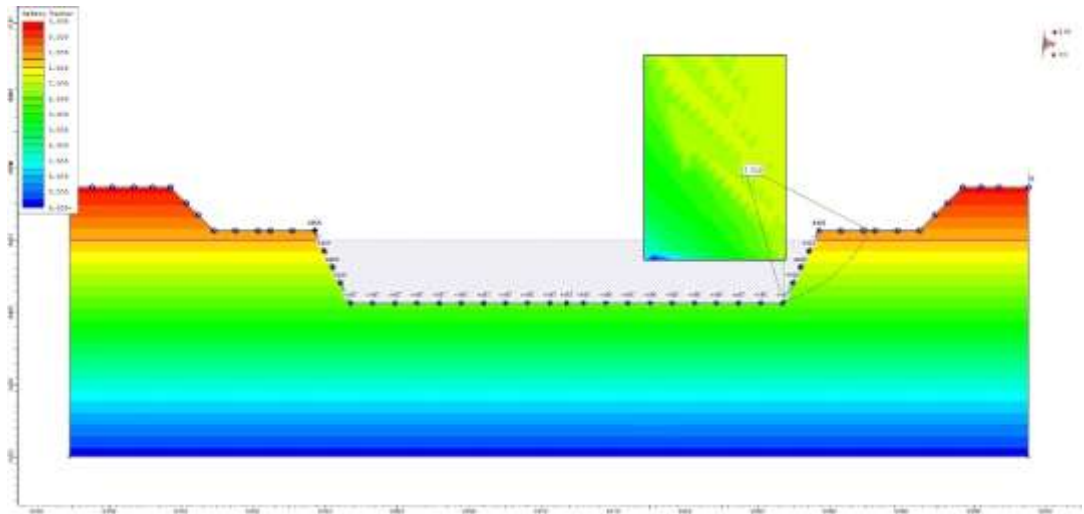
Şekil 5.53. Tahliye kanalı işletme hali-BISHOP.



Şekil 5.54. Tahliye kanalı işletme hali- JAMBU.



Şekil 5.55. Tahliye kanalı işletme hali-depremlı –BISHOP.

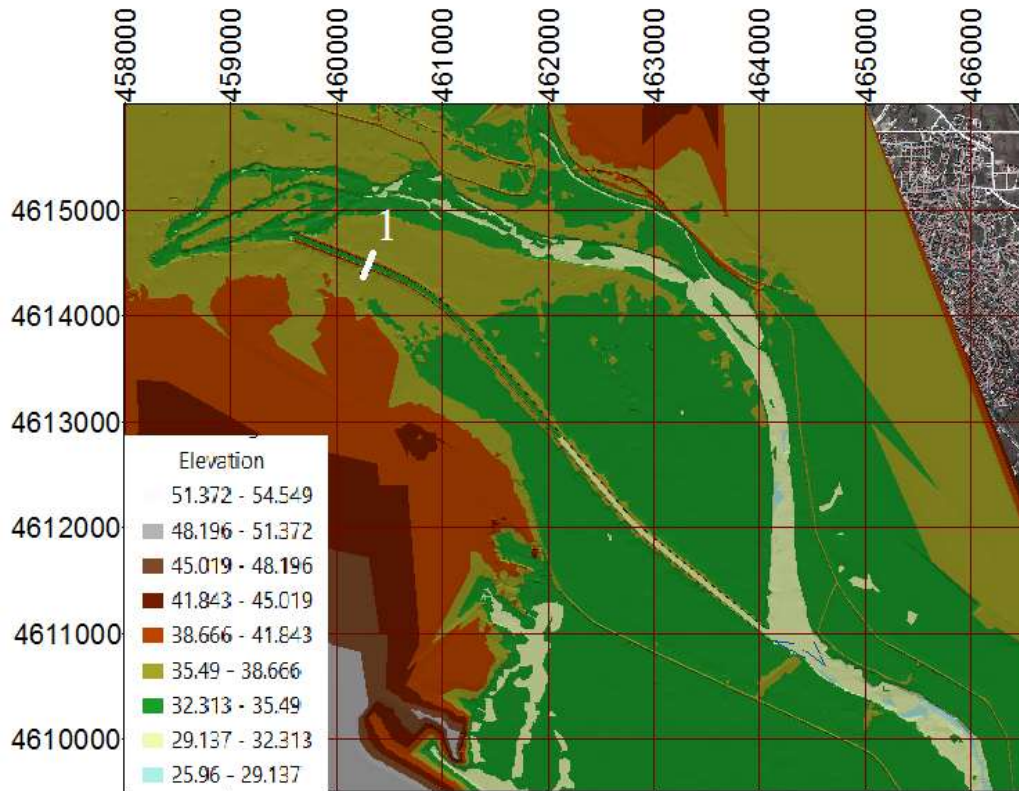


Şekil 5.56. Tahliye kanalı işletme hali-depremlı –JAMBU.

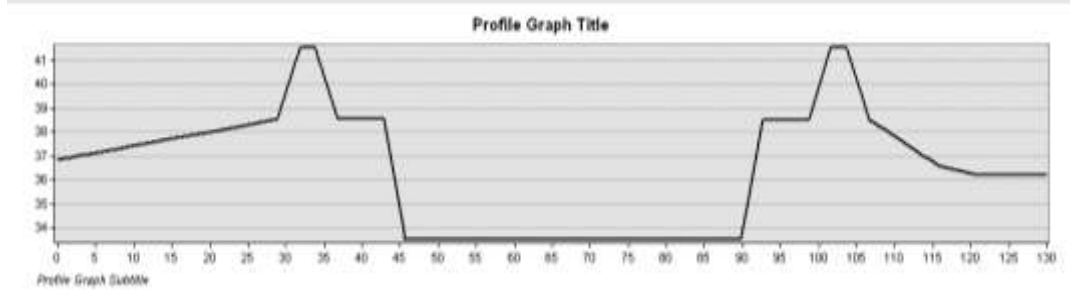


### 5.4.3. Brinci güzergâh modellemesi

Tahliye kanalı için 1. Güzergâh Meriç Nehri ile Karaağaç Mahallesi arasından geçirilmiştir.  $x=459700$ ,  $y=4614707$   $z=34m$  koordinatlarında başlayıp  $x=464089$ ,  $y=4610984$   $z=30m$  koordinatlarında bitmektedir. Kanal uzunluğu 6000 m'dir Meriç Nehri ile mansap bölümünde  $12^\circ$ 'lik açı ile birleşmektedir. Güzergâh belirlenmesinde kanal boyunca önceden drenaj kanalının bulunması, güzergâh alanının mevcut durumda da kamulaştırılmış olması, güzergâhın seddeler arasında olması temel sebeplere dayanmaktadır. Kanal kesiti belirlendikten sonra kanal kotları 25 cm hassasiyetinde AutoCAD ortamında nokta veri olarak işlenmiştir. Daha sonra ArcGIS programında export edilen veriler gerekli düzenlemeler yapılmasının ardından arazi modeli (TIN) oluşturulmuştur. Hazırlanan arazi modelinde hatalar Tin Editing araç çubuğundan faydalanılarak giderilmiştir. Modellemede kullanılan tüm enkesitler arazi modelinden elde edilmiştir.

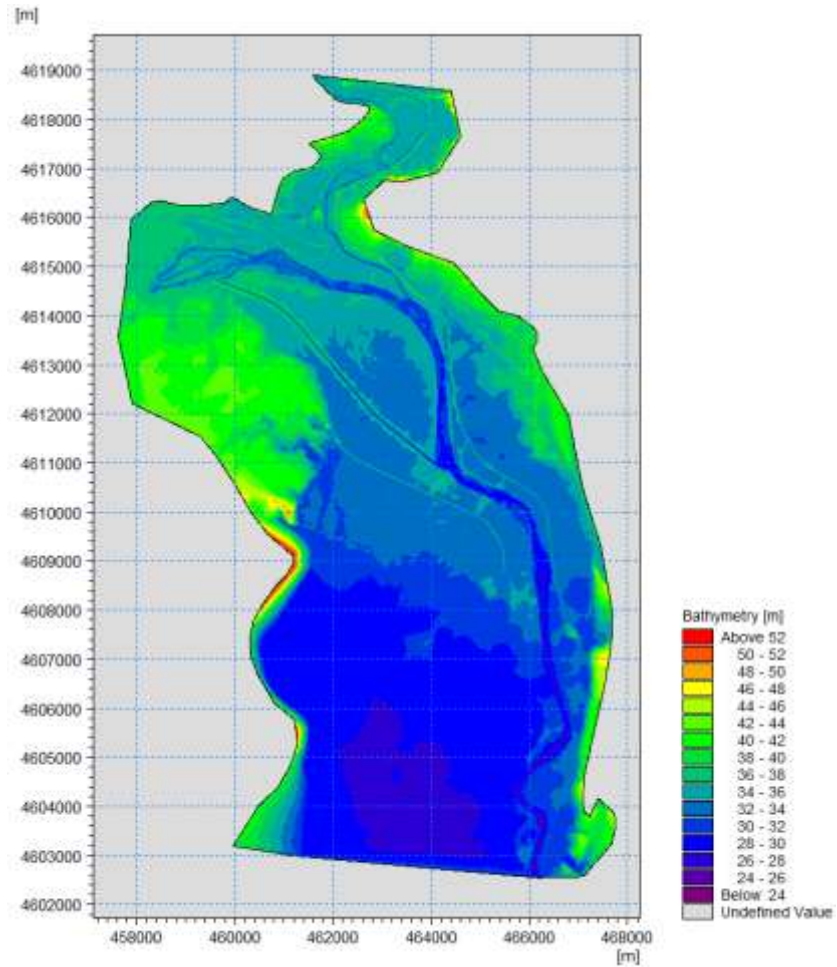


Şekil 5.57. Birinci güzergâhın arazi TIN modeline işlenmiş hali.



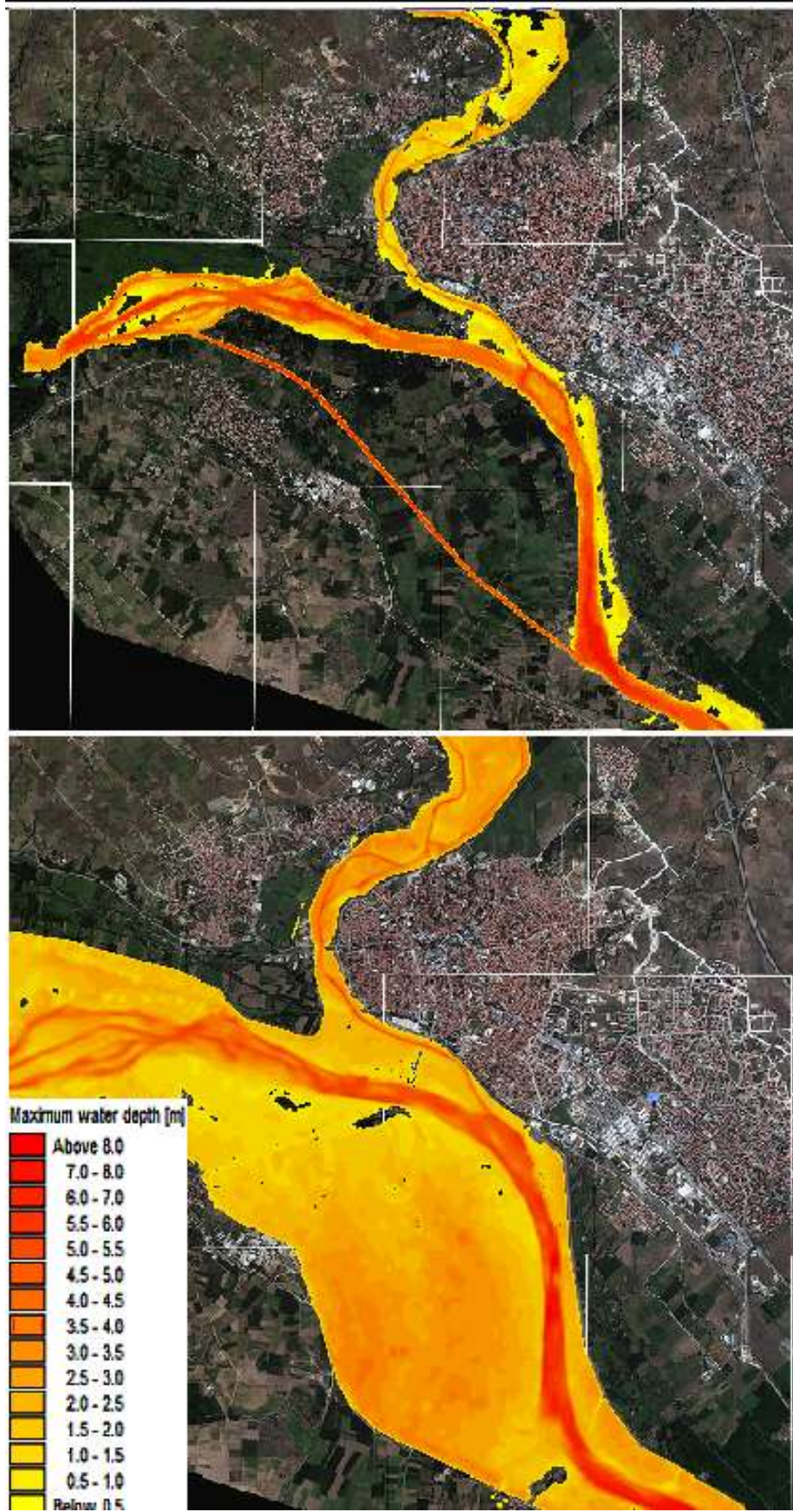
Şekil 5.58. Birinci güzergah tip kesit.

Oluşturulan arazi modeli araziye tam olarak temsil ettiği düşünüldüğünde Mike Zero ortamında batimetrik haritanın oluşturulabilmesi için x,y,z kotları arcGIS ortamında hesaplanmış ve xyz uzatılı dosyası oluşturularak Mike Zero ortamına aktarılmıştır. Oluşturulan modelde taşkın beklenmediği için hesaplama ağından mevcut yapılar çıkarılmamıştır.



Şekil 5.59. Tahliye kanalı birinci Güzergah batimetrik haritası.



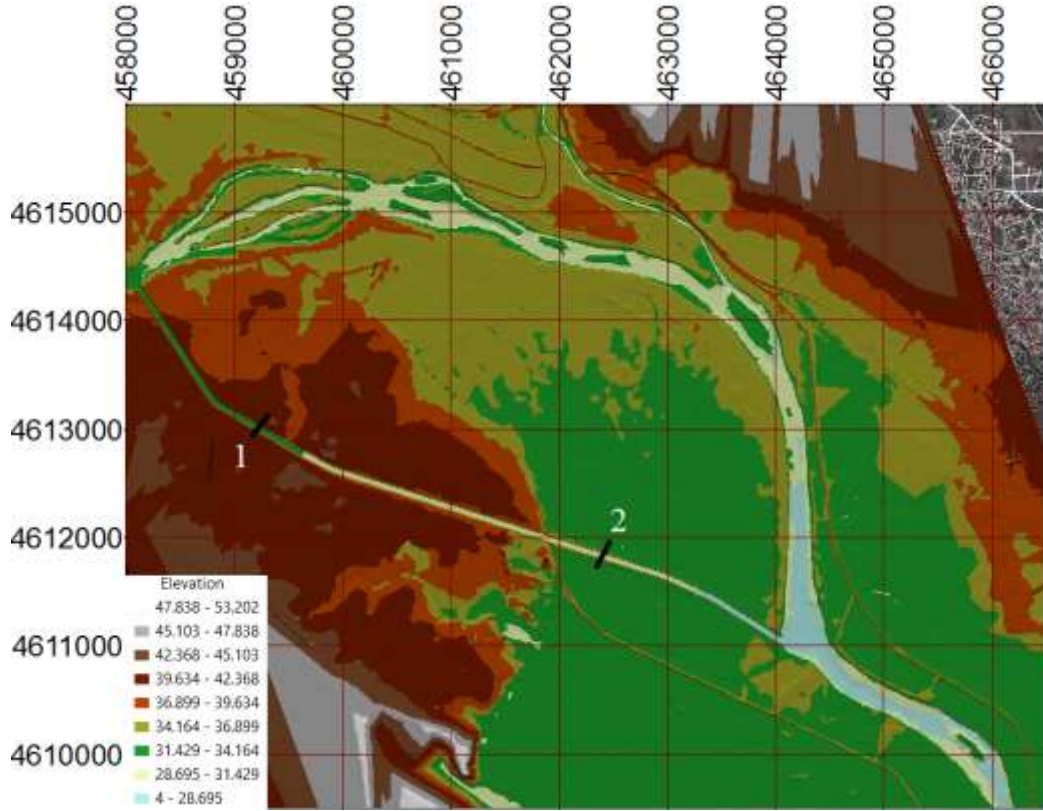


Şekil 5.60. Tahliye kanalı birinci güzergah Q500 debisine göre sonuç.

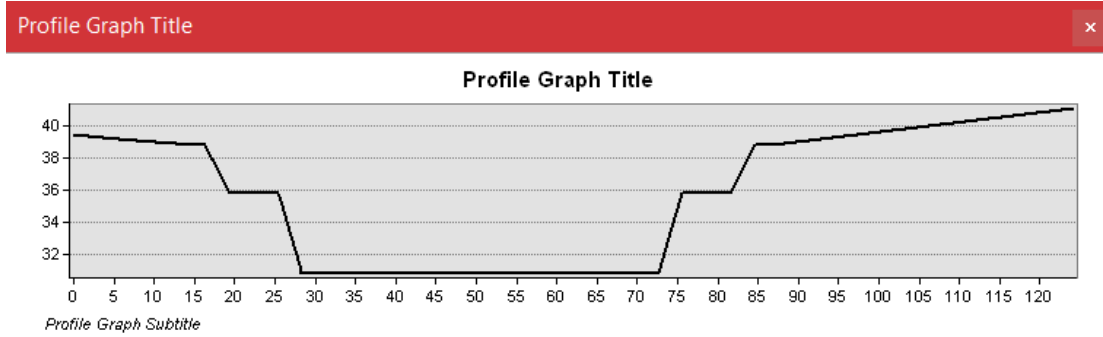
Kanal 2D modelleme sonucunda Q500 debiyi güvenle geçirebildiği ve taşkın alanlarının etkilenmediği Şekil 5.60'de görülmektedir. Güzergâhın belirlenmesinde yapım kolaylığı ve maliyetinin az olması gibi olumlu yönlerin yanında mevcut durumda yerleşim yeri olan karaağaç mahallesi arasında geçişler için köprüye ihtiyaç duyulacaktır.

#### **5.4.4. İkinci güzergah modellemesi**

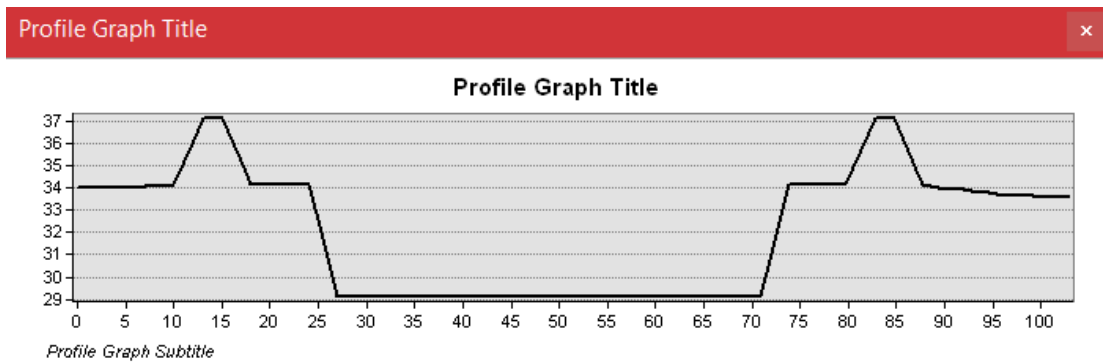
Tahliye kanalı için 2. Güzergâh Karaağaç Mahallesi ile Yunanistan sınır arasında planlanmıştır.  $x=458138$ ,  $y=4614302$ , koordinatlarından başlayarak  $x=464089$ ,  $y=4610984$ , koordinatlarında bitmektedir. Kanal uzunluğu 7.060 m'dir. Güzergâhın belirlenmesinde Edirne ili yerleşim sınırları içerisinde taşkını tamamen uzaklaştırmak hedeflenmiştir. Kanal ile Yunanistan sınırı arasında yerleşim yeri bulunduğundan kanal güzergâhından dolayı yeni ulaşım yolları yapılmasına gerek duyulmayacaktır. Güzergâh Karaağaç Mahallesi arkasından Meriç Nehri mansabında 20°'lik açı ile birleşmektedir. Kanal kesiti belirlendikten sonra kanal kotları 25 cm hassasiyetinde AutoCAD ortamında nokta veri olarak işlenmiştir. Daha sonra ArcGIS programında TIN dosyası hazırlanmıştır. Hazırlanan arazi modelinde hatalar TinEditing araç çubuğundan faydalanılarak giderilmiştir. Mike Zero programında batimetrik harita oluşturulmuştur.



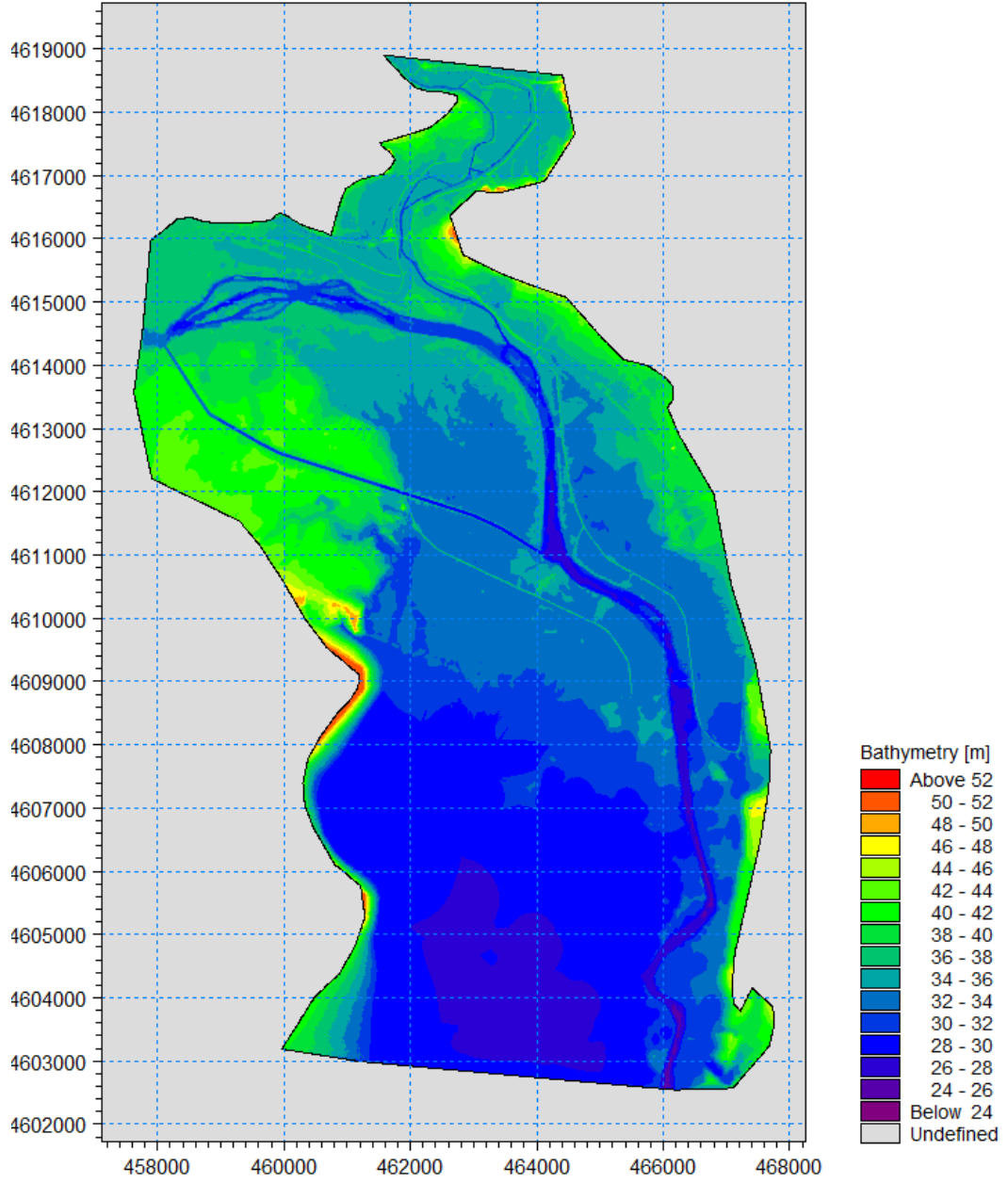
Şekil 5.61. İkinci güzergahın arazi TIN modeline işlenmiş hali.



Şekil 5.62. İkinci güzergah yarmada kesit.

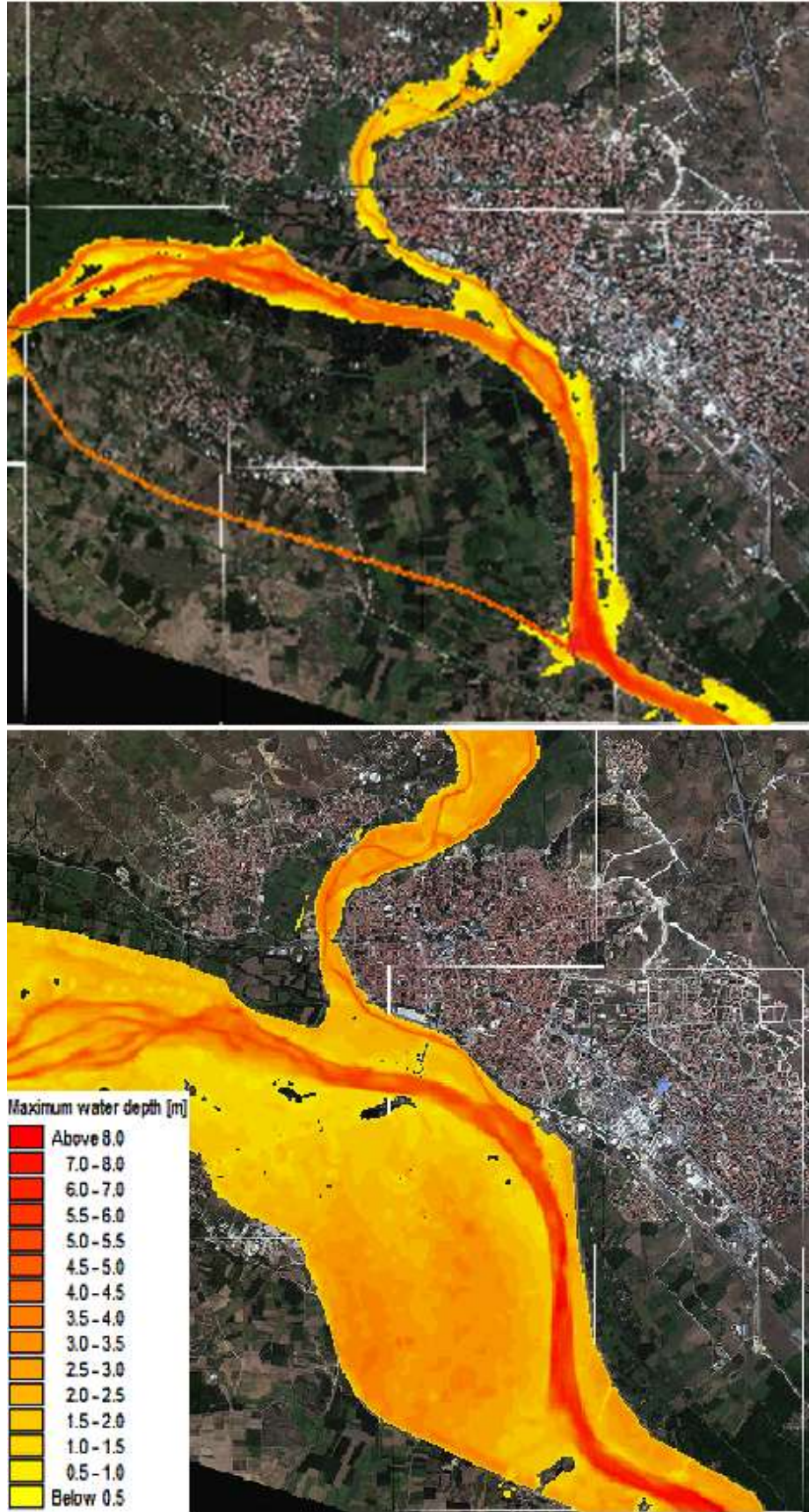


Şekil 5.63. İkinci güzergah dolguda kesit.



Şekil 5.64. Tahliye kanalı ikinci güzergah batimetrik haritası.

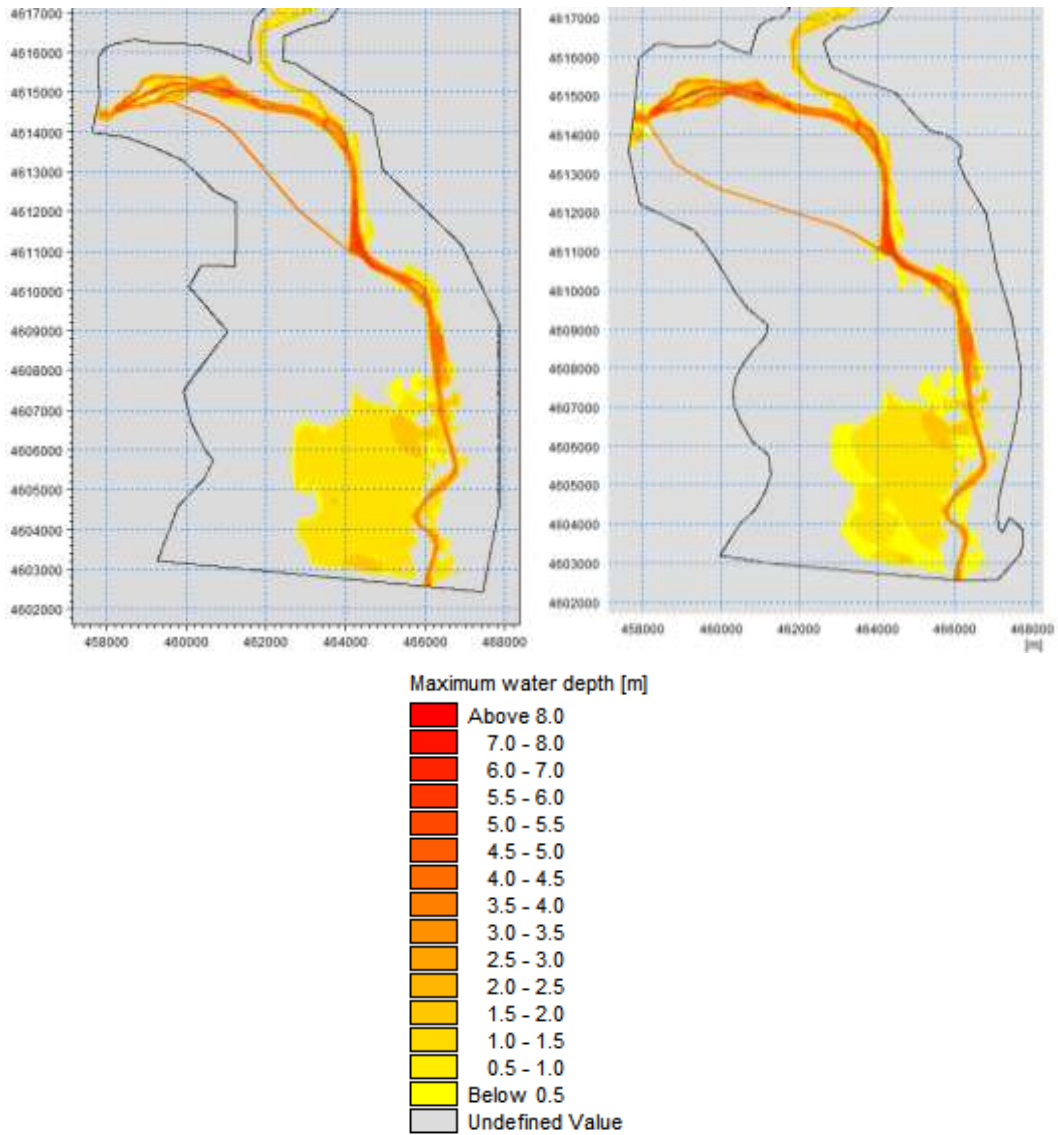




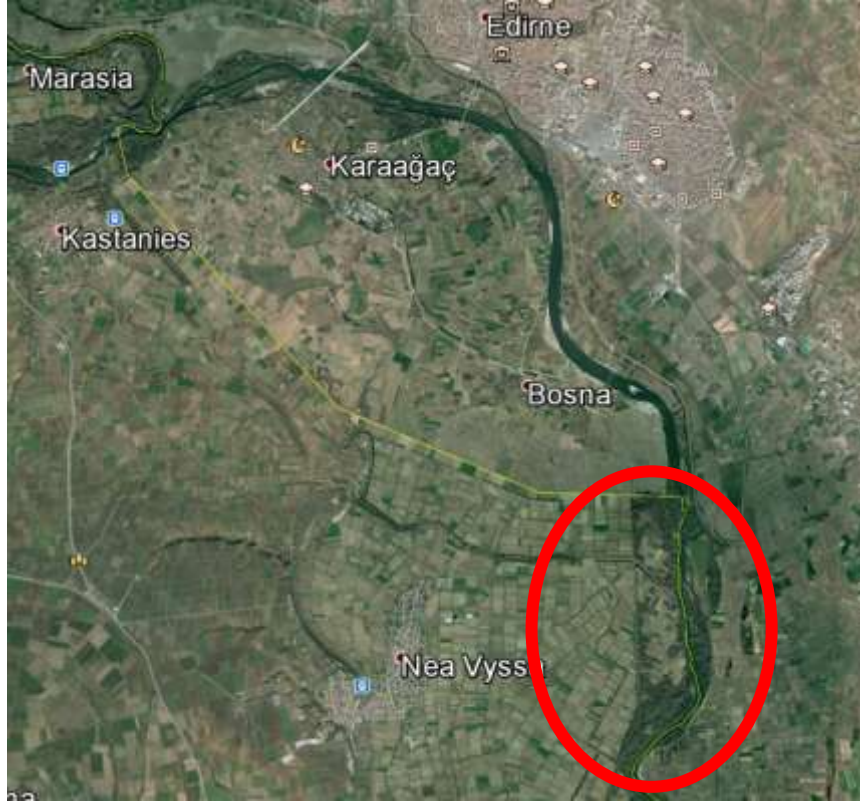
Şekil 5.65. Tahliye kanalı ikinci güzergah Q500 debisine göre sonuç.



Yapılması düşünölen tahliye kanallarının mansap şartları çözüm önerisinin uygun olup olmadığı konusunda önem arz etmektedir. Tahliye kanalı Meriç Nehri ile birleştikten 3 km sonra Meriç Nehri, Türkiye Yunanistan sınırını oluşturmaktadır. Yapılan 2D modelleme ile her iki güzergâhın mansap şartları Şekil 5.66'da verilmiştir. Model sonucu incelendiğinde Meriç Nehri sağ sahilde Türkiye arazi kotu yükseldiği için sol sahilde Yunanistan'ın tarım arazilerine yayılmaktadır. Mansap kısmında herhangi bir yerleşim yeri risk altında kalmamaktadır. Modellenen her iki güzergâha taşkını güvenle geçirebilmektedir. Hangi güzergâhın uygun olacağı yapım kolaylığı ve şehir imar yapısına göre değerlendirilip karar verilebilecektir.



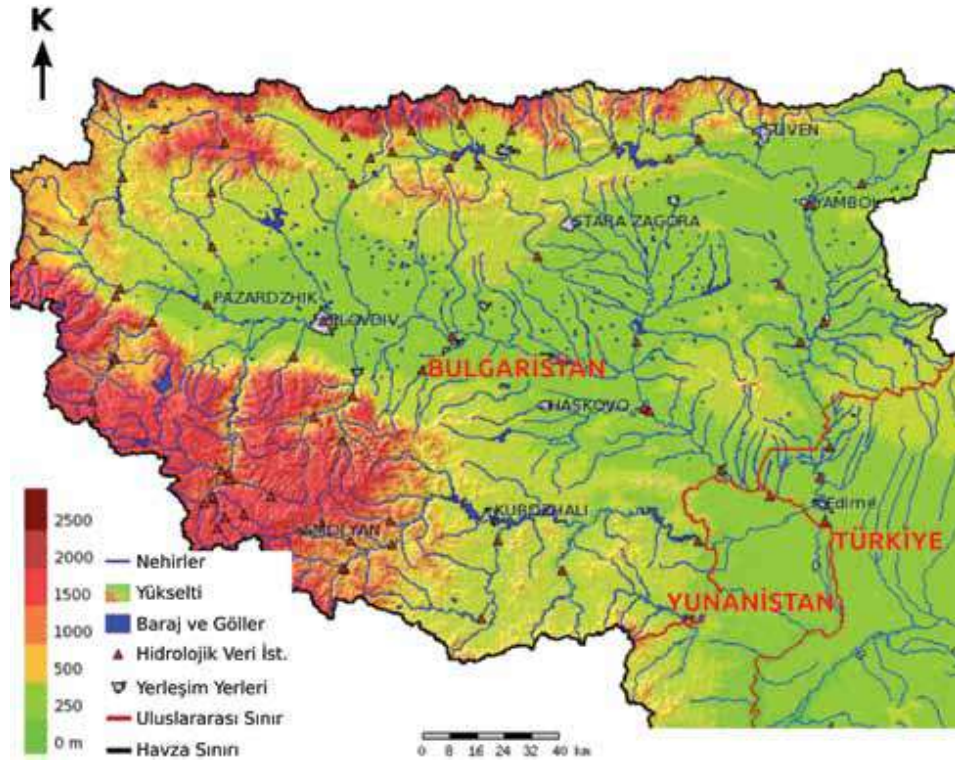
Şekil 5.66. Tahliye kanalları mansap durumları.



Şekil 5.67. Tahliye kanallarının mansap bölümünde taşkına maruz kalan alan.

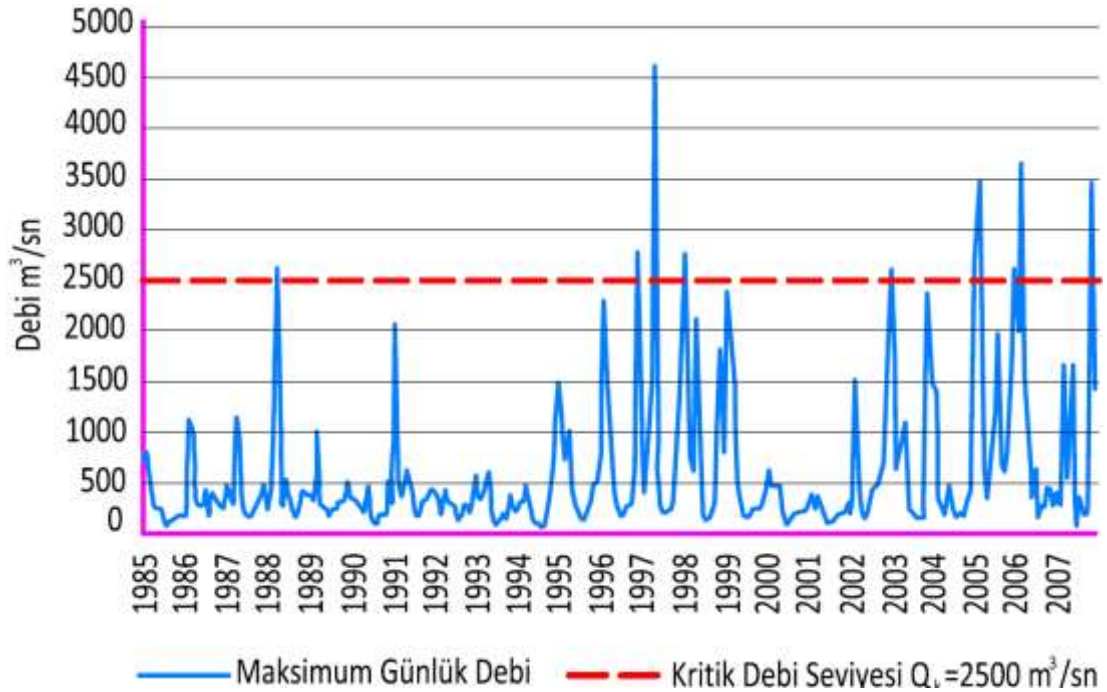
## BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Köklü bir tarihe sahip ve aynı zamanda Osmanlı imparatorluğuna başkentlik yapmış olan Edirne şehri ilk olarak 1509 yılında kayıt altına alınan ve günümüze kadar daha da sıklaşan periyotlarla taşkın afetine maruz kalmaktadır. Oluşan taşkınlar maddi ve manevi zararlara sebebiyet vermiş ve hatta bir taşkın sırasında padişah II. Selim sarayda mahsur kalmış ve zorlukla kurtarılmıştır [77]. Edirne ilinin taşkınlara maruz kalmasının en büyük etkeni havzada bulunan Arda ve Tunca Nehirlerinin Meriç Nehri ile birleşerek Edirne şehir merkezinden geçmesidir. Bir diğer doğal etken ise Meriç Havzasının Bulgaristan kısımlarında eğimi %12,5 gibi yüksek bir değerde iken Edirne şehir merkezi kısımlarında Şekil 6.1’de görüldüğü gibi oldukça düşüktür.



Şekil 6.1. Meriç Havzasının topografik yapısı

Taşkınların oluşmasında doğal etkenlerin yanı sıra barajların etkisi de göz ardı edilemez bir gerçektir. Arda, Tunca ve Meriç Nehri üzerinde toplam 16 adet baraj bulunmaktadır. İnşa edilen bu barajların su tutma kapasiteleri düşük tasarlanmakla birlikte bu barajlar daha çok enerji üretimi amaçlı planlanmıştır. Ayrıca yapılan barajlar yaz dönemlerinde depoladığı suyu tarımsal sulama amaçlı kullandığı için yaz aylarında gelen sularda azalma olmaktadır. Ancak bu barajların en önemli etkisi taşkınlara sebebiyet vermeleridir. Günümüzde Bulgaristan'da özel sektör tarafından enerji üretmek amacıyla işletilen barajlar ekonomik kaygı yüzünden taşkın önleyici/öteleyici işletme planlaması yapılmadan işletilmektedir. Bu yüzden bu barajlar her mevsim tam dolu kapasitede çalıştırılmak istenmektedir. Taşkın mevsimlerinde ise kapakların açılması ile Edirne şehir merkezinde oluşan taşkınların oluşum periyodunu ve şiddetini sıklaştırmış ve şiddetinin arttırmıştır. Bu durum Edirne'nin 40 km güneyinde bulunan Kuleliburgaz (Pythion) Köprüsü üzerindeki akım ölçüm istasyonundan 1985-2007 yılları arasında farklı her ay için elde edilen anlık en yüksek akım değerleri barajların taşkınlar üzerinde etkilerini ortaya koymaktadır.



Şekil 6.2. Meriç Nehri 1985-2007 yılları arasında anlık en yüksek akımlar [68].

Ölçüm yapılan 23 yıllık dönemde farklı her ay için anlık en yüksek akım değerleri incelendiğinde, 1985-1995 yılları arasındaki 11 yıllık periyotta farklı her ay için anlık en yüksek nehir debilerinin sadece bir kez  $2.500 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'yi aştığı; 1996-2007 yılları arasındaki 12 yıllık periyotta ise farklı her ay için anlık en yüksek nehir debilerinin 7 kez bu kritik değerin üstüne çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla, ilk periyotta her 12 yıl için bir taşkın yaşanırken ikinci periyotta her 2 yıl için bir taşkın yaşanmaktadır.

Edirne şehir merkezi taşkınlarının önlenmesinde, taşkına sebebiyet veren etkenleri inceleme aşamasından sonra taşkınları önleme/öteleme amaçlı 2D taşkın simülasyonları oluşturulmuştur. İstatistiksel verilerle hesaplanan 2, 25, 50, 100 ve 500 yıllık taşkın tekerrür debileri ile taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde taşkın sularının 1955-1975 yılları arasında seddelenmiş arazide kaldığı görülmüştür. Ancak günümüzde seddeler arasında kalan bu alanda yerleşim yerleri ve sosyal yaşam alanları bulunmaktadır. Karaağaç Mahallesi, Bosna Köyü, Meriç Nehri yanında bulunan yazlık evler, restoranlar, çevre il müdürlüğü binası ve bölgedeki tarihi yapılar taşkınlardan etkilenmektedir. Taşkınlarda Karaağaç Mahallesi, Alibeyköy, Umurca ve Nasuhbey Köyleri ile Edirne şehir merkezi arasında ulaşım yolu su altında kalmakta ve arazinin düz olmasından dolayı biriken su hızlı bir şekilde direne edilememektedir. Farklı senaryolarda elde edilen sonuçlarda sadece su derinliğinin değiştiği görülmüştür. 1/1000 ölçekli batimetrik harita ile yapılan modellemede Meriç Nehrinin  $770 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik debiyi güvenle geçirdiği görülmüştür. Bu değerin üzerinde gelen debilerin Meriç yatağından taşıdığı gözlemlenmiştir.

Mevcut seddelenmiş arazi geniş bir ova olup bu alanın taşkından korunması ile 2300 ha alan tarıma açılmış olacaktır. Aynı zamanda Karaağaç Mahallesi ile Edirne şehir merkezi ulaşım yolu taşkın anında da ulaşım açılacaktır. Bölgede yaşanan taşkınlar tarımı da olumsuz etkilemektedir. Tek yıllık kış bitkilerinden olan hububatın taşkına maruz kalma riskinden dolayı ekimi az yapılmaktadır. Genellikle şubat-mart aylarında gelen taşkınlar seddeler arasında drenajın iyi olamamasından dolayı arazide uzun zaman kalarak sonbaharda atılmış olan taban gübresinin



yıkanmasına sebebiyet vermektedir. Taşkın sularının bırakmış olduğu silt-kum tabakası bitki gelişimini engellemektedir. Genel olarak çeltik ekimi ön planda olmak üzere, ayçiçeği ve mısır ekimi de yapılmaktadır. Taşkınların bu alanlara yayılmasının önlenmesiyle söz konusu sahaya sebze, bostan, mısır ve fasulye gibi yüksek gelir sağlayan ürünler ekilebilir. Gayri safi hasılasının %42 sini tarımdan elde eden Edirneliler taşkından korunarak maddi olarak kazançlarını artıracaktır [94].

Edirne şehir merkezini taşkından korumak amaçlı yedi adet sedde inşa edilmiştir. Şubat 2015 tarihinde yaşanan taşkında görüldüğü gibi taşkın anında yeraltı suyunun yükselmesi ile beraber seddeler arkasında sızıntılar oluşabilmekte ve sedde arkasında da taşkın olumsuz şekilde hissedilmektedir. Aynı zamanda bu seddeler halk tarafından tahrip edilebilmekte ve borulanma (dolgunun sızma ile mukavemetini kaybedip su ile birlikte harekete geçmesi) ile yıkılabilmektedirler. Nitekim 1984 taşkını ve 2006 taşkınlarında seddelerde yıkılmalar meydana gelmiştir. Yaklaşık olarak 4m yüksekliğinde inşa edilen seddelerin yıkılması sonucunda halk beklemediği şekilde taşkın sularına maruz kalabilecek ve taşkın zararları daha da fazla artacaktır. Seddelenmiş arazinin dışında kalan yerleşim alanlarında yaşayan halkın sedde yarılması ve sonuçları görsel olarak anlatılmalı ve halk bilinçlenmelidir.

Çalışmamızda Tunca sağ sahilde bulunan ve tarihi öneme sahip II. Beyazıt Külliyesi kısmında sedde patlaması senaryosu uygulanmıştır. Sonuç olarak Q100 debisi dikkate alındığında Beyazıt Külliyesi'nin 1-2 m arasında su yüksekliğine ve 108 evin ise derinliği 0,2 m-1m arasında taşkın sularına maruz kaldığı görülmüştür Bu senaryolar tüm seddeler için farklı noktalardan yapılabilir ve halk seddelerin önemi konusunda bilinçlendirilebilir. Edirne şehir merkezinde bulunan seddeler düz denilebilecek bir arazide inşa edildikleri için taşkınlarda katı madde miktarı birikmekte ve kesit alanları daralmaktadır. Nitekim 2011-2012 yılları arasında seddeler yaklaşık olarak 1m yükseltilmiştir.

Meriç Nehri için kurumlarımızca erken uyarı sistemleri kurulmuştur ve taşkın öncesinde tahminler yapılabilmektedir. Bu tahminler can kaybını önlemekte fakat taşkınların taşınmaz mallar üzerinde olan olumsuz etkilerini değiştirememektedir.

Fiziksel yapısı nedeniyle taşkına maruz kalma olasılığı çok yüksek olan Edirne şehir için farklı bir taşkın önleme yapısı tasarlanması gerekmektedir. Tüm veriler ve çözüm önerileri dikkate alındığında en iyi çözümün Meriç Nehrinin Türkiye sınırına girdiği yerden başlayarak şehir merkezi sonuna kadar taşkın sularının tahliye kanalı ile mansap tarafına iletilmesi görülmüştür. Sınırı oluşturan Meriç Nehri Edirne şehir merkezi kısmında Yunanistan sınırına yaklaşık olarak 4 km içeriden geçmektedir. Bu durum tahliye kanalı yapılması için arazinin uygun olduğunu göstermektedir. Tahliye kanalı için farklı alternatif güzergahlar düşünülebilir ve uygulanabilir. Çalışmamızda iki alternatif güzergahtan tahliye kanalı geçirilmiştir. Çözüm önerisi olarak sunulan tahliye kanalının uygulanabilir olması için en önemli kriter mansap şartlarının nasıl olacaktır. Çünkü kısa bir süre sonra Meriç Nehri tekrar Türk-Yunan sınırını oluşturmaktadır. Tasarlanan 2 alternatifli güzergah için de Mike .21fm yazılımı ile hem çözüm sonucu sınanmış hem de mansap şartları değerlendirilmiştir. Çözüm önerisi Q500 debisine göre projelendirilmiştir. Projelendirilmede, model sonucunda elde edilen Meriç nehrinin güvenle geçirdiği, 770 m<sup>3</sup>/sn'lik debi dışında kalan miktarı tahliye kanalının geçireceği planlanmıştır. Bu ayırım kontrollü bir bağlama yapısıyla ve erken uyarı sistemleri kullanılarak rahatlıkla Meriç Nehri memba kısmında yapılabilecektir. Böylelikle Meriç Nehri taşkın dönemlerinde en fazla 770 m<sup>3</sup>/sn debiyi geçirecektir.

Tasarlanan her iki kanal için kanal sonu noktasında Meriç Nehrinin birleştiği noktada Meriç Nehri 125°'lik açıyla sola doğru kurb yapmaktadır. Dolayısıyla her iki kanalda Meriç Nehri ile 12°-20°'lik derece arasında birleşmekte ve nehir sol sahilinde alınacak önlemlerle oyulma meydana getirmeyeceği düşünülmektedir. Meriç Nehri, kanal ile birleştikten sonra 3 km daha Türkiye sınırları içerisinde geçmektedir. Her iki kıyıda arazi kotları 32-35 m yükseklikte olduğu için burada taşkın yayılımı olmadığı model sonucunda görülmektedir. Ancak Meriç Nehri Türkiye-Yunanistan sınırının oluşturduğu noktadan sonra sağ sahilde bulunan Yunanistan arazileri 28 m kotuna kadar düşmekte, Türkiye'de ise bu kısımda arazi yüksek olduğu için taşkın suları Yunanistan'ın tarım arazilerine yayılmaktadır. Burada en yakın yerleşim yeri Yunanistan'da Nea Yeyssa yerleşim yeridir. Bu yerleşim yerine taşkın suları Q500 debiye göre 250m kadar yaklaşmaktadır. Bu mesafe uluslararası işbirliği sağlanarak



nehir yatağı temizlenmesi ve genişletilmesi ile daha da arttırılabilir. Böylelikle taşkın suları ötelenebilecek ve su yayılımı yerleşim yeri olmayan mevcut durumda da taşkın alanı olarak kabul edilen Meriç mansabına doğru ötelenebilecektir. Taşkın dönemlerinde Meriç Nehri'nden Tunca Nehri'ne olan su basıncı azalacak ve Tunca Nehri'nde akış rahatlayacaktır. Yapılacak yatak genişletilmesi ve temizliği ile Tunca Nehri için çözüm üretilebilecektir.

Taşkın önleme çalışmaları ve kullanılan yapılar nehirlerin dinamik olması ve küresel iklim değişikliği nedeniyle 10 yılda bir tekrar gözden geçirilmelidir. Bu çalışmada önerilen kanal güzergâhları ve enkesitleri şehrin imar yapısına, mevcut kamulaştırma ve yapım kolaylığına göre değiştirilerek uygulanabilir, fakat değişmeyecek olan tek parametre çözüm yönteminin sürekli olarak bakıma ihtiyaç duymasıdır. Tahliye kanalı kurak dönemlerde kuru olacağından amacı dışında kullanılabilir ve katı madde birikmesiyle kesit alanı daralabilir. Bu sebeplerden dolayı taşkın anında beklenmedik sonuçlarla karşı karşıya kalınabilir. Çözüm önerisinin sürdürülebilir olması için halk kanalın amacı hakkında bilgilendirilmeli ve taşkın dönemleri sonrasında kanal enkesiti her zaman proje kesiti açıklığında tutulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Kılıçer,Ü., Meteorolojik kaynaklı doğal afetler, Alt komisyon raporu, Ankara, 2000.
- [2] Seyhun, D., Türkiye'nin küresel iklim değişikliğinde rolü ve önleyici küresel çabaya katılım girişimleri, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, 2005.
- [3] Hammond, M.J., Chen, A.S., Djordjević, S., Butler, D., and Mark, O., Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review, Urban Water Journal, 12:1, pp, 14-29, 2015.
- [4] Mark, O. and Djordjević, S., While waiting for the next flood in your city. Proceedings from the 7th International Conference of Hydroinformatics, pp, 252–265, Nice, 4–8 September 2006.
- [5] Celik, H.E., Coskun, G., Cigizoglu, H.K., Agiralioglu, N., Aydın, A., esin, A.I., The analysis of 2004 flood on Kozdere Stream in Istanbul, Journal of Natural Hazards, Vol. 63, No. 2, pp. 461–477, 2012.
- [6] Semadeni-davies, A, Hernebring, C., Svensson, G., and Gustafsson, L., The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Suburban stormwater, Journal of Hydrology, 350 pp, 114-125. 2008.
- [7] Konrad C. P., Effects of Urban Development on Floods, U.S. Geological Survey, 2014.
- [8] Hénonin, j., Hongtao, M. A., Zheng-yu, Y., Jhartnack, J., Havnø, K., Philipp, B., gourbesville, P., and Mark, O., Citywide multi-grid urban flood modelling: the July 2012 flood in Beijing, Urban Water Journal, 121, pp, 52-66, 2015.
- [9] Özcan, O., Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Bilişim Enstitüsü, İstanbul, 2007.

- [10] Shamaoma, H., Extraction of Flood Risk-related Base-Data from Multi-Source Remote Sensing Imagery, Yüksek Lisans Tezi, Internatinnal Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Hollanda, 2005.
- [11] Mason, D. C., Guy, J., and Schumann, P., Flood Detection in Urban Areas Using TerraSAR-X, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 48, 2, pp, 882-894, 2010.
- [12] Rozalis, S., Morin, E., Yair, Y., and Priice, C., Flash flood prediction using anuncalibrated hydrological model and radar rainfall data in a Mediterranean watershed under changing hydrological conditions, Journal of Hydrology, 394, pp, 245-255, 2010.
- [13] Kryżanowski, A., Brilly, M., Rusjan, S. , and Schnabl S., Review Article: Structural flood-protection measures referring to several European case studies, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, pp, 135–142, 2014.
- [14] Sowmya, K., John, C. M., and Shrivasthava, N. K., Urban flood vulnerability zoning of Cochin City, southwest coast of India, using remote sensing and GIS, natural hazard, 75, pp, 1271-1286, 2015.
- [15] Bladé, E., Gómez-valentín, M., Dolz, J., Aragón-Hernández, J.L., Corestein, G., and Sánchez-juny M., Integration of 1D and 2D finite volume schemes for computations of water flow in natural channels, Advances in Water Resources, 42, pp,17–29, 2012.
- [16] Horritt, M.S. and Bates P.D., Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation, Journal of Hydrology, 268, pp, 87-99, 2002.
- [17] Huthoff, F., Remo, J.W.F., and Pinter, N., Improving flood preparedness using hydrodynamic levee-breach and inundation modelling: Middle Mississippi River, USA, journal of flood risk managemet, 8, pp, 2–18, 2015.
- [18] Cook, A., Merwade, V., Effect of Topographic Data, Geometric Configuration and Modeling Approach on Flood Inundation Mapping, Journal of Hydrology, 377: 131–142, 2009.
- [19] Frank, E.A., Ostan, A., Coccato, M., and Stelling, G.S., Use Of An Integrated One-Dimensional Two-Dimensional Hydraulic Modeling Approach For Flood Hazard and Risk Mapping. In River Basin Management, by R.A. Falconer and W.R. Blain, pp, 99-108, 2001.

- [20] Özşahin, E., Kaymaz, Ç. K., Taşkın riskinin değerlendirmesine bir örnek: amik ovası taşkınları, International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic Volume 8/8 Summer pp. 2021-2039, Ankara-Turkey, 2013.
- [21] Özcan O., Musaoğlu N. ve Şeker D. Z., Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, (11 - 15 Mayıs 2009), Ankara, 2009.
- [22] Yıldız, D., Meriç Nehri Havzası Su Yönetiminde Uluslararası İşbirliği, Zorunluluğu. Orsam Su Araştırmaları Programı. Rapor No.4. Nisan 2011.
- [23] Akkaya, U., Saraylı, S., Doğan, E., Akçali E., Akpınar A., Yıldırım, M. S., Rize Taşlı Dere'nin Taşkın Analizinin Yapılması Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, syf, 503-511, 2013.
- [24] Özdemir, H., Uygulamalı taşkın hidrolojisi, DSİ foto film işletme müdürlüğü matbaası, Ankara, 1978.
- [25] Aslan, B., S.C.S. Sentetik Birim Hidrograf Yönteminin Türkiye Şartlarında Uygulanabilirliğinin Araştırılması, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1997.
- [26] Uçar, İ., Trabzon Değirmendere Havzası'nda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analiz Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
- [27] Gurer, I., Flood Inventory, and Recent Flood Problems in Turkey, Hazard 96 Symposium, Toronto, Canada, 1-4 1996.
- [28] Bayazıt, M., Önöz, B., Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, Nobel Basımevi, Ankara, 2008.
- [29] URL-1, <http://www.dsi.gov.tr/docs/sempozyumlar/2-5-erozyon-kontrol-faaliyetlerinininselveta%C5%9Fk%C4%B1nlar%C4%B1%C3%B6nlemedeki-etkileri---hanifi-avc%C4%B1.pdf?sfvrsn=2>, Erişim Tarihi: 10.04.2016.
- [30] Özer, Z., Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik Esaslar, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1990.
- [31] URL-2, <http://www.canbayat.com/index.php/isler/akademik/7-sel-ve-tasakinlar.html>, Erişim Tarihi: 18.04.2016.

- [32] Kadioğlu M, Sel, Heyelan ve çığ için Risk Yönetimi, Afet Zararlarını Azaltmanın İlkeleri, jica Türkiye Ofisi Yayınları, Ankara, s.251-277, 2008.
- [33] Akay O, Birinci V., ve Bulu A, Taşkın Alanlarının Planlanması ve Yönetimi, II.Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, Afyonkarahisar, s.1-11, 2010.
- [34] Tarbuck, E.J., Lutgens F.R., The Earth: an Introduction to Physical Geology, Bell & Howell Company, USA, 594, 1984.
- [35] Demir, F., Aşağı sakarya nehri Adapazarı kesimi taşkın risk tayini, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, sakarya,2014.
- [36] Önsoy, H., kentleşmede hidrolojinin önemi, 5.Dünya su forumu hazırlık süreci bölgesel toplantısı s.32-49, Samsun, 2008.
- [37] URL-3, <http://library.thinkquest.org/03oct/02054/floodtype>, Erişim Tarihi: 29.05.2012.
- [38] Bayazıt, M., Türkiye’de taşkınlr ve taşkın kontrolü yönetimi, TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 418 – 2002.
- [39] Dernek, E., taşkın yapıları tasarımı ve kayı deresi örneği, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [40] Dinçsoy, Y., Islah Sekisi ve Tersip Bentleri, DSİ Basım ve Foto – Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 25, 61, 2008.
- [41] URL-2, <http://www.dsi.gov.tr/docs/sempozyumlar/2-1-yap%C4%B1sal-tedbirler-r-ozbal-.pdf?sfvrsn=2>, Erişim Tarihi.11.04.2016.
- [42] Kadioğlu, M., Sel ve heyelan risk yönetimi, 5. Dünya su forumu hazırlık süreci bölgesel toplantısı s.11-37, Samsun, 2008.
- [43] Maidment, D., Djokic, D., Hydrologic and Hydraulic Modelling Support with GIS, ESRI Press, USA, 2000.
- [44] Onuşluel, G., Floodplain Management Based On The HEC-RAS Modeling System, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 6, 2005.
- [45] Correia, N.F., Saraiva, M.G., Silva, N.F., Ramos I. Floodplain Management in Urban Developing Areas: Part II. GIS-Based Flood Analysis and Urban Growth Modelling, Water Resources Management, (13): 23-37, 1999.

- [46] McIn, S.G., Springer, E.P., Lane, L.J., Predicting Floodplain Boundary Changes Following the Cerro Grande Wildfire, *Hydrological Processes*, 15: 2967–2980, 2001.
- [47] Tate E.C., Maidment D.R., Olivera F., Anderson D.J., Creating a Terrain Model for Floodplain Mapping, *Journal of Hydrologic Engineering*, 7: 100-108, 2002.
- [48] Wiles, J.J., Levine, N.S., A Combined GIS and HEC Model for the Analysis of the Effect of Urbanization on Flooding The Swan Creek Watershed, Ohio, *Environmental and Engineering Geoscience*, 8 (1) 47-61, 2002.
- [49] Chuan, T. ve Jing, Z., Torrent Risk Zonation in The Upstream Red River Basin Based on GIS, *Journal of Geographical Sciences*, 16(4), 479- 486, 2006.
- [50] Machado, M.S., Ahmad, S., Flood Hazard Assessment of Atrato River in Colombia, *Water Resources Management*, 21 (3) 591-609, 2006.
- [51] Gutry-korycka, M., Magnuszewski, A., Suchozbrski, J., Jaworski, W., Marcinkowski, M., Szydłowski, M., Numerical Estimation of Flood Zones in the Vistula River Valley, Warsaw, Poland, *Climate Variability and Change - Hydrological Impacts*, IAHS Publication, 308 191-195, 2007.
- [52] Aggett, G.R., Wilson, J.P., Creating and Coupling a High-Resolution DTM with a 1-D Hydraulic Model in a GIS for Scenario-Based Assessment of Avulsion Hazard in a Gravel-Bed River, *Geomorphology*, 113 21-34, 2009.
- [53] Vojinovic Z., Tutulic D., On the use of 1D and coupled 1D-2D modelling approaches for assessment of flood damage in urban areas, *Urban Water Journal*, 6, 183-199, 2009.
- [54] Gümrükçüoğlu, M., Goodin, D.G. ve Martin, C., Landuse Change in Upper Kansas River Floodplain Following the 1993 Flood, *Natural Hazards*, DOI 10.1007/s11069-010-9540-7, 2010.
- [55] Amini, J., A Method for Generating Floodplain Maps Using IKONOS Images and DEMs, *International Journal of Remote Sensing*, 31(9), 2441- 2456, 2010.
- [56] Hung, N. N., Delgado, J. M., Tri, V. K., Hung, L. M., Merz, B., B'ardossy, A. and Apel, H., Floodplain hydrology of the Mekong Delta, Vietnam, *Hydrological Processes*, 6, 674-686, 2012.

- [57] Sönmez O., Nehirlerde 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi ve Taşkın Haritalarının Oluşturulması, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [58] Yazıcılar, F., Önder, H., Taşkın Yatakları Planlamasında HEC-RAS Bilgisayar Programı ile Su Yüzü Profili Hesaplanması-Bartın Nehrinde Bir Uygulama, Su Mühendisliği Problemleri Semineri (V), Fethiye, Muğla, 1998.
- [59] Baga, İ., Usul, N., Sorman, Ü., Application of MIKE 11 Model on Çayboğazı Basin in Turkey, DHI Third User Conferance, Denmark, 1999.
- [60] Kaleycı, H., Değirmendere Havzası'nda Taşkın Frekans Analizi ve Taşkın Sularının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 38, 39, 2004.
- [61] Usul, N. ve Turan, B., Flood Forecasting and Analysis within the Ulus Basin, Turkey, Using Geographic Information Systems, Natural Hazards, 39, 213-229, 2006.
- [62] Özdemir H., Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007
- [63] Akar, I., Maktav, D., Kalkan, K., Özdemir, Y., Determination of Land Use Effects on Flood Risk by Using Integration of GIS and Remote Sensing, RAST 2009: Proceedings of the 4th International Conference on Recent Advances In Space Technologies, 23-26, 2009.
- [64] Demirkesen, A. C., Multi-risk interpretation of natural hazards for settlements of the Hatay province in the East Mediterranean region, Turkey using SRTM DEM, Environmental Earth Sciences, 65, 1895-1907, 2012.
- [65] Doğan, E., Sönmez, O., Yapan, E., Othan, K., Özdemir, S., Çitgez, T., 2013. Aşağı Sakarya Nehrinde taşkın yayılım haritalarının elde edilmesi, SAÜ. Fen Bil. Der. 17. Cilt, 3. Sayı, s. 363-369, 2013.
- [66] Malkaralı,S., M.S.Korkmaz ve N.Sezen, Meriç Nehri Taşkını ve Taşkınlar ile İlgili Geliştirilen Uluslararası Projeler. Taşkın Konferansı. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. DSİ XI. Bölge Müdürlüğü, Edirne. 292 s. 12-37, 2008.
- [67] Gerassimov, S., Bojilova, E., River basin management, Bulgarian case study, Physics and Chemistry of the Earth, 33, pp. 395-402, 2008.



- [68] Angelidis, P., Kotsikas, M., Kotsovinos, N., Management of Upstream Dams and Flood Protection of the Transboundary River Evros/Maritza, Water Resources Management, 24, 2467-2484, 2010.
- [69] Saltabaş, L., Doğan E., Sönmez, O., Köklü R., 2012. Meriç Nehri Yatağının Taşkın Kapasitesinin Araştırılması Proje No: , Başlama Tarihi: Tem 1 2010, Bitiş Tarihi: Haz 30 2012.
- [70] Batur E., Maktav, D., 2012. Uzaktan Algılama Ve Cbs Entegrasyonu İle Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Meriç Nehri Örneği, Havacılık Ve Uzak Teknolojileri Dergisi, cilt 5 sayı 3 s. 47-54, 2012.
- [71] Türkmenoğlu, Y., Meriç Nehri'nin Kapıkule-Enez Arasındaki Yatak Değişimlerinin Taşkınlar ile İlişkisi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul. 2012.
- [72] URL-4, <http://www.hidropolitikakademi.org/en/transboundary-floods-in-maritsatundza-rivers.html#prettyPhoto>: Erişim Tarihi: 30.03.2016.
- [73] Tefvik E., İlayda T., Meriç Nehri'nin Son 15 Yıllık Taşkınları ve Korunma Projeleri.
- [74] URL-5, <http://www.watersee.net/maritza-evros-meric.html>: Erişim Tarihi: 14.12.2015.
- [75] Tuncok, I.K., Transboundary River Basin Flood Forecasting and Early Warning System Experience in Maritza River Basin Between Bulgaria and Turkey, Nat. Hazards, 75, pp. 191–214, 2015.
- [76] Darkot, B., Edirne. Coğrafi Giriş .Edirne. Edirne'nin 600. Fethi Yıldönümü Armağan Kitabı. 2. Baskı. Atatürk, Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu. Türk Tarih Kurumu Yayınları. VII. Diz-Sayı. 43. Türk Tarih Kurumu Matbaası-Ankara. 349 s.1-12, 1963.
- [77] Hibri, A., Enîsü'l-Müsâmirîn. Edirne Tarihi 1360-1650. Çeviren RatipKazancıgil. Edirne Valiliği Yayınları No. 9, 1635.
- [78] Özendes, E., Osmanlı'nın İkinci Başkenti Edirne. T.C. Kültür Bakanlığı-Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 1999.
- [79] Genç, S., Edirne Tunca Bölgesinde Sürdürülebilir Yerleşmenin Yeniden Biçimlendirilmesi. T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Edirne. 2006.
- [80] URL-6, <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=21509&start=145>: Erişim Tarihi: 30.03.2016.

- [81] URL-7, [www.edirne.web.tr](http://www.edirne.web.tr), Erişim Tarihi: 10.04.2015.
- [82] Kibaroglu, A., Meriç Nehir Havzası Sınıraşan Su Politikaları, Taşkın Konferansı, 19 -Edirne. 2008.
- [83] Skias, S. and Andreas K., Cross-Border Cooperation on the Flooding Problem of River Evros/Maritsa/Meric Basin (Gr, Bg, Tr). Final Report.EU Program, 2007.
- [84] Bates, P.D., De roo. A.P.J, A Simple Raster-Based Model For Flood Inundation Simulation. Journal of Hydrology, 54-77, 2000.
- [85] Cunge, J. A., Holly F. M., Verwey A., Practical Aspects of Computational River Hydraulics. London Pitman Publishing Limited, 1980.
- [86] Hunter, N. M., Bates, P.D., Horritt, M.S., Wilson, M.D., Simple spatially-distributed models for predicting flood inundation A review, Geomorphology, 208-225, 2007.
- [87] Lai, Yong G. Two-Dimensional Depth-Averaged Flow Modeling with an Unstructured Hybrid Mesh. Denver: Bureau of Reclamation Sedimentation and River Hydraulics Group, 2009.
- [88] Dhi. Mike 11 Reference Manual. Mike by DHI, 2014.
- [89] Usul, N., Mühendislik Hidrolojisi, ODTÜ Basımevi, Ankara, 140 2008.
- [90] Haan, C.T., Statistical Methods in Hydrology 2nd ed., Iowa State Press, USA, 126-128 2002.
- [91] Usace (US Army Corps Engineers), HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Davis, USA, 2002.
- [92] Chow, V.T., Open-channel hydraulics (International student ed.). New York: McGraw-Hill Book Company, 1959.
- [93] URL-6, <http://www.edirnegezilecekyerler.org/tag/beyazit-kulliyesi/>, Erişim Tarihi:10.11.2015.
- [94] URL-8, <http://www.on5yirmi5.com/dosya/turkiyenin-illeri/22-edirne-hakkinda-genel-bilgi>, Erişim Tarihi: 18.04.2016.

## **ÖZGEÇMİŞ**

10.12.1982 tarihinde Ankara Keçiören ilçesinde doğan Uğur AKKAYA ilk ve orta öğrenimi Ankara Mehmet Akif Ortaokulunda tamamladı. 2001 tarihinde Ankara İnşaat Teknik Lisesinden mezun oldu. 2005 tarihinde Fırat Üniversitesinde lisans, 2010 tarihinde Gazi Üniversitesi Yapı Eğitimi anabilim dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2011 tarihinde Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden doktora eğitimine başladı. 2005 - 2011 tarihleri arasında özel sektörde çeşitli firmalarda baraj, gölet, hidroelektirik santralleri ve karayolu projelerinde çalıştı. 2011 tarihinden itibaren Abant İzzet Baysal Üniversitesinde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.