



**HEC-RAS İLE 1 VE 2 BOYUTLU TAŞKIN
ANALİZİ: OLTU ÇAYI ÖRNEĞİ**

Muhammed İktbal KÜÇÜKOĞLU

Danışman: Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2023

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

HEC-RAS İLE 1 VE 2 BOYUTLU TAŞKIN ANALİZİ: OLTU ÇAYI
ÖRNEĞİ
1- AND 2-DIMENSIONAL FLOOD ANALYSIS WITH HEC-RAS: OLTU
RIVER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed İkbāl KÜÇÜKOĞLU

Danışman: Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK

Erzurum
Ocak, 2023



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

HEC-RAS İLE 1 VE 2 BOYUTLU TAŞKIN ANALİZİ: OLTU ÇAYI ÖRNEĞİ

Doç.Dr. Serkan ŞENOCAK danışmanlığında, Muhammed İkbāl KÜÇÜKOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, 02/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Hidrolik Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Cansaran ERTAŞ
Erzurum Teknik Üniversitesi

Danışman: Doç.Dr. Serkan ŞENOCAK
Atatürk Üniversitesi

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Selim ŞENGÜL
Atatürk Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

Aslı ıslak imzalıdır

Aslı ıslak imzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof.Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı ıslak imzalıdır

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**Graduate School of Natural and
Applied Sciences**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ****ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU**

Yüksek Lisans Tezi olarak Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK danışmanlığında sunulan “HEC-RAS İLE 1 VE 2 BOYUTLU TAŞKIN ANALİZİ: OLTU ÇAYI ÖRNEĞİ” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	4	30
Kuramsal Temeller	3	30
Materyal ve Metot	1	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	1	20
Sonuçlar ve Öneriler	3	20
Tezin Geneli	3	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Muhammed İktal KÜÇÜKOĞLU	Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK
5.1.2023	5.1.2023
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

Not: Bu form, Tezin son şekline uygun olarak bilgisayar ortamında doldurulmalı, çıktısı imzalanıp Tezin sonuna eklenmelidir.

TEŞEKKÜR

Tez süreci boyunca akademik yönlendirmeleri yapan ve beni destekleyen danışmanım Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK hocama, DSİ 8. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına ayrıca maddi ve manevi olarak her zaman yanımda bulunan anneme, babama, abime, kardeşime ve ağabeyim olan kuzenim Doç. Dr. Yasin TOPALOĞLU'na teşekkür ederim. Tezde kullanılan 3D Civil programı bireysel lisans ile HEC- RAS programı ise ücretsiz olarak temin edilmiştir. Ayrıca tezde kullanılan ArcGIS programını lisanslı olarak hizmetimize sunan Atatürk Üniversitesi Bilgisayarlı Araştırma Merkezine (BAUM) teşekkür ederim.



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HEC-RAS İLE 1 VE 2 BOYUTLU TAŞKIN ANALİZİ: OLTU ÇAYI ÖRNEĞİ

Muhammed İkbāl KÜÇÜKOĞLU

Danışman: Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK

Amaç: Bu çalışmada Erzurum'un ilçesi olan Oltu'daki, Oltu Çayı'nın 2 yıllık, 5 yıllık, 10 yıllık, 25 yıllık, 50 yıllık, 100 yıllık, 500 yıllık ve 1000 yıllık taşkınları incelenmiştir. Bu taşkın debileriyle, 1 ve 2 boyutlu modelleme yöntemleri kullanılarak taşkın analizi yapılmıştır. Her iki modelleme sonuçları karşılaştırarak elde edilen sonuçlar ışığında çeşitli öneriler sunulmuştur.

Yöntem: Bu çalışmada HEC-RAS programının yanı sıra ArcGIS, Civil 3D ve Google Earth programlarıyla modelleme yapılmıştır. HEC-RAS programıyla taşkın analizi yapılmış olup analiz için gerekli DEM haritasının düzeltilmesi için de ArcGIS, Civil 3D ve Google Earth programları kullanılmıştır. Ayrıca DSİ'den temin edilen 1/5000'lik hâlihazır görünümü ve taşkın hidrografları kullanılmıştır.

Bulgular: Analiz sonucunda Oltu ilçe merkezinden geçen Oltu Çayı için 1 boyutlu modellemede enkesitlerin, boykesitlerin ve köprülerin taşkındaki durumları ve taşkın yayılım haritası tespit edilmiştir. 2 boyutlu analizde ise taşkın yayılım haritası oluşum simülasyonunu oluşturmuştur. Her debide taşkınların meydana geldiği tespit edilmiştir. Ancak 1 boyutlu ve 2 boyutlu analiz sonuçları karşılaştırılınca 2 yıllık, 5 yıllık ve 10 yıllık debilerde taşkın yayılım alanlarında fark oran olarak sırayla %2.25, %15.61 ve %51.11 çıkmıştır. Diğer tekerrür debilerinde ise taşkın yayılım alanları birbirlerine yakın çıktığı tespit edilmiştir.

Sonuç: Gerekli analizler sonucunda Oltu ilçesindeki yapıların bazıları taşkın haritası içerisinde kalmıştır. Taşkın etkisini engelleyebilecek veya en aza indirebilecek birtakım öneriler sunulmuştur. Hem 1 boyutlu modellemenin sağladığı enkesit, boykesit ve köprülerin taşkındaki durumunu incelemek hem de 2 boyutlu modellemenin sağladığı taşkın araziye göre yayılımını bir modellemede görmek amacıyla 1D/2D modelleme yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşkın, HEC-RAS, Hidrolik Modelleme, Oltu Çayı

Ocak 2023, 171 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

1- AND 2-DIMENSIONAL FLOOD ANALYSIS WITH HEC-RAS: OLTU RIVER

Muhammed İkbāl KÜÇÜKOĞLU

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serkan ŞENOCAK

Purpose: In this study, 2-year, 5-year, 10-year, 25-year, 50-year, 100-year, 500-year and 1000-year floods of Oltu Stream in Oltu, a district of Erzurum, were investigated. With these flood flows, flood analysis was carried out by using 1-and 2-dimensional modelling methods. Various suggestions are presented in view of the results obtained by comparing both modelling results.

Method: In this study, modelling was conducted with ArcGIS, Civil 3D and Google Earth programs as well as HEC-RAS program. Flood analysis was performed with the HEC-RAS program and ArcGIS, Civil 3D and Google Earth programs were used to correct the DEM map required for the analysis. In addition, 1/5000 maps and flood hydrographs taken from DSI have been used.

Findings: As a result of the analysis, the flood conditions of the cross-sections, longitudinal sections and bridges and the flood spread map were determined in the 1-dimensional modelling for the Oltu Stream passing through the district center of Oltu. On the other hand, in the 2D analysis, the flood spread map created the simulation of formation. It has been determined that floods occur at each flow rate. However, when the results of 1-dimensional and 2-dimensional analysis are compared, the difference in flood spread areas in 2-year, 5-year and 10-year flow rates is 2.25%, 15.61% and 51.11%, respectively. In other recurrent flow rates, it was determined that the flood spread areas were close to each other.

Results: As a result of the necessary analysis, some of the structures in Oltu remained within the flood map. Several suggestions have been presented to prevent or minimize the impact of the flood. It has been determined that 1D/2D modelling is required to examine both the cross-section, longitudinal section and bridges provided by 1D modelling in flood, and to see the spread of the flood provided by 2D modelling according to the terrain in a modelling.

Keywords: Flood, HEC-RAS, Hydraulic Modelling, Oltu River

January 2023, 171 pages

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iv
GİRİŞ	1
I. SU	1
II. TAŞKIN	3
A. Taşkın Çeşitleri	3
B. Türkiye’de Meydana Gelen Taşkınlar	6
C. Dünya’da Oluşmuş Taşkınlar.....	9
KURAMSAL TEMELLER	11
MATERYAL VE METOD.....	17
3.1. Çalışma Alanı	17
3.2. Kullanılan Programlar	24
3.2.1. HEC-RAS 6.0.0.	24
3.2.1.1. Yeni Proje Açma (New Project)	25
3.2.1.2. Geometrik Veri Girişi (Geometry Data).....	26
3.2.1.3. Akım Verisinin Girişi	28
3.2.1.4. Analiz.....	30
3.2.1.5. Sonuçların İncelenmesi.....	32
3.2.2. ArcGIS 10.8.....	35
3.2.3. 3D Civil 2022	35
3.2.4. Google Earth.....	35
3.3. Taşkın Hidrografı.....	36
ARAŞTIRMA BULGULARI.....	37
4.1. DEM Haritasının Oluşturulması	37
4.2. DEM Haritasına Yapıların İşlenmesi.....	42
4.3. DEM Haritasını ve Projeksiyonun HEC-RAS’a Aktarılması.....	44
4.4. Model Oluşturma	44

4.4.1.1.Boyutlu Modelleme Oluşturma	44
4.4.1.1. Hidrolik Sanat Yapıların Oluşturulması	48
4.4.1.2. Manning (Pürüzlülük) Katsayıların Tanımlanması	49
4.4.1.3. Taşkın Debilerin Tanımlanması	50
4.4.1.4. Kararlı Akış Analizi ve Sonuçları.....	51
4.4.2.2. Boyutlu Modelleme Oluşturma	69
4.5. Analiz Sonuçları	72
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKÇA	85
EKLER	91
ÖZGEÇMİş.....	171

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Suyun Dağılımı (Çepel vd. 2003).....	2
Tablo 2. Su Kaynakları (Kalkınma Bakanlığı 11. Kalkınma Planı)	3
Tablo 3. Sektöre Göre Su Kullanımı (Kalkınma Bakanlığı 11. Kalkınma Planı).....	3
Tablo 4. Meydana Gelme Sürelerine Göre Taşkınlar	4
Tablo 5. Meydana Geldiği Zamanlarına Göre Taşkınlar	4
Tablo 6. Meydana Geldiği Yerlere Göre Taşkınlar	4
Tablo 7. Oltu İlçesinde Meydana Gelen Taşkınlar (1955-2018)	22
Tablo 8. Yağış İstasyonları	23
Tablo 9. Akım Gözlem İstasyonları.....	23
Tablo 10. Oltu Çayı Taşkın Tekerrür Debileri (m3)	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Yerküredeki Su Miktarının Dağılımı (www.mgm.gov.tr)	1
Şekil 2. Su Döngüsü (www.mgm.gov.tr)	2
Şekil 3. Nehir Taşkını (Meriç Nehri-Edirne) (OGM-Taşkın Yönetim Raporu)	4
Şekil 4. Kıyı Taşkını-Avustralya (OGM-Taşkın Yönetim Raporu).....	5
Şekil 5. Yeraltı Suyu Taşkını-İngiltere (OGM-Taşkın Yönetim Raporu).....	5
Şekil 6. Göl Taşkını-Sapanca Gölü-Sakarya (OGM-Taşkın Yönetim Raporu).....	5
Şekil 7. Giresun Taşkını (2020)	7
Şekil 8. Ayamama Taşkını (2009).....	8
Şekil 9. Mekke Taşkını.....	9
Şekil 10. Oltu İlçesi Genel Görünümü (2022) (Google Map).....	17
Şekil 11. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-1	18
Şekil 12. Oltu Çayı ve Üzerindeki Yaya Geçidi	19
Şekil 13. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-2	19
Şekil 14. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-3	20
Şekil 15. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-4	20
Şekil 16. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-5	21
Şekil 17. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-6	21
Şekil 18. 2020 Yılında Meydana Gelen Kabarma-1	22
Şekil 19. 2020 Yılında Meydana Gelen Kabarma-2	23
Şekil 20. Erzurum-Oltu Çayı Havza Sınırları ve İstasyonlar	24
Şekil 21. HEC-RAS 6.0.0 Menüleri	25
Şekil 22. HEC-RAS Proje Açma Arayüzü (New Project)	26
Şekil 23. Birim Sistemin Seçimi	26
Şekil 24. HEC-RAS Geometrik Veri Arayüzü.....	27
Şekil 25. HEC-RAS Ras Mapper Arayüzü	28
Şekil 26. Kararlı Akış Veri Girme Arayüzü (Steady Flow Data)	29
Şekil 27. Kararsız Akış Veri Girme Arayüzü (Unsteady Flow Data)	30

Şekil 28. Kararlı Akış Analizi (Steady Flow Analysis)	31
Şekil 29. Kararsız Akış Analizi (Unsteady Flow Analysis).....	31
Şekil 30. Analiz Sonucunda Oluşan Boykesit Örneği.....	33
Şekil 31. Analiz Sonucunda Oluşan Hız Grafik Örneği.....	33
Şekil 32. Analiz Sonucunda Enkesit Örneği	34
Şekil 33. Analiz Tablo Örneği.....	34
Şekil 34. Bazı Kesitlerin 3 Boyutlu Görünümü	35
Şekil 35. Hidrograf Elemanları	36
Şekil 36. Oltu İlçesinin Hâlihazır Görünümü.....	38
Şekil 37. Oltu İlçesinin Üçgen Modellemesi.....	39
Şekil 38. Oltu İlçesinin Kabartma Haritası	40
Şekil 39. Oltu İlçesinin DEM Haritası	41
Şekil 40. ArcGIS ve Google Earth Pro ile Yapıların DEM Haritasına İşlenmesi.....	42
Şekil 41. Yapıların DEM’de Görünümü	43
Şekil 42. DEM Haritasının Programa Tanımlanması.....	44
Şekil 43. Dere Hattının Düzeltilmiş 3 Boyutlu Hâli	46
Şekil 44. HEC-RAS’ta Enkesitlerin ve Köprülerin Görünüm	47
Şekil 45. 1. Köprünün HEC-RAS’ta Görünümü	48
Şekil 46. 2. Köprünün HEC-RAS’ta Görünümü	48
Şekil 47. 3. Köprünün HEC-RAS’ta Görünümü	48
Şekil 48. 4. Köprünün HEC-RAS’ta Görünümü	48
Şekil 49. 5. Köprünün HEC-RAS’ta Görünümü	49
Şekil 50. 6. Köprünün HEC-RAS’ta Görünümü	49
Şekil 51. Yaya Geçidinin HEC-RAS’ta Görünümü	49
Şekil 52. Oltu İlçesi Manning Katsayı Haritası.....	50
Şekil 53. HEC-RAS Programına Debilerin Girilmesi.....	51
Şekil 54. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-1 Enkesiti	52
Şekil 55. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-2 Enkesiti	53

Şekil 56. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-3 Enkesiti	54
Şekil 57. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-4 Enkesiti	55
Şekil 58. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-5 Enkesiti	56
Şekil 59. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-6 Enkesiti	57
Şekil 60. 1 Boyutlu Modellemede 2 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)	59
Şekil 61. 1 Boyutlu Modellemede 5 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)	60
Şekil 62. 1 Boyutlu Modellemede 10 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)	61
Şekil 63. 1 Boyutlu Modellemede 25 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)	62
Şekil 64. 1 Boyutlu Modellemede 50 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)	63
Şekil 65. 1 Boyutlu Modellemede 100 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)	64
Şekil 66. 1 Boyutlu Modellemede 500 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)	65
Şekil 67. 1 Boyutlu Modellemede 1000 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)	66
Şekil 68a 1 Boyutlu Analiz Sonucunda Farklı Debilerde Boykesitlerin Karşılaştırılması	67
Şekil 68b 1 Boyutlu Analiz Sonucunda Farklı Debilerde Boykesitlerin Karşılaştırılması	68
Şekil 69. 2D Alan, Giriş-Çıkış Sınırları ve Taşkın Izgaraları	70
Şekil 70. Kararsız Akış Analiz Arayüzü	70
Şekil 71. Taşkın Hidrografları.....	71
Şekil 72. 2 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları	73
Şekil 73. 5 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları	74
Şekil 74. 10 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları	75
Şekil 75. 25 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları	76
Şekil 76. 50 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları	77
Şekil 77. 100 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları	78
Şekil 78. 500 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları	79
Şekil 79. 1000 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları	80

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
CAD	: Computer Aided Design
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
DSİ	: Devlet Su İşleri
EM-DAT	: The International Disaster Database
GPS	: Global Positioning System
HEC	: Hydrologic Engineering Center's
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MÖ	: Milattan Önce
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
SI	: Uluslararası Birimler Sistemi
TIF	: Tagged Image File
USACE	: United States Army Corps of Engineers
UTM	: Universal Transversal Merkator
WMS	: Watershed Modeling System

GİRİŞ

I. SU

Yeryüzündeki canlıların tümünün yaşamlarını sürdürebilmesi amacıyla hava, toprak, su, besin ve dış kuvvet olarak da güneş enerjisi zaruridir. Su tarih boyunca en değerli ve en kutsal doğal kaynaklardan biri olarak görülmektedir. İnsan vücudunun da 3/4'ü su ile oluştuğu gerçeği suyun yaşam için önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Dünyamızın 2/3'ü su ile kaplıdır. Yeryüzündeki suyun %97,5'i okyanus ve denizlerde bulunan tuzlu sulardır. Tatlı suyun yani %2,5 oranındaki kısım ise çoğunlukla kutuplarda buzul ve çok derinlerdeki yeraltı suyu oluşturmaktadır. Kullanılabilir temiz su kaynaklarımız ise göllerde, nehirlerde, derelerde ve barajlarda (rezervuarlarda) olup, toplam tatlı su potansiyelinin binde biri kadardır (MGM).



Şekil 1. Yerküredeki Su Miktarının Dağılımı (www.mgm.gov.tr)

Dış kuvvetlerin yani güneş ve yer çekimi etkisiyle su, katı, sıvı ve gaz hâlinde bulunup atmosfer, taş küre, su küreler arasında durmaksızın dolaşmaktadır. Suyun, bazı etkenlerin sonucunda gaz hâline dönüşüp atmosfere çıkması ve atmosferde yoğunlaşıp yer küreye dönmesine ve bu kısımdaki olaylar bütününe Hidrolojik Çevrim denir.

Gökyüzündeki su yoğunlaşıp yağmur, kar veya dolu olarak yeryüzüne iner. Yeryüzündeki suyun %70'e yakın bir kısmı buharlaşarak (evaporasyon) ve bitkilerde terleme (transpirasyon) yoluyla tekrardan atmosfere çıkar. Kalan suyun bir kısmı yer çekimi etkisiyle zeminden sızarak yeraltına geçer diğer kısmı da yine yüzeysel bir akış ile akarsulara, göllere ve

denizlere ulaşmaktadır. Akarsulara, göllere ve denizlere ulaşan sular buharlaşıp tekrardan atmosfere çıkarlar.



Şekil 2. Su Döngüsü (www.mgm.gov.tr)

Su döngüsü tüm canlıların yaşam faaliyetlerini yerine getirmesi için çok önemlidir. Yapılan tahminlere göre dünyadaki suyun dağılımı Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Suyun Dağılımı (Çepel vd. 2003)

Suyun bulunduğu mekân	Miktar (km^3)	Toplam su miktarına oranı (%)
Denizler	1.340 milyon	96.5
Karalar	48 milyon	3.5
Toplam	1.388 milyon	100.0

Dünyada yıllık kişi başı düşen su miktarı kıtalara, ülkelere hatta şehirlere göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığa göre de ülkeler Tablo 2’deki gibi sınıflandırılmaktadır. Türkiye, yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı $1.346 m^3$ ile su baskısı yaşayan ülkeler kısmında yer almaktadır (www.dsi.gov.tr).

Tablo 2. Su Kaynakları (Kalkınma Bakanlığı 11. Kalkınma Planı)

Su kaynakları açısından ülke sınıfları	Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı
Su Fakirliği	1.000 m^3 'ten daha az
Su Azlığı	2.000 m^3 'ten daha az
Su Zenginliği	8.000-10.000 m^3 'ten daha fazla

1981-2010 arasında ülkemizde ortalama yıllık yağış miktarı 574 mm ve bu da yaklaşık 450 milyar m^3 yağış hacmine denk gelmektedir. Bu hacmin yaklaşık 172 milyar m^3 'lük kısmı yer çekimi etkisiyle akışa geçip akarsulara ve akarsuların yardımıyla da göllerimize ve denizlerimize ulaşmaktadır. Ülkemizin yeraltı su rezervi 23 milyar m^3 'tür. Şu an ülkemizde güvenli şekilde kullanılabilecek yıllık yeraltı su miktarı 18 milyar m^3 ve kullanılabilecek yıllık yerüstü su miktarı 94 milyar m^3 olup toplam 112 milyar m^3 'lük bir su gücü bulunmaktadır. Yıllık 54 milyar m^3 su çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Sektöre Göre Su Kullanımı (Kalkınma Bakanlığı 11. Kalkınma Planı)

Kullanılan Sektör	Su miktarı (m^3)	Türkiye Oranı	Avrupa Oranı	Dünya Oranı
Sulama	40	%74	%33	%70
İçme-Kullanma	7	%13	%51	%22
Sanayi	7	%13	%16	%8

II. TAŞKIN

Genel tanımı olarak taşkın; eriyip akışa geçen kar suyu, aşırı yağın yağmur, barajların kapaklarının kontrolsüz açılması, barajların patlaması sonucunda suyun dere yatağının yetersiz kalıp yataktan dışarı taşmasıyla bölgedeki yerleşim yerlerine, yapılara, arazilere ve canlılara zarar vermesine denilmektedir. Hidrolojik çevrimdeki bu ekstrem olay bir “doğal afet” olarak bilinse de yanlış kentleşme, doğal yaşama zarar verme gibi beşerî faktörlerin etkisi bu durumu bir afet hâline dönüştürdüğü de unutulmamalıdır. Küresel ısınma sonucu ani ve aşırı yağışlarda taşkınların oluşmasında çok büyük etkeni oluşturur.

A. Taşkın Çeşitleri

Taşkınlar 3 başlıkta sınıflandırılır (OGM-Taşkın Yönetim Raporu).

- Meydana gelme sürelerine göre taşkınlar (Tablo 4)
- Meydana geldiği zamanlarına göre taşkınlar (Tablo 5)
- Meydana geldiği yerlerine göre taşkınlar (Tablo 6)

Tablo 4. Meydana Gelme Sürelerine Göre Taşkınlar

Taşkın Tipi	Süresi
Uzun sürede meydana gelen taşkınlar	7 gün ve daha uzun sürede olan taşkınlar
Ani taşkınlar	6 saat içinde oluşan taşkınlar

Tablo 5. Meydana Geldiği Zamanlarına Göre Taşkınlar

Taşkın Tipi	Taşkının Nedenleri
Yaz Taşkınları	Kar ve buzulların erimesi ve sağanak yağışlar
Kış Taşkınları	Kasım-Mart ayları arasındaki yağışlar
İlkbahar Taşkınları	Nisan ve Mayıs aylarındaki yağışlar

Tablo 6. Meydana Geldiği Yerlere Göre Taşkınlar

Taşkın Tipi	Taşkının Nedenleri
Nehir Taşkınları	Aşırı sağanak yağışı ve kar erimeleriyle, akarsuyun daralması, barajların yıkılması veya diğer yapıların hasar görmesi (Şekil 3)
Kıyı Taşkınları	Fırtına, tsunami gibi doğal olayların sonucu (Şekil 4)
Dağlık Alan Taşkınları	Karların erimesi
Yeraltı Suyu Taşkınları	Aşırı yağın yağmur sonucu normalden fazla suyun toprağa sızıp yeraltı suyun yükselmesiyle (Şekil 5)
Göl Taşkınları	Göllerdeki su seviyesinin artmasıyla (Şekil 6)



Şekil 3. Nehir Taşkını (Meriç Nehri-Edirne) (OGM-Taşkın Yönetim Raporu)



Şekil 4. Kıyı Taşkını-Avustralya (OGM-Taşkın Yönetim Raporu)



Şekil 5. Yeraltı Suyu Taşkını-İngiltere (OGM-Taşkın Yönetim Raporu)



Şekil 6. Göl Taşkını-Sapanca Gölü-Sakarya (OGM-Taşkın Yönetim Raporu)

Türkiye'nin tarih boyunca depremlerden sonra en fazla zarar gördüğü “doğal afet” türünü taşkınlar oluşturur. Taşkınlar meydana geldiği bölgenin sosyal ve ekonomik yapısına büyük bir darbe vurur. Türkiye 1975-2010 yılları arasında kayıt altına alınan 695 taşkın yaşamış ve bu taşkınlarda 634 kişi yaşamını kaybetmiştir. 800.000 hektardan fazla tarım arazisi zarar görmüş ve 3.717.000 \$ ülke ekonomisine zarar vermiştir (Altundal, 2010)

Devlet Su İşleri'nin (DSİ) verilerine göre ise 1975-2017 yılları arasında 1478 taşkın ve 737 can kaybı meydana gelmiştir. Bu taşkınların ülke ekonomisine zararı ise 300-350.000.000 TL'yi bulmuştur (Keçik, 2019). Bu verilere göre 2010-2017 arasındaki 7 yıllık dönemde yaklaşık 783 taşkın daha olmuştur. Bu süre zarfında nehirlerin doğal akış yönünde büyük değişiklikler yapılmış, artan nüfus ile akarsu çevresine hatalı yerleşmelerde artmıştır.

Bölgedeki bitki örtüsü, topoğrafik, jeolojik özellikleri taşkının değişikliklere uğramasına sebebiyet veren faktörlerdendir. Sellerin tahribatı önlemler ve stratejik planlamalar sayesinde azaltılabilir. Türkiye'de taşkınlar ile en fazla mücadele eden kurumların başında Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı DSİ gelmektedir. DSİ bu mücadelede Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, AFAD, İller Bankası, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, İl Özel İdaresi ve Valilikler gibi kamu kurumlarından da büyük destek görmektedir.

B. Türkiye'de Meydana Gelen Taşkınlar

Yağışlar ve yüksek eğimlerin etkisiyle ülkemizin Doğu Karadeniz bölgesinde oldukça fazla taşkınlar meydana gelmektedir.

1950-2019 yılları arasında Türkiye'de en fazla taşkın/su baskını olan il 440 taşkınla Erzurum'dur. 2019 yılında en fazla taşkın/su baskını meydana gelen il ise Samsun olmuştur.

DSİ verilerine göre Türkiye'deki bazı taşkınlar;

- 14 Temmuz 1973 yılında Rize'nin Güneysu ve Kalkandere ilçesi arasında oluşan taşkında 2 ev yıkılmış 7 kişi hayatını kaybetmiştir.

- 17 Temmuz 2019 yılında Düzce'nin iki ilçe merkezleriyle beraber 32 köyde taşkın meydana gelmiştir. Taşkınlardan dolayı maddi hasar oluşmuştur. Fındık tarlalarını da etkileyen taşkın tonlarca fındığı denize sürüklemiştir.

- Antalya ili Elmalı ilçesinde 6 Ağustos 2018'de taşkın meydana gelmiştir. 7 Ağustos 2018 tarihinde taşkın izlerini silmeye çalışırken tekrardan yağışla beraber taşkın meydana gelmiştir. Tarım arazilerin zarar gördüğü taşkında 12 ev de kullanılmaz hâle gelmiştir.

- Rize ili ve Ardeşen, Güneysu, Pazar ve Çayeli ilçelerinde 1995 yılının 31 Ağustos tarihinde oluşan taşkın bölgedeki son 70 yılda oluşmuş en şiddetli taşkın olarak bilinmektedir. Taşkında 9 kişi hayatını kaybetmiştir.

- 19 Temmuz 1983 tarihinde 4 saatlik bir yağış sonucunda 45 ev ve 27 değirmen yıkılmış, fındık arazileri, 143 bina ve 6 köprüde sular altında kalıp tahrip olmuştur. Bu afette 22 kişi de hayatını kaybetmiştir.

- 19 Haziran'da başlayan yağış 20 Haziran'a kadar devam etmesiyle 1990 yılında Trabzon ve Giresun'daki havzalarda taşkın meydana gelmiştir. Bu taşkın sonucunda 1065 ev ve 461 dükkân yıkılmış, yaklaşık 73000 dekarlık bir arazide zarar görmüştür. 1990 yılında olan bu afette 57 kişi yaşamını kaybetmiştir.

- 24 Eylül 2014 gece saatlerinde başlayan yağış Hatay ili, Erzin ilçesi İçmeler beldesinde taşkına sebebiyet vermiştir. 4,5 saat süren yağış sonucunda İçmeler beldesinden geçen bir çayın taşması sonucunda 5 kişi hayatını kaybetmiştir.

- Doğu Karadeniz bölgesinde son zamanlarda oluşmuş en büyük taşkın ise 22 Ağustos 2020 yılında Giresun'un Dereli ilçesinde meydana gelmiştir (Şekil 7). Bu ilçede önceden de oluşan ve ciddi zararlar veren taşkınlarda oluşmuştur. Yapılan incelemeler sonucunda taşkınının çok ciddi zararlar vermesinin en önemli etkisi bölgenin yerleşim planından kaynaklanmaktadır. Akarsuyun doğal doğrultusuna yapılan değişiklik ve daraltılması ve nehir yatağına evler yapılması bu taşkına sebebiyet veren bir faktör olmuştur. Taşkın sonucunda 1 kişi hayatını kaybetmiştir. Evler ve işyerleri hasar görmüştür. Devletin yaptığı çalışmaların bedeli ise yaklaşık 100 milyon lira olmuştur (Apaydın, 2021)



Şekil 7. Giresun Taşkını (2020)

- Samsun ilinin Canik ilçesinde bulunan 3 derenin taşmasıyla 2012 yılında 14 kişi yaşamını kaybetmiş ekonomik olarak da çok ağır hasarlar meydana gelmiştir (1111 ev, 1507 işyeri, çok sayıda depo, ahır ve kamu binası zarar görmüştür).

- 2016 yılı Eylül ayında Trabzon Beşikdüzü'nde taşkın meydana gelmiştir. Taşkın sonucunda büyük miktarda can ve mal kaybına neden olmuştur.

- 30 Temmuz 1977 Trabzon iline bağlı Of, Sürmene ilçeleri ile Rize ilinin tamamında etkili olan taşkın sonucunda 3470 dekar ekili alan zarar görmüş, 8537 m'lik taşkın koruma duvarları yıkılmış, 8 araç sulara kapılıp zarar görmüş ve 6 kişi de hayatını kaybetmiştir.

- Batman'da 2006 yılında kısa sürede çok şiddetli bir yağış sonrasında İluh Deresi taşmıştır. 10 kişinin yaşamı sona ererken 13 kişide yaralanmıştır. Ayrıca çok sayıda hayvan telef olmuştur. Telef olanların değeri 2 milyon lira olurken binalarda oluşan zarar ise 2,5 milyon lira olmuştur.

- 7-10 Eylül 2009 tarihleri arasında İstanbul Ayamama deresindeki 4 günlük bir yağışın sonucunda yağış istasyonlarındaki ölçümlere göre 100 yıl tekerrür sürelerin geçmesiyle oluşan taşkın sonrasında Türkiye'de 2010 yılını "Taşkın Koruma ve Dere Islah Yılı" olarak kabul edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Ayamama Taşkını (2009)

C. Dünya’da Oluşmuş Taşkınlar

- EM-DAT’a (The International Disaster Database) göre dünya da 20.yüzyıl başlangıcından 21. yüzyıla kadar toplam 2238 taşkın oluşmuştur. Taşkınlar 200 milyar ABD dolar küresel ekonomiye zarar vermiştir. 2 milyardan fazla kişi etkilenmiş olup bunların 3 milyonu hayatlarını kaybetmiştir. İklim, nüfus ve çarpık kentleşme gibi nedenlerden dolayı dünyada taşkından en fazla etkilenen ülke Çin’dir (Efe, 2014).

- Çin’de 1887 yılında meydana gelen Sarı Nehir taşkını sonucunda 900 bin ile 2 milyon arasında kişi hayatını kaybetmiştir. Yine aynı nehirde meydana gelen 1938 Sarı Nehir taşkını sonucunda ölü sayısı ortalama 600 bindir. 1931’de oluşan çok sayıda oluşan taşkınlara Çin Selleri denilmektedir. Bu taşkınlar sonucunda toplam 2,5 milyon ile 3 milyon arasında insan hayatı sona ermiştir. 1975 yılında Çin’de oluşan Nina tayfunu sonucunda yakınlardaki barajın yıkılmasıyla taşkınla 86 bin kişi ve taşkınlar sonucu çıkan hastalıklar sebebiyle de 145 bin kişi hayatını kaybetmiştir.

- 2004 yılında meydana gelen tsunami sonucunda Hindistan, Tayland ve Maldivler de oluşan selde 230 bin kişi hayatını kaybetmiştir.

- Türkiye’nin kuzeybatısında bulunan Bosna Hersek, Sırbistan, Hırvatistan, Romanya ve Slovenya’da 2014 yılında son 120 yılın en büyük taşkını meydana gelmiştir. Bu taşkında 86 kişi hayatını kaybetmiş ve 2,5 milyon kişi taşkından etkilenmiştir.

- Müslümanlarca kutsal olarak kabul edilen Mekke’de 1941 ve 1974 yıllarında taşkınlar meydana gelmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Mekke Taşkını

- Amerika'nın Batı Virginia ve Iowa Eyaletlerinde 2016 yılında taşkınlar meydana gelmiştir. Ev, iş yeri, kamu alanları ve araçlar zarar görmüştür. Bölge afet bölgesi ilan edilmiştir.

- 1953 yılında Hollanda'da meydana gelen taşkın bu ülke için dönüm noktası olmuştur. Çünkü bu taşkından sonra taşkınları kontrol altına almak için çok sayıda çalışmalar yapılmıştır.

1950-2010 yılları arasında ekonomik kayıp her yıl artarak 1990-2000 yılları arasında pik yapıp 2000-2010 yılları arasında bir miktar gerileme görülmüştür. Yine bu yıllar arasında can kaybı her yıl azalarak bir trend oluşturmuştur (Jha- Bloch- Lamond, 2012:144).

Bu tezin amacı;

Türkiye idari bölümlenmesine göre Erzurum iline bağlı bir ilçe olan Oltu'daki, Oltu Çayı için; 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileriyle akarsuyun mevcut ıslah edilmiş hâlini HEC-RAS programı ve yardımcı olarak ArcGIS, Civil 3D ve Google Earth programlarını kullanarak

- 1D ve 2D modelleme ile taşkın analizi yapılması
- 1D ve 2D modeller arasında taşkın haritası üzerinden karşılaştırma yapılması
- 1D ve 2D modellemelerinin analizler üzerinden avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesi
- Son olarak analizler sonucu yapılabilecek önerileri sunmaktır.

KURAMSAL TEMELLER

Tabiatın kendini yeniden düzenlemesine yönelik doğal döngüsünden insanların veya yapıların zarar görmesi “doğal afet” olarak isimlendirilir. (Kılıçer vd. 2000). Türkiye’de yukarıda da belirtildiği gibi depremlerden sonra en fazla mal ve can kaybına neden olan taşkınlar; tüm dünyada da sosyo-ekonomik hayatı etkileyen önemli bir “doğal afet” olarak kabul edilmektedir (CEOS 2003; Özcan 2017).

Türkiye’nin geçmişi ve geleceğinde önemli bir etkisi olan taşkınlar birçok bilimsel çalışmanın da konusunu oluşturmıştır. Tuncer (2012), yaptığı çalışmada İstanbul Nakkaş Deresi’nin taşkın analizi yapmıştır. Çalışmada önce dere yatağının güncel durum analizini yaparak dere yatağının yeterliliğini tespit etmiştir. Derenin yetersizlikleri konusunda yatağında olası bir taşkını önlemek için neler yapılabileceği önermiştir.

Türkiye’de CBS programlarıyla taşkın analizine ilk örnek Baga (1999), MIKE 11 kullanarak Muğla Fethiye için taşkın koruma yapısı mevcut değilken ve taşkın koruma yapısı mevcutken analiz yaparak taşkın haritasını elde etmiştir.

Düden (2010), analiz programı olarak HEC-RAS ve Dambrk’ı kullanarak Bilecik’te bulunan Darıdere Barajının yıkılmasıyla oluşabilecek taşkını analiz etmiştir. Bu programlar problemi çözerken farklı parametreler kullanmıştır. Birbiriyle yapılan kıyaslamalar sonucunda HEC-RAS’ın Dambrk’e göre daha hassas analiz yaptığı tespit etmiştir.

Batur (2011), yaptığı çalışmada 2010 yılında Meriç Nehri’nde meydana gelen taşkını incelemiştir. Uydu görüntüleri ve CBS’yi bir arada kullanarak taşkın alanlarını ve tarım arazilerinin ne kadar etkilendiklerini tespit etmiştir. Tespit ettiği bu bilgiler hektar cinsinden olup DSİ 11. Bölge Müdürlüğü tarafından hesaplamalarla kıyas edilmiştir. Bu kıyasın sonucunda alan olarak %9’luk bir fark olduğu bulmuştur.

Tek (2013), yüksek lisans tezinde İstanbul’da bulunan Kağıthane Deresi için CBS ve uzaktan algılama yöntemlerini kullanarak taşkın risk analizini yapmıştır. Yaptığı analiz sonucunda az, orta ve yüksek risk gruplarına göre yapıları gruplandırmıştır.

2010 Nisan’da Peru’da bulunan 513 Gölün içerisine bir kayanın düşmesiyle buzul gölün patlamasına sebep olmuştur. Bu patlamayla beraber taşkın meydana gelmiş ancak arazideki izler dışında bir veri bulunamamaktadır. Klimes, Benesova, Vilimek, Bouska, Rapre (2014), HEC-RAS kullanarak 1B olarak taşkını modellemişlerdir. Modelleme sonucu arazideki izlerle uyum sağladığı tespit etmişlerdir. Taşkına maruz kalan nehrin yakınlarındaki nehirlerde tehlike altında olduğunu tespit etmişler ve buldukları sonuçlara göre tedbir alınmasını önermişlerdir.

Efe (2014), Batman Çayı'nda 5 yıllık, 10 yıllık, 25 yıllık, 50 yıllık, 100 yıllık ve 500 yıllık taşkın debilerini kullanarak 28 km'lik dere hattında 170 m'de bir kesit alarak HEC-RAS yardımıyla taşkın analizi yapmıştır. Çayın ıslah edilmemiş olmasından dolayı her kesit farklılık göstermiş olup kesitler en fazla 50 yıllık debiyi taşımaktadır. 100 yıllık ve 500 yıllık debiyi taşımayıp taşkın meydana getirmektedir.

Şubat 2014'te Güney Amerika ülkesi olan Bolivya'da on binlerce aileyi etkileyen ve 40000 hektarlık alana yayılan bir taşkın meydana gelmiştir. Moya vd. (2015), HEC-RAS programı yardımıyla bu taşkının 1 ay süreli 2 boyutlu simülasyonunu yapmışlar ve taşkın uydu görselleriyle karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda büyük oranda benzerlik tespit etmişlerdir.

Antalya'da bulunan Ilıca Deresi için Üyüklüoğlu (2015), HEC-RAS programını kullanarak su yüzü profiliyle taşkın yayılım alanları bulmuş sonuçlara göre yeni bir doğrultu seçerek taşkın olmayacak şekilde ıslah planı hazırlamıştır.

Ülkemizle Yunanistan arasında sınır görevi yapan Meriç Nehri ve aynı ilde bulunan Tunca Nehri için yapılan çalışmada Akkaya (2016), MIKE 11 ve MIKE 21 yazılımları sayesinde taşkın haritasını oluşturmuştur. Taşkınları engellemek amacıyla 2 farklı yeni güzergâh ve kanal tasarlamıştır ve belirlenen güzergâhlar içinde taşkın analizi yapmıştır.

Yaylak (2016), Bitlis Çayı'nın taşkın debilerini Gumbel Dağılımı ve DSİ Sentetik Yöntemi ile tespit etmiştir. Taşkın debilerini ArcGIS yazımıyla elde ettiği Sayısal Yükseklik Modeli ile beraber HEC-RAS programına aktarmıştır. Taşkın analizi yaparak analiz sonucu üzerine birkaç öneride bulunmuştur.

Muhammed vd. (2016), HEC-RAS programı kullanarak Türkiye'de doğan ve Irak'tan geçen Dicle Nehrinin üzerindeki Bağdat Barajının rezervuarındaki tortulaşma (sediment yükü) simülasyonunu oluşturmuşlardır.

Uslu (2017), Samsun ilinde bulunan Mert Irmağı için çalışma yapmıştır. Bu çalışmada CBS programlarından ArcHydro, Hec-GeoRAS ve HEC-RAS'ı kullanarak ırmağın ıslah edilmeden önceki hâlinde oluşabilecek taşkını, ıslah edildikten sonra oluşabilecek taşkını analiz ederek taşkın sonucu ne kadar ev, iş yeri ve kamu binaları zarar göreceğini tespit etmiştir.

Ersoy (2017) yüksek lisans tezinde ise Manisa Kızıldere'nin yağış verilerini kullanarak en uygun dağılım fonksiyonunu bulmak için dereyi korelasyon testine tabi tutmuş en uygunun Log-Pearson Tip-3 dağılımı olduğu belirtmiştir. Bu dağılımı kullanarak yıllık maksimum yağış yüksekliğini elde etmiştir. Mocus Yöntemi ile 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık debilerini elde etmiştir. Üçgenleme Yöntemi ile de DEM haritasını oluşturarak HEC-RAS programıyla taşkın

analizi yapmıştır. Analizi sonucunda Kızıldere'nin belirli kısımlarında meydana gelen taşkınları engellemek için sağ sahiline belirli bir mesafede istinat duvarları, ıslak seki yapılması ve erozyon olmaması içinde derenin eğiminin azaltılarak akım hızının düşürülmesi gibi öneriler sunmuştur.

2006 yılında Hindistan Surat şehrinde çok büyük taşkın meydana gelmiştir. Patel vd. (2017), taşkını HEC-RAS ile 100 saatlik 1D/2D birleşik analizini yapmışlardır. Yapılan analiz sonucunda elde edilen su derinliği ve taşkın yayılım haritasıyla taşkında gözlemlenen verilerin uyum sağlandığını tespit etmişlerdir. Aynı bölge için taşkından sonra yapılan çalışmaların etkisini görmek için mevcut hâliyle de analiz yapmışlardır.

Mohammed Hadi (2017), akarsulardaki suyun köprülerden dolayı kabarmasını farklı köprü açıklıklarıyla model oluşturarak deneysel bir şekilde tespit etmişlerdir. Yapılan 6 farklı akımlı deneyi HEC-RAS programında da belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kıyaslandığında uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır.

Yıldırım (2018), tezinde Türkiye'nin ve Avrupa'daki bazı ülkelerin taşkın haritalarını inceleyerek karşılaştırmalar yapmıştır. Bunun sonucunda modelleme yapılması için gerekli parametreleri, modellemenin boyutlarını, sayısal yükseklik ve arazi modellemelerinin ne kadar hassas olacağını, haritanın ölçeğini, haritanın konumsal çözünürlüklerini ve haritanın altlıklarının neler olacağını tespit etmiştir.

Damçayırı (2018), Tekirdağ 'da bulunan Kınıklı Deresi için Pearson Tip 3'ü kullanarak belirli aralıklardaki yıllık yağış verilerini tespit etmiştir. Bu verileri de WMS (Watershed Modeling System) yazılımı yardımıyla akış verilerini elde etmiştir. MIKE yazılımına verilerin girişini yapıp taşkın analizi yapmıştır. İmar planının üzerine taşkın haritasını eklemesiyle kaç binanın zarar görebileceğini ve bunlar içinde tedbirleri tespit etmiştir.

Kırıkkale'de bulunan Karadere ve Hodar Dereleri için Meteoroloji İstasyonlardan ölçülen yağış değerlerini DSİ Sentetik ve Mockus metotlarında kullanarak 25 yıllık, 50 yıllık, 100 yıllık ve 500 yıllık taşkın debileri tespit etmiştir. Bulunan debiler HEC-RAS programında kullanarak 1D taşkın analizi yapmıştır. Analiz sonucunda mevcut kesitlerin yetersiz olduğu tespit etmiştir (Üçüncü 2018). Aynı ilde bulunan Bağdat Deresi için yapılan çalışmada yine aynı yöntemler kullanılarak debiler bulmuştur. HEC-RAS yardımıyla yapılan analizler sonucu mevcut yapının yetersiz olduğu belirlemiştir (Utkan 2021).

Türkiye'nin en önemli nehirlerinden olan Dicle Nehri için yapılan çalışmada 25 yıllık debide dahi taşkınların meydana geldiği ve taşkın civarındaki UNESCO'nun Dünya Kültür

Mirası Listesinde bulunan Hevsel Bahçeleri'ne, sosyal tesislerine ve rekreasyon alanlarına kadar yayıldığı tespit etmiştir (Oğraş 2018).

Dasallas vd. (2019), 2002 yılında Kore'de meydana gelen taşkın için HEC-RAS ile 1D/2D birleştirilmiş analiz yaparak taşkın sırasında elde edilen verilerle kıyas yapmışlar ve çok büyük benzerlikler ortaya çıkmıştır. Ayrıca HEC-RAS ile taşkınların simüle etmede güçlü bir araç olduğunu kanıtlamışlardır.

Al-Aloosi (2019), Bağdat'taki Himreen Barajının yıkılması ile oluşan taşkın ne kadar etkili olacağını HEC-RAS yardımıyla simülasyon edilerek bulmuştur. Baraja en yakın şehir olan Baquba'ya 11 saatte, Numuniada'ya ise 105.45 saatte taşkın ulaşacağı tespit etmiştir.

Rangari, Umamahesh, Bhatt (2019), çalışmalarında Hindistan'ın büyük bir şehri olan Haydarabad şehri için taşkın analiz yapmıştır. Şehir bazı hidrolik parametrelerine göre on altı bölgeye ayırmıştır. Alçak ve taşkın olma riski yüksek olan bölge üzerine odaklanılmıştır. 2, 5 ve 10 yıllık debilerle HEC-RAS yardımıyla 2 boyutlu olarak analiz etmiştir.

Akkoç (2019), Aras havzasında bulunan Kars Çayı havzası üzerinde yapılan bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemi programlarından ArcGIS ile hidrolojik verilerle taşkın debileri tespit etmiştir. Tespit edilen bu debilerle HEC-RAS programında 1 boyutlu ve 2 boyutlu taşkın modellemesi yapmıştır. Taşkın yayılım haritasını çıkardıktan sonra 1 boyutta oluşan taşkın ile 2 boyutta oluşan taşkın karşılaştırmıştır. 2 boyutlu taşkın yayılım haritasının daha doğru sonuç verdiğini tespit etmiştir.

Çolak (2019), Çankırı Taşlıçay Deresi'nin taşkın analizini HEC-RAS programındaki kararsız akım (unsteady) ile hem tek boyutlu hem de çift boyutlu olarak yapmıştır. Tek boyuttaki yayılımındaki bazı kesikler (hatalar) 2 boyutta düzeldiğini ve daha doğru sonucun elde edildiğini tespit etmiştir.

Dağ (2019), DSİ Sentetik Hidrograf Yöntemi'ni kullanarak Antakya ilinde bulunan Altınçay Deresi'nin 2 yıl, 5 yıl, 10 yıl, 25 yıl, 50 yıl ve 100 yıl yinelenmeli taşkın debilerin hidrografını elde etmiştir. UTM koordinat sistemine göre ve GPS yardımıyla HEC-RAS için gerekli olan verileri yazılıma aktararak derenin mevcut durumunu modelleyerek taşkın analizi yapmıştır. Analiz sonucunda 2 yıllık, 5 yıllık ve 10 yıllık taşkın debilerinde herhangi bir taşkın veya risk görülmemiştir. Ancak 25 yıllık, 50 yıllık ve 100 yıllık debilerde ise taşkınlar meydana gelmiştir.

Raman ve Liu (2019), 2019'da meydana gelen baraj yıkımı sonucunda oluşan çamur ve su taşkını tekrar analiz ederek gerçek verilerle kıyas yapmışlardır. Yapılan kıyaslama

sonucunda barajların yıkılmasıyla tehdit altında olabilecek yerlerde HEC-RAS programıyla analiz yapılarak önlemler alınabileceğini göstermişlerdir.

Keçik (2019), çalışmasında Kahramanmaraş'ta bulunan İmalı Deresi için HEC-RAS programı kullanılarak 100 yıllık ve 500 yıllık debilerle taşkın analizi yapmıştır. Yapılan analiz ile dere yatağı üzerindeki köprü, menfez gibi sanat yapıları yeniden boyutlandırarak yapılması ve dere boyunca dikdörtgen veya trapez kesitli kanal yapılması önermiştir.

Kara (2019), çalışmasında laboratuvarındaki modelde beş farklı akım kullanarak hem köprünün olmadığı su yüzü profilini hem de dört farklı açıklıklı köprülü su yüzü profilini belirlemiştir. Modelde kullandıkları verilerin aynısını HEC-RAS programına aktararak karşılaştırma yapmıştır.

Ercan, Yağcı, Ünsal (2019), yaptıkları çalışmada Kahramanmaraş ilinde bulunan Domuz (Boğaz) Deresi için yapılan kuşaklama kanallarının proje hesapları ile HEC-RAS yazılımıyla yapılan modellemenin yakın sonuçlar verdiği tespit etmiştir.

Shrestha vd. (2020), ABD Kaliforniya eyaletinin Brentwood'daki Deer Creek Havzası için hem HEC-RAS hem de MIKE 21 yazımlarıyla 2D analizleri yaparak bazı karakteristik özellikleri kıyaslamışlardır. Her iki programında birbirlerine karşı olumlu ve olumsuz tarafları olmasına rağmen iki programında analizlerde kullanılabilirliğini tespit etmişlerdir.

Yıldırım (2020), çalışmasında yağışları Log Pearson Tip 3 ile bulunup taşkın verilerini Mockus yöntemiyle tespit etmiştir. Elde edilen verileri HEC-RAS programına aktarıp taşkın analizi yapmıştır. Gevye Karaçay Deresi için yapılan bu çalışmada taşkının şehir merkezini ve tarım arazilerini etkilediği tespit etmiştir. HEC-RAS programını kullanarak orman yolları ile nehirlerin kesiştiği yerlerde yapılan hidrolik yapıların boyutlandırılması da yapmaktadır. Açıl (2020), Bolu'da bulunan Gerede Ormanı ile Acısu Ormanı sınırlarında bulunan nehir üzerindeki hidrolik yapıların boyutlandırılması üzerine çalışmalar yapmıştır. Yapılan analiz sonuçlarını değerlendirerek birtakım önerilerde bulunmuştur.

Kumar vd. (2020), HEC-RAS ve GFMS kullanılmasıyla Hindistan'da bulunan Sangam bölgesi için 2 boyutlu taşkın analizi yapmışlardır. Analiz doğrultusunda bölge için risk değerlendirmeleri yapmışlardır.

Tektaş (2021), Diyarbakır ili Çınar ilçesindeki Çakmak Deresi'nin taşkın modellemesini yapmak için HEC-RAS programının yanında ek olarak Sentinel-2 uydu görüntüsünden faydalanmıştır. Ayrıca bir CBS programı olan QGIS SCP programı da kullanmıştır. Yapılan bu hibrit çalışmanın sonucunda taşkının nereleri etkilediğini tespit etmiştir.

Ülkemizin en önemli ve en büyük havzası içerisinde bulunan Şanlıurfa il merkezinde bulunan Karakoyun, Sırrın ve Cavsak derelerinde 1D taşkın analizi yaparak oluşabilecek risk alanları belirlemiştir. Verileri ArcGIS ve HEC-RAS programlarıyla işleyen Güven (2021), 2 yıllık, 5 yıllık, 10 yıllık, 25 yıllık, 50 yıllık, 100 yıllık, 500 yıllık ve 1000 yıllık taşkın debileri kullanmıştır. Karakoyun Deresi 2 yıllık taşkın debisinde, Sırrın Deresi ve Cavsak Deresi 50 yıllık taşkın debisinde taşkınların başladığı tespit etmiştir. Bu nedenden dolayı bu bölge için tedbirlerin alınması gerektiğini bildirmiştir.

Çakan (2021), Konya’da bulunan Bozkır Çarşamba Çayı’nda yapılan ıslah çalışmaları incelemiştir. Farklı tekerrür aralıklı debileri elde ettikten sonra ArcMap yazılımı yardımıyla Sayısal Yükseklik Modelini oluşturarak HEC-RAS programına aktarmıştır. 1D ve 2D analizler yaparak taşkın yayılım haritası elde etmiştir. Yapılan analizler o bölge için önceden Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan analiz ile uyum sağlandığı görmüştür.

Taşkın (2021), Doğu Akdeniz Havzasında bulunan Çeşneli Deresi için yapılan taşkın analizinde DEM haritasını NetCad programından faydalanarak elde etmiştir. Bu sayısal yükseklik modelini HEC-RAS’a aktararak orada taşkın analizini yapmıştır. Yapılan analize göre 5 yıl ve üstü aralıklı debilerde derenin taşıdığı tespit etmiştir.

Urzica vd. (2021), LİDAR görüntü verileri ile HEC-RAS programında Romanya’nın kuzeydoğusunda bulunan rezervuarın yıkılmasıyla oluşacak risk haritasını oluşturmuştur.

Cantürk (2022), araştırmasında ise Yozgat-Merkez için yağış verilerini kullanarak tekerrür debilerini tespit ederek coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı; MIKE HYDRO, MIKE21 FM, MIKE FLOOD yazılımlarını kullanarak taşkın analizi yaparak yayılımını tespit etmiştir.

Namara vd. (2022), Etiyopya’da bulunan Awash Bello taşkın alanı için HEC-RAS yardımıyla taşkın analizi yapmışlardır. Resmi debi verileri ile HEC-HMS ile tespit edilen debiler arasında farklılık olduğunu tespit etmişlerdir. HEC-HMS verilerinin daha yüksek olduğu tespit etmişlerdir. HEC-HMS verilerini kullanılarak yapılan 1 boyutlu analiz sonucunda Awash Bello taşkın alanının tamamen sular altında kaldığını tespit etmişlerdir.

Ayrıca CBS yardımıyla yapılan taşkın analizlerinde kullanılan DEM haritasının çözünürlükleri de dikkat edilmesi gereken bir husustur. Farooq, M., Shafique, M., Khattak M.S. (2019), yaptıkları çalışma da farklı çözünürlüklerde 2 boyutlu olarak aynı simülasyonu yapmışlardır. Bunun sonucunda 2 boyutlu çalışmanın yapıldığı Swat Vadisi (Pakistan) gibi arazilerde 25 m’den daha iyi çözünürlüğe sahip DEM haritasıyla analiz yapılması gerektiğini göstermiştir. En iyi sonucunda 12 m’lik DEM haritasının verdiği ortaya çıkmıştır.

MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Alanı

Türkiye'nin idari bölümlenmesine göre Erzurum'un kuzey ilçelerinden biri olan Oltu, Karadeniz Bölgesi'nin "Doğu Karadeniz Bölümü" içerisinde kalır. Oltu'nun topoğrafik yapısını; dağlar, akarsuların açtığı vadiler ile dağlar arasına yerleşmiş havza ve platolar oluşturur. Dağlık alanın büyük bir kısmı kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda akan Oltu Çayı'nın çevresi boyunca uzanmaktadır. Bölgenin yüksekliği Oltu ilçe merkezinde ortalama 1275 m, Oltu Havzası'nda 1400-1500 m, kuzeydeki dağlık alanda ise 2500 m civarındadır. Oltu ve çevresine hayat veren en önemli su kaynağı Çoruh'un kollarından olan Oltu Çayı'dır (Erinç 1953; Atalay 1982; Atalay-Yılmaz-Tetik 1985; Doğanay 1985).

Oltu'nun bağlı olduğu il göre yükseltisi daha düşük olmasından dolayı Erzurum'da sert karasal iklim görülürken Oltu'da sert karasal iklim görülmez. Oltu'nun yıllık ortalama sıcaklığı 9.8 C iken yıl içerisinde en sıcak dönemi 22.5 C ile Ağustos, en soğuk dönemi ise -3.8 C ile Ocak ayıdır. Yıllık ortalama yağışı ise 390.5 mm'dir. (Bayram vd. 2018)

Oltu; arsenik, asbest, bakır, boraks, kaya tuzu, kükürt, linyit, manganez, manyezit ve Oltu taşı gibi madenleri ile yer altı kaynakları açısından da zengin potansiyele sahiptir. (MTA 1980; Belli 1991; Özav 1996)



Şekil 10. Oltu İlçesi Genel Görünümü (2022) (Google Map)

Oltu ve çevresini önemli kılan özelliklerin başında Anadolu-Kafkaslar arasında iki yoldan birinin üzerinde olması gelir. Bu yol Erzurum-Tortum-Narman üzerinden Oltu'ya ulaşıktan sonra ardından da Artvin veya Ardahan üzerinden Karadeniz'e veya Kafkaslara ulaşır. Oltu binlerce yıldır coğrafyanın insanlara zorunlu olarak sunduğu yolların üzerinde olması nedeniyle geçmişte olduğu gibi ve günümüzde de önemli bir merkez olmuş, birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. (Koşay 1984; Özav 1996; Tümertekin 1987; Koşay-Turfan 1959, Topaloğlu, 2008)

Türkiye'nin en hızlı akışa sahip olan nehri Çoruh Nehri'dir. Çoruh Nehri'ni oluşturan en büyük kolu ise Erzurum ilinin Oltu ilçe merkezinden geçen Oltu Çayı'dır (Şekil 10). Drenaj alanı 6.877 km² olan Oltu Çayı 4.900 km² yağış alanı ile Çoruh Havzası'nın güneydoğusunda bulunmaktadır ve 1/4 'üne sahiptir. Erzurum'un bir diğer kuzeydoğu ilçesi olan Narman'da bulunan Narman Çayı'nın devamı olarak görülen Oltu Çayı 98 km uzunluğunda olup dünyanın en yüksek barajlarından biri olan Yusufeli Barajında başka bir dereye mansaplanmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı- Çoruh Havzası Taşkın Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme Kapsam Belirleme Raporu).

Oltu Çayı üzerinde 4 tane ayaklı köprü bulunmaktadır (Şekil 11) (Şekil 13) (Şekil 16) (Şekil 17). Oltu Çayı üzerinde 2 tane de ayaksız köprü bulunmaktadır (Şekil 14) (Şekil 15). Ayrıca 1 tane yaya geçidi bulunmaktadır (Şekil 12). Akarsuyun yaklaşık eğimi 0.035 m/m'dir.



Şekil 11. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-1



Şekil 12. Oltu Çayı ve Üzerindeki Yaya Geçidi



Şekil 13. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-2



Şekil 14. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-3



Şekil 15. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-4



Şekil 16. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-5



Şekil 17. Oltu Çayı ve Üzerindeki Köprü-6

Oltu Çayı'nda yıllık debilerinin yüksek olması, jeomorfolojik ve beşerî etkilerden kaynaklı olarak çok sayıda taşkın meydana gelmiştir.

Tablo 7. Oltu İlçesinde Meydana Gelen Taşkınlar (1955-2018)

Taşkın Tarihi	Taşkın Yeri	Taşkın Olan Akarsu	Can Kaybı
11.08.1961	Urutköy (Oltu)	Bardiz Çayı	1
07.08.1967	Oltu Merkez	Oltu Çayı	0
27.04.1990	Yusufeli	Çoruh Nehri ve Oltu Çayı	0
29.07.2003	Oltu	Vişneli Köyü Deresi	0
24.04.2004	Artvin	Oltu Çayı	0
25.04.2005	Oltu	Oltu Çayı	0
21.05.2018	Oltu	Oltu Çayı	0

Tablo 7. de belirtilen taşkınlarda en çok tarım arazileri zarar görmüştür. En son ki taşkın 2020 yılında iki gün süren etkili yağış sonucunda Oltu Çayı'nın duvar olan kısımlarında bir taşkın meydana gelmezken doğal hâliyle bulunan kısımda taşkın meydana gelmiştir (Şekil 18). Bu taşkın sonucun bir iş makinesi sulara kapılmıştır. Herhangi bir can kaybı yaşanmamıştır (Şekil 19).



Şekil 18. 2020 Yılında Meydana Gelen Kabarma-1



Şekil 19. 2020 Yılında Meydana Gelen Kabarma-2

Oltu Çayı havzası içerisinde çok sayıda yağış ve akım gözlem istasyonu bulunmaktadır (Tablo 8, 9). DSİ bu istasyonlardan alınan veriler ile taşkın hidrograflarını tespit etmiştir.

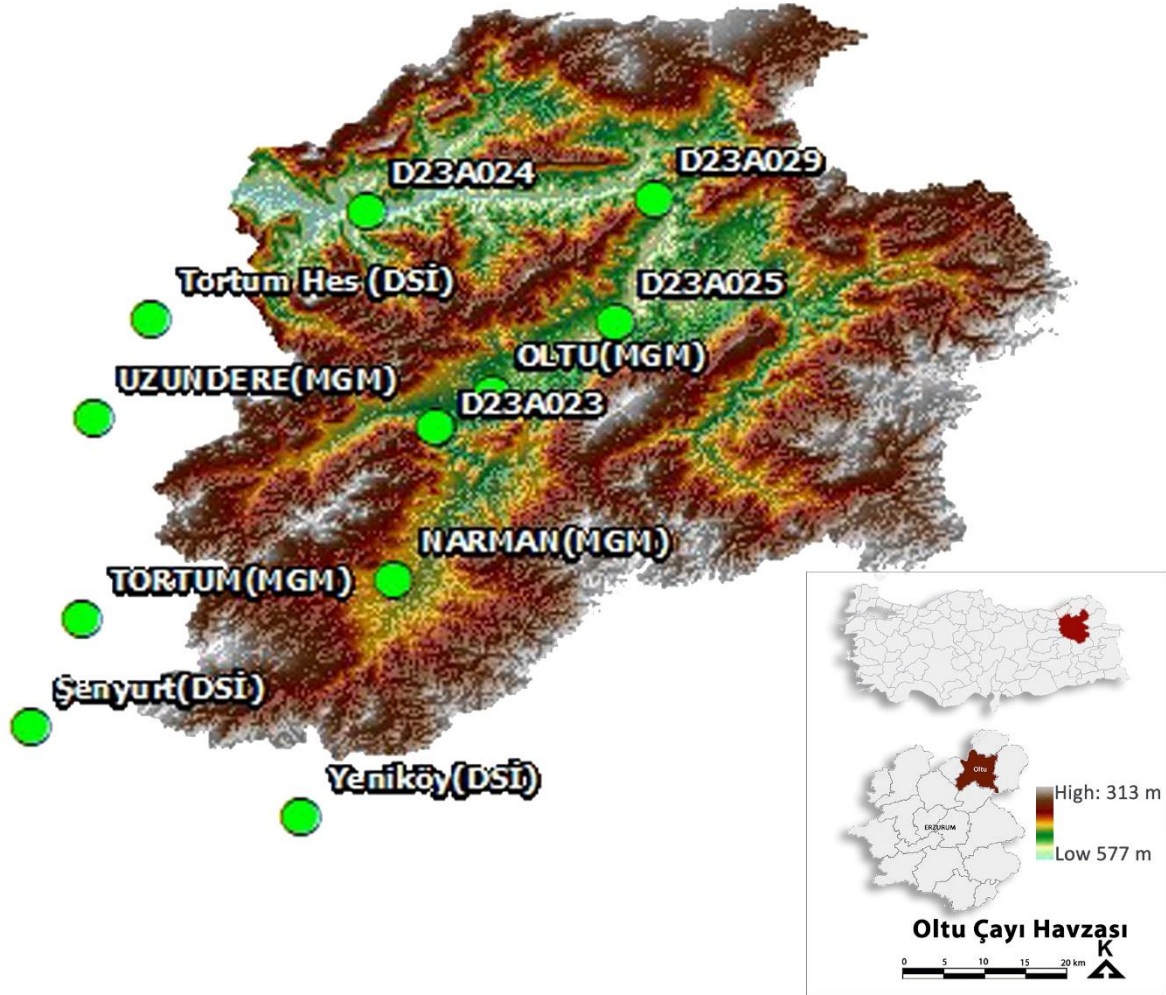
Tablo 8. Yağış İstasyonları

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Kot(m)	Gözlem Süresi (Yıl)
17688	Tortum (MGM)	40°18' K	1572	64
17668	Oltu (MGM)	40°33' K	1322	67
2133	Uzundere (MGM)	40°32' K	1300	9
2470	Narman (MGM)	40°21' K	1700	30
23-009	Tortum HES (DSİ)	40°38' K	1020	29
21-066	Şenyurt (DSİ)	40°11' K	2210	21
24-001	Yeniköy (DSİ)	40°05' K	2190	26

Tablo 9. Akım Gözlem İstasyonları

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Gözlem Süresi (Yıl)	Kot (m)	Yağış Alanı (km ²)
D23A023	Kesikköprü Çiftliği	40° 30' 52" K	41° 55' 46" D	41	1400	1118.3
D23A024	Zinnur Yazıcı	40° 45' 8" K	41° 51' 14" D	41	4694	850
E23A025	Aşağı Kumlu	40° 37' 55" K	42° 07' 47" D	40	1135	1762
E23A029	Çoşkunlar	40° 45' 55" K	42° 10' 28" D	36	1005	3538.8

ArcGIS yazılımında sırayla Fill (Yağış Yüzey Taraması), Flow Direction (Akım Yönlerinin Tayini), Flow Accumulation (Akım Birikme Güzergahının Tespiti), Watershed (Havzaların Belirlenmesi) komutları işletilerek havza sınırları belirlenmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Erzurum-Oltu Çayı Havza Sınırları ve İstasyonlar

3.2. Kullanılan Programlar

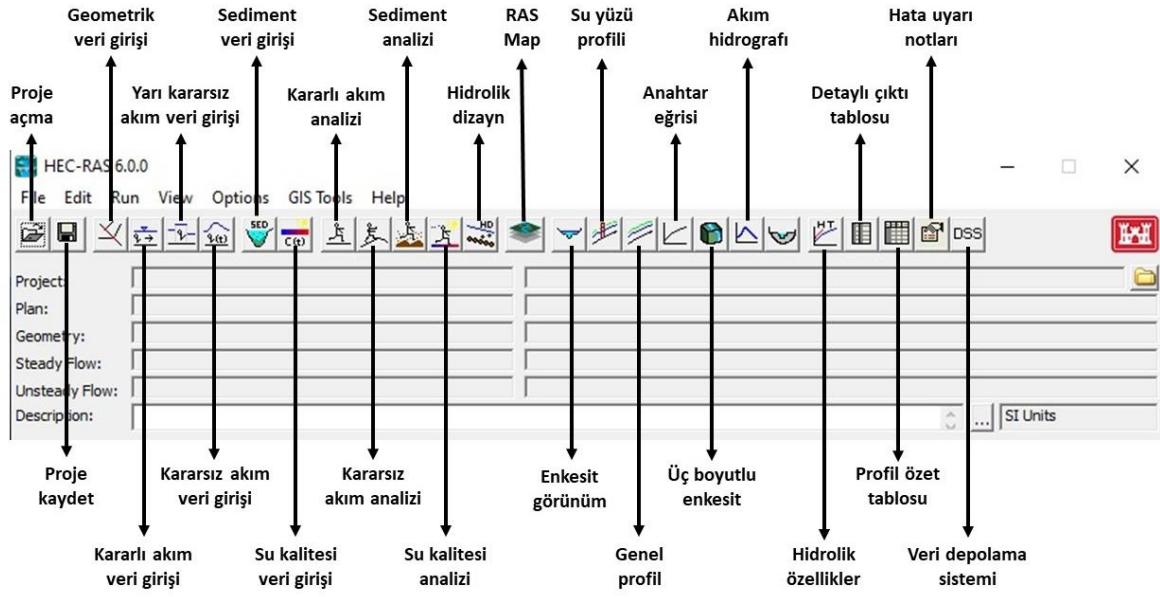
3.2.1. HEC-RAS 6.0.0

HEC-RAS'ın yapımcısı olarak bilinen ABD Ordu Mühendisliği Birliği (USACE) Hidrolojik Mühendislik Merkezi (HEC) 1964 yılında kurulmuştur.

HEC-RAS doğal akarsular ve sonrasında ıslah edilmiş açık kanallardaki akımın hidrolik hesabını gerçekleştirmek amacıyla yapılmış bir yazılımdır (Şekil 21). HEC-RAS kararlı ve kararsız akımlar için su yüzü profili, taban hesaplamalar gibi birçok hidrolik hesaplamalar yapmaktadır.

HEC-RAS programında proje oluşumu bir takım veri dosyalarından oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla: plan, geometrik veri, kararlı akım verisi (debi), kararsız akım verisi (debi), sedimet verisi, su kalitesi verisi ve hidrolik tasarımıdır. Birbirinden ayrı planları modellemek için ayrı ayrı geometrik ve akım verilerine ihtiyaç vardır. Daha sonra bu sonuçlar hem grafik hem de tablo şeklinde kıyas yapılmasına imkân vermektedir.

Kritik altı (subcritical), kritik üstü (supercritical) ve karışık (mixed) rejimli akımlar için su yüzü profili hesabı yapmaktadır.



Şekil 21. HEC-RAS 6.0.0 Menüleri

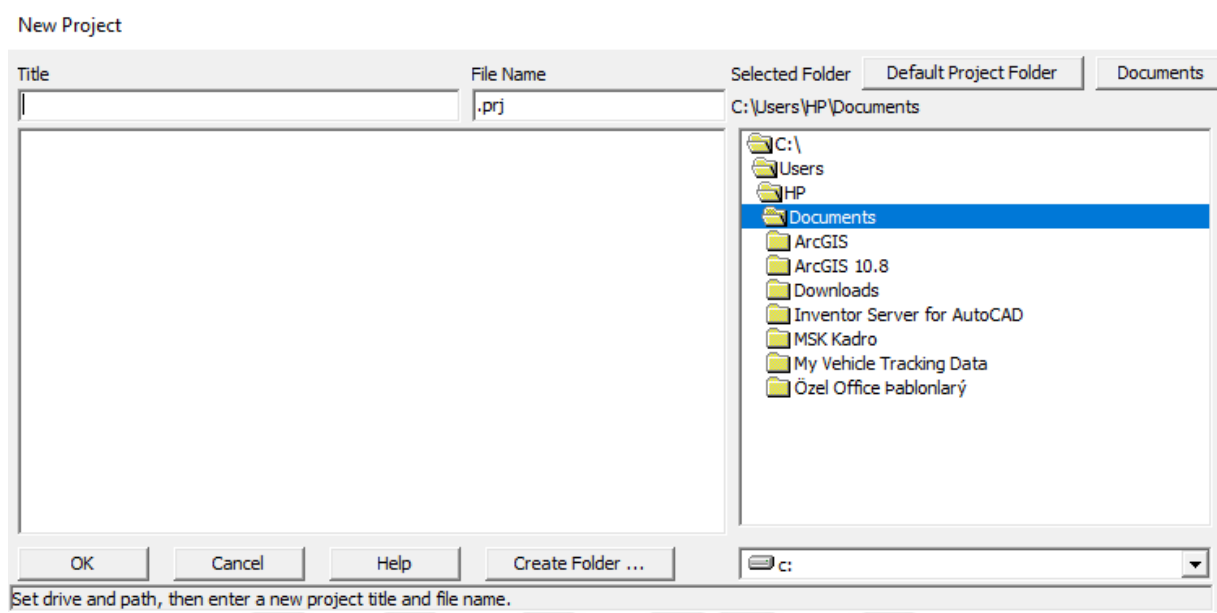
Modelleme yapmak amacıyla 5 temel adımı oluşturmak gerekmektedir.

- 1- “Proje açma” kısmında yeni bir proje açmak
- 2- “Geometrik veri girişi” kısmında projeye ait geometrik veriler girmek
- 3- “Kararlı akım veri girişi”, “Yarı değişken akım veri girişi” veya “Kararsız akım veri girişi” kısımlarında projeye uygun kısmı seçip akım verilerini ve sınır şartlarını girmek.
- 4- Seçilen akımın analizini yapmak
- 5- Sonuçları incelemek

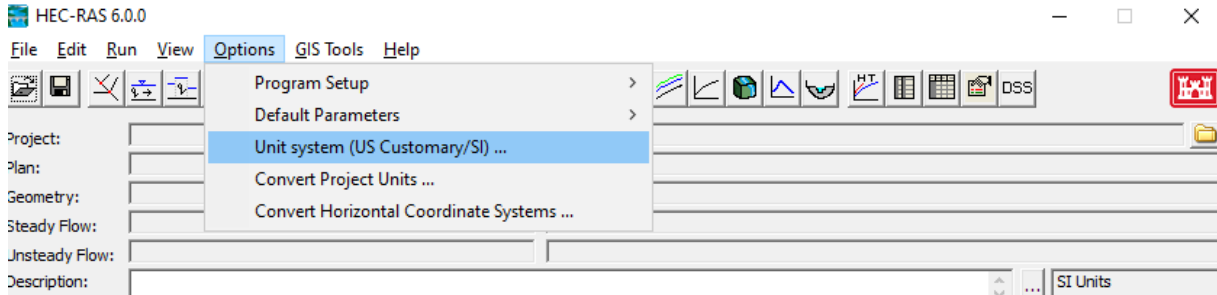
3.2.1.1. Yeni Proje Açma (New Project)

Modelleme yapmadan önce projenin kaydolacağı dosyayı oluşturmak gerekir ve dosyanın adını Türkçe karakterle yazılmaması gerekmektedir. HEC-RAS’ın ana menülerinden File menüsünü seçip orada New Project sekmesine basılır. Açılan ekranda (Şekil 22) kaydedilecek olan dosya seçilir ve projeye Türkçe karakterler olmadan isim verilir. “.prj”

uzantılı dosyayı OK'a basarak oluşturmuş oluruz. HEC-RAS Amerika tabanlı olup uluslararası bir program olduğu için iki birim sisteminden faydalanmaktadır. Projenin ilk açıldığı anda bu birim sisteminden birini seçmek gerekmektedir. Ana menüde bulunan Option menüsünden "Unit System" kısmından seçim yapılabilir (Şekil 23). U.S. Amerika birim sistemi olurken SI ise Uluslararası birim sistemi olmaktadır.



Şekil 22. HEC-RAS Proje Açma Arayüzü (New Project)



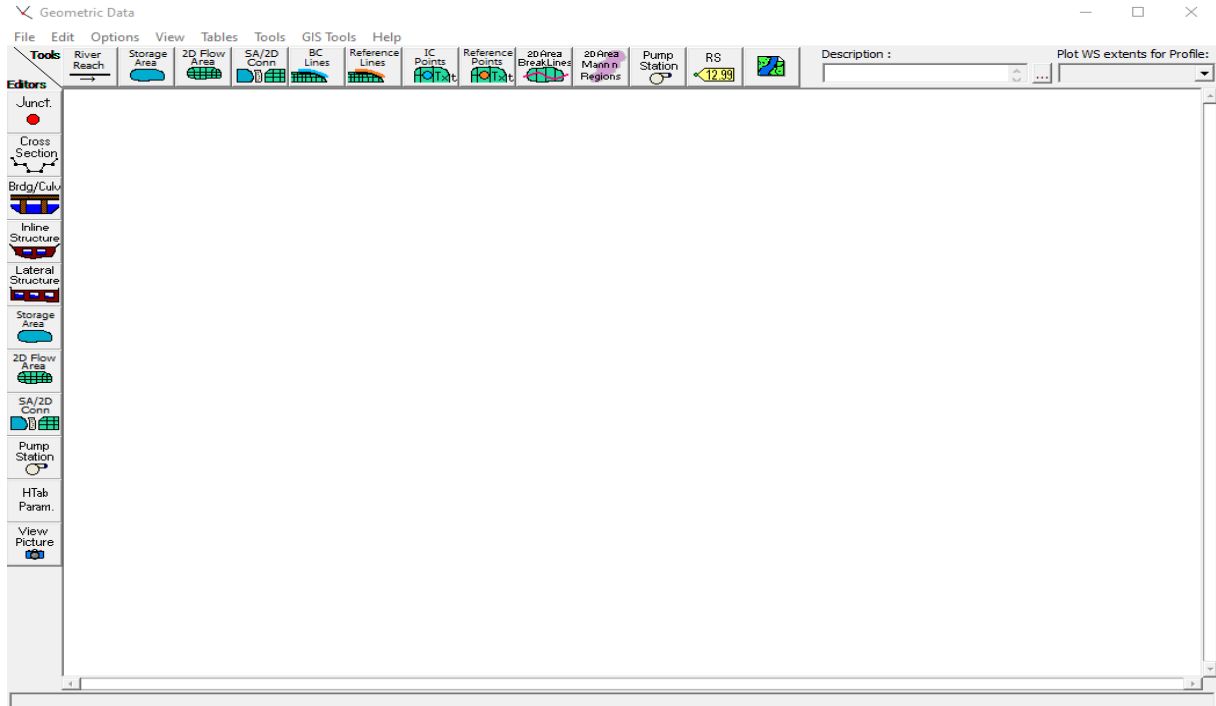
Şekil 23. Birim Sistemin Seçimi

3.2.1.2. Geometrik Veri Girişi (Geometry Data)

Akarsuyun doğrultusunu gösteren şekil, akım yönü, varsa akarsuyun kolları, akarsuyun uzunluğu, doğrultu üzerinde alınan enkesitler, akarsu üzerindeki köprü, menfez gibi hidrolik yapıların verilerine geometrik veri denilmektedir.

Modelleme için geometrik veriyi hem HEC-RAS'ın Geometry Data (Şekil 24) kısmında oluşturulabilir hem de Autodesk 3D Civil, ArcGIS gibi yazılımlarda oluşturup HEC-RAS'a aktarımı yapılabilir. Diğer yazılımlarda oluşumu kısıtlı olup akarsuyun doğrultusu ve enkesitleri gibi verileri oluşturulabilmektedir. HEC-RAS'a aktarılan bu veriler üzerine diğer

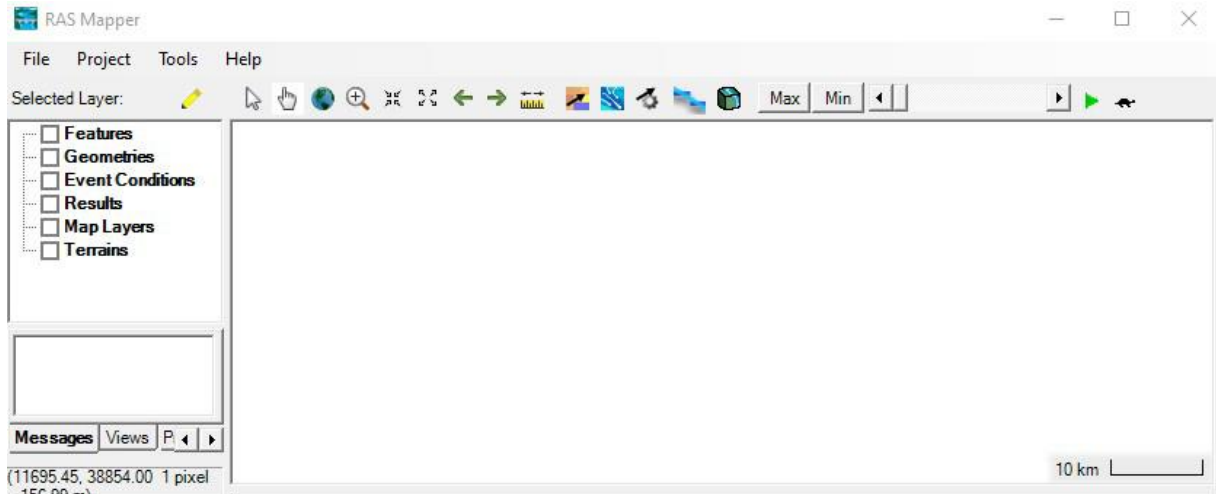
verileri (köprü, menfez, taşkın alanları, sağ ve sol sahilleri) HEC-RAS'ta tanımlanmaktadır. Bu işlemler DEM üzerinden yapılmaktadır.



Şekil 24. HEC-RAS Geometrik Veri Arayüzü

Arayüzde bulunan “River-Reach” kısmında nehir doğrultusu çizilmektedir. Nehir doğrultusu ayrıca Ras Mapper da çizilmektedir (Şekil 25). Aynı arayüzde enkesiti oluşturmak, silmek ve değişiklikler yapmak için “Cross Section”, köprü eklemek, değişiklik yapmak veya silmek içinde “Bridge/Culvert”, yanal savakla ilgili “Lateral Structure” ve 2 boyutlu modelleme yapmak içinde “2D Flow Area”, “Storage Area” gibi kısımlar kullanılmaktadır.

Geometrik veriyi HEC-RAS 'ta oluşturmak içinde DEM haritasını “Terrains” kısmından Ras Mapper'a aktardıktan sonra “Geometries” bölümünden akarsuyun doğrultusu, sağ ve sol sahilleri, taşkın etkili olabilecek yerleri, enkesitleri ve gerekirse 2D taşkın alanları bu kısımda oluşturulmaktadır (Şekil 25). Doğru sonuç ve analiz ederken harita ihtiyacı doğmaktadır bunun içinde Ras Mapper arayüzünden “Project” kısımdan lokasyona ait projeksiyonu eklemek gerekmektedir.



Şekil 25. HEC-RAS Ras Mapper Arayüzü

Geometrik veri genel olarak bu şekilde yapılmaktadır. Bunlara ek olarak enkesitlerin düzeltilebildiği “Cross Section” bölümünde her kesit için Manning katsayısını, bir önceki ve bir sonraki kesitin arasındaki mesafeyi girmek gerekmektedir. Ayrıca sağ ve sol sahillere seddeler (Levees) eklenmelidir. Eklenmemesi sonucunda gelen debi akarsu yatağını tam doldurmadan sağ ve sol taraflardan taşabilir.

Modelleme yapılacak olan yerin yakınlarında veya içerisinde (yıkılmış olabilir) yapılar mevcut ise onları DEM haritalarına eklemek gerekmektedir. Bunun içinde ArcGIS gibi CBS programlarından faydalanılabilir. ArcGIS’e yardımcı program olarak Google Earth Pro gibi uydu görüntüler alınabilecek yazılımlar kullanılmalıdır.

3.2.1.3. Akım Verisinin Girişi

HEC-RAS’a geometrik verilerin girilmesiyle akımın türü belirlenmelidir. Kararlı Akış, Kararsız Akış veya Yarı Değişken Akış olmak üzere üç farklı akış türü bulunmaktadır.

3.2.1.3.1. Kararlı Akış Verisi (Steady Flow Data)

Doğal akarsularda veya kanallarda herhangi bir yerde akımın hızı ve yönü değişmiyorsa bu akımın rejimine kararlı akım denilmektedir. Akarsuyun bir kesitindeki derinlik, ıslak alan ve debi sabittir.

Birden fazla debiyle çalışmak için “Reach Boundary Conditions” kısmından veri olarak girilecek debi yükseltilebilir (Şekil 26). Ayrıca yine aynı kısımdan nehrin memba ve mansap bölgesinin eğimi girilmelidir. Eğimleri girerken HEC-RAS yazılımı bazı akım şartları tanımlanmasını istemektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- Known Water Surface Elevations (Bilinen Su Derinliği)
- Critical Depth (Kritik Derinlik)

- Normal Depth (Normal Derinlik)
- Rating Curve (Farklı Akım Derinlikleri)

Doğal arazi koşullarında bir nehrin eğimi için hem HEC-RAS hem de ArcGIS üzerinden bulunabilmektedir. Islah edilen dereler içinde projelerde bulunan enkesit veya boykesitlerden tespit edilebilir.

Steady Flow Data

File Options Help

Description : [] [] [Apply Data]

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): [1] [Reach Boundary Conditions ...]

Locations of Flow Data Changes

River: [] [Add Multiple...]

Reach: [] River Sta.: [] [Add A Flow Change Location]

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
	River	Reach	RS	PF 1
1				

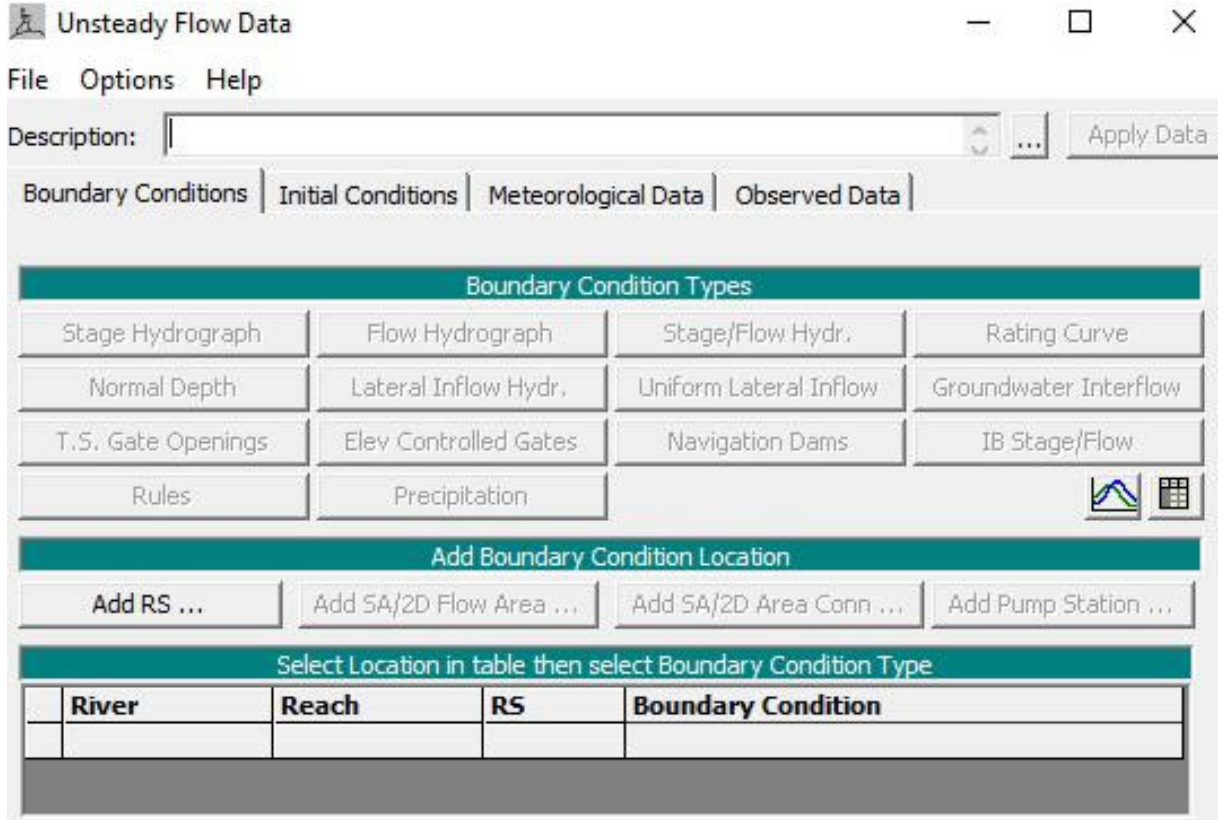
Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

Şekil 26. Kararlı Akış Veri Girme Arayüzü (Steady Flow Data)

3.2.1.3.2. Kararsız Akış Verisi (Unsteady Flow Data)

Açık kanallarda akımın hızı ve yönü herhangi bir anda (kesitte) değişen akımlara kararsız akım denilmektedir. Ayrıca kesitler arasında su derinliği, ıslak alan ve debide değişmektedir. Kararsız akımlar; üniform akım ve üniform olmayan akım olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Üniform olmayan akımda kendi içerisinde yavaşlayan üniform olmayan akım ve hızlanan üniform olmayan akım olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Kararsız akış için gerekli olan veri taşkın hidrografıdır. Yapılacak olan çalışma 2D modelleme ise suyun giriş ve çıkış yerleri belirlenmelidir. Giriş kısmında hidrograf değerleri girilirken çıkış kısmında ise dere yatağının eğimi girilmelidir. Eğer çalışma 1D/2D modelleme ise sadece hidrograf yeterlidir (Şekil 27).



Şekil 27. Kararsız Akış Veri Girme Arayüzü (Unsteady Flow Data)

3.2.1.4. Analiz

Geometrik verinin girilmesi ardından akım seçip değerlerin girilmesiyle modelleme analize hazırdır. Hangi akım seçildiyse onun analiz kısmından devam edilmelidir. Kararlı akışta analiz için akış rejimini seçmek gerekir (Şekil 28). HEC-RAS'ta subcritical (kritik altı), supercritical (kritik üstü) ve mixed (karma rejim) ile 3 rejim çeşidi bulunmaktadır.

Açık kanal akımlarında sınının yüzeyi deforme olmaya yatkındır ve dalgalar oluşmaktadır. Oluşan dalganın hızı; kanal derinliğine, dalganın yüksekliğine, uzunluğuna ve akarsuyun hızına bağlıdır. Açık kanal akımların bir karakteristik özelliği olan Froude sayısı (Fr) dalga hızı ile akışkan hızı arasındaki ilişkilere bağlıdır.

(Fr: Froude sayısı, v: Ortalama hız (m/s), g: Yer çekim ivmesi, L: Akımın karakteristik uzunluğu olup genellikle sıvı derinliğidir(m))

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$$

Fr > 1 ise kritik üstü

Fr < 1 ise kritik altı

Fr = 1 ise kritik akımdır.

Kritik üstü akımlarda program mambadan mansaba doğru hesap yaparken, kritik altı akımlarda ise mansaptan membaya doğru hesap yapmaktadır.

Eğer modellemede köprü, menfez gibi hidrolik yapılar bulunuyorsa karma rejim (mixed) seçilerek hesaplamalar yapılmalıdır.

Steady Flow Analysis

File Options Help

Plan: Short ID:

Geometry File:

Steady Flow File:

Flow Regime

☒ Subcritical

☐ Supercritical

☐ Mixed

Optional Programs

☐ Floodplain Mapping

Plan Description

Compute

Enter/Edit short identifier for plan (used in plan comparisons)

Şekil 28. Kararlı Akış Analizi (Steady Flow Analysis)

Unsteady Flow Analysis

File Options Help

Plan: Short ID:

Geometry File:

Unsteady Flow File:

Programs to Run

☐ Geometry Preprocessor

☒ Unsteady Flow Simulation

☐ Sediment

☐ Post Processor

Optional Programs

☐ Floodplain Mapping

Simulation Time Window

Starting Date: Ending Date:

Starting Time: Ending Time:

Computation Settings

Computation Interval: 1 Minute Hydrograph Output Interval: 1 Hour

Mapping Output Interval: 1 Hour Detailed Output Interval: 1 Hour

Project DSS Filename: dss

Compute

Şekil 29. Kararsız Akış Analizi (Unsteady Flow Analysis)

Herhangibir kesitte su yüksekliğini elde etmek için HEC-RAS yazılımı bazı denklemleri kullanarak iterasyonlar yapar. Bu şekilde doğruya en yakın sonucu vermektedir (Güven, 2021). Yapılan iterasyon sayısı 0-40 arasında değişip program 20 iterasyon ile başlamaktadır. Eğer iterasyon sayısı 40'a çıkarsa en doğru şekilde analiz yapılır ama analiz yapılırken modellemeye göz ardı edilebilecek hataları ihmal etmeden hata sayısını artırmaktadır. İterasyon sayısını 20'den aşağıya indirilirse program hata verme ihtimali düşmektedir bu da analizin doğru bir şekilde yapılmadığının bir göstergesidir.

Hesaplama adımları:

1- Su yüksekliği değeri kritik üstü akımlarda membadaki kesitten, kritik altındaki akımlarda ise mansaptaki kesitten alınır.

2- Bulunan su yüksekliğine göre toplam debi ve hız bulunur.

3- Enerji denkleminde bulunan enerji çizgisi eğimi ve enerji yük kaybı değeri toplam debi ve hızdan bulunur.

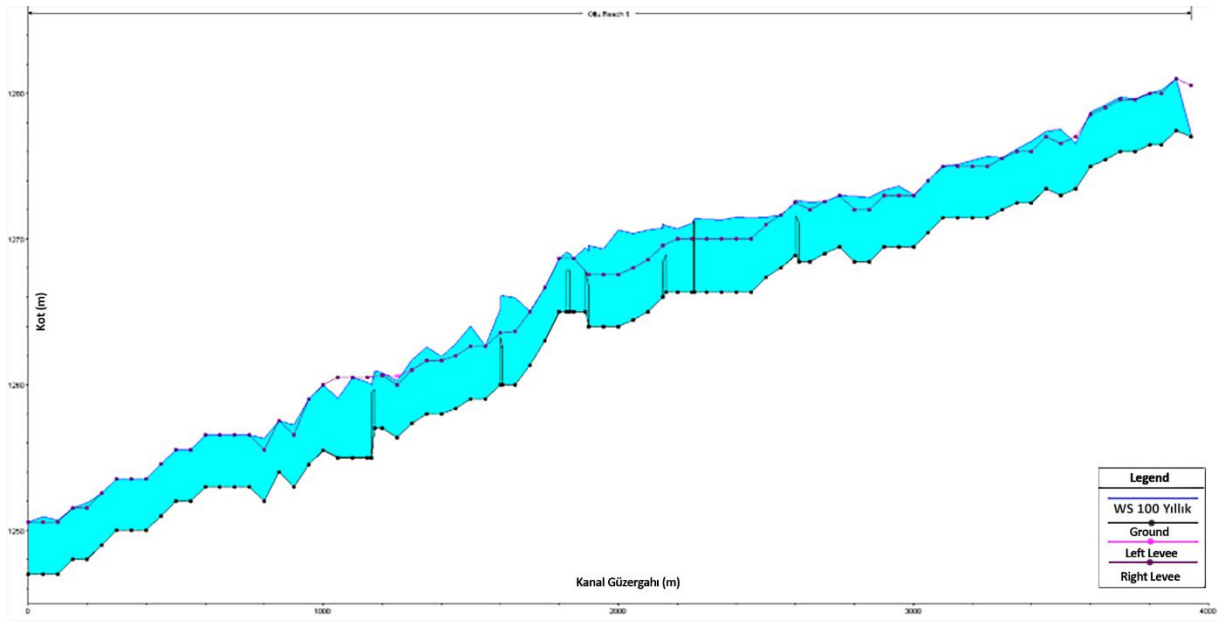
4- 2. ve 3. Adımlarda bulunan değerler, ilk adımda tespit edilen kesit için enerji korunum denklemi çözülür ve su yüksekliği tespit edilir.

5- 4. Adımda tespit edilen su yüksekliği ile ilk adımda bulunan su yüksekliği kıyaslanır ve aralarında 0.003 m'den fazla bir fark varsa iterasyonlar yapar ve fark 0.003 m'den daha küçük olana kadar işlemler devam eder. Fark 0.003 m'den küçük olduktan sonra bir sonraki kesite geçer ve işlemler aynen tekrarlanır.

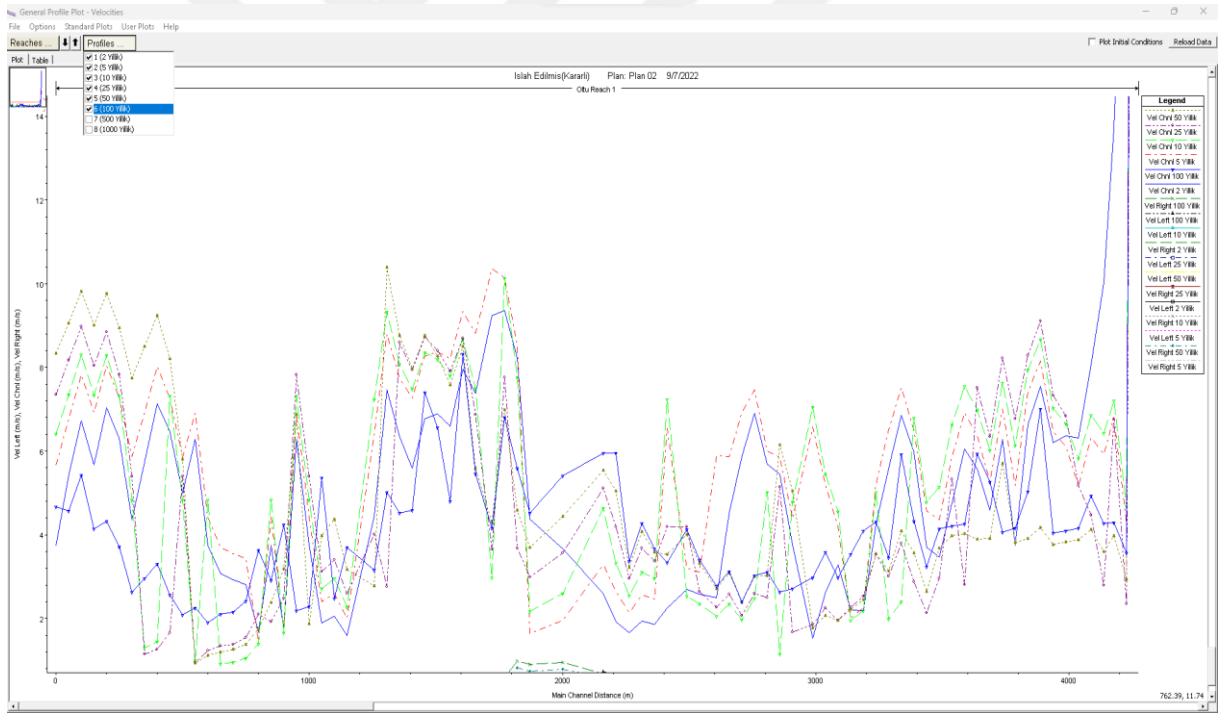
Üçüncü ve daha sonra yapılan denemelerde "Secant Yöntemi" ile çözüm yapılır. (Adıçlıoğlu, 2017) (Secant yöntemi, herhangi bir fonksiyonun kökünü bulmak için geliştirilen bir algoritmadır)

3.2.1.5. Sonuçların İncelenmesi

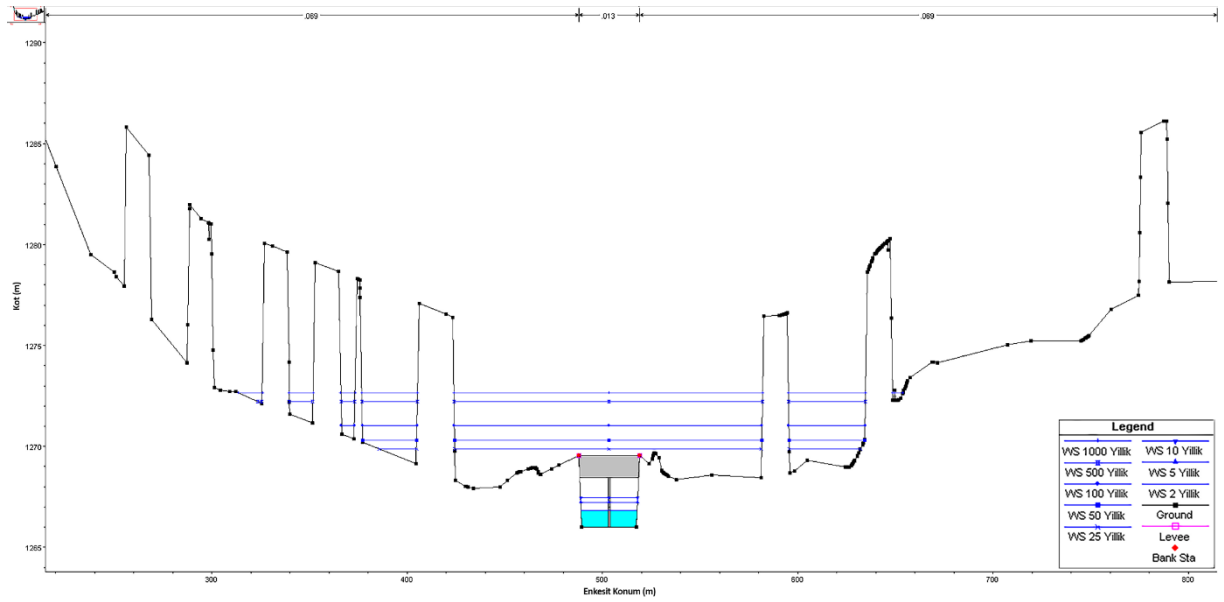
HEC-RAS analiz yaptıktan sonra sonuçları detaylıca incelemek için çeşitli grafik, görüntü ve simülasyon sonuçları sunmaktadır. Boykesit (Şekil 30), akım hızı grafiği (Şekil 31), enkesit (Şekil 32), su yüzeyi profili hesaplamaları için gerekli verilerin detaylı tablosu (Şekil 33) ve hem enkesiti hem boykesiti hem de köprüleri bir arada görülmesini sağlayan 3 boyutlu görüntü (Şekil 34) HEC-RAS'ın sunduğu verilerin bazılarıdır.



Şekil 30. Analiz Sonucunda Oluşan Boykesit Örneği



Şekil 31. Analiz Sonucunda Oluşan Hız Grafik Örneği



Şekil 32. Analiz Sonucunda Enkesit Örneği

Profile Output Table - Standard Table 1

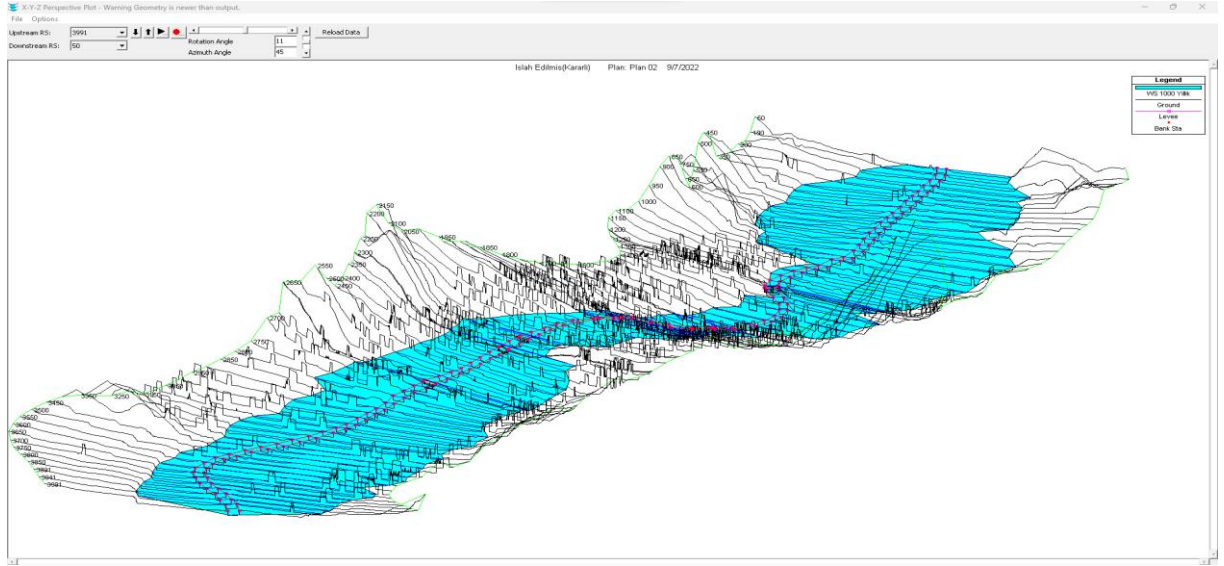
File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	3991	2 Yıllık	135.94	1277.00	1277.09	1278.35	1412.18	10.473280	51.47	2.64	27.90	53.43
Reach 1	3991	5 Yıllık	221.45	1277.00	1277.13	1278.87	1476.41	10.477800	62.52	3.54	27.90	56.03
Reach 1	3991	10 Yıllık	293.05	1277.00	1277.15	1279.25	1526.06	10.470660	69.87	4.19	27.90	57.55
Reach 1	3991	25 Yıllık	404.10	1277.00	1277.18	1279.77	1598.40	10.466410	79.37	5.09	27.91	59.34
Reach 1	3991	50 Yıllık	501.63	1277.00	1277.21	1280.55	1658.41	10.461270	86.47	5.80	27.91	60.56
Reach 1	3991	100 Yıllık	611.98	1277.00	1277.23	1280.60	1724.16	10.487090	93.63	6.54	27.91	61.78
Reach 1	3991	500 Yıllık	832.68	1277.00	1277.28	1281.23	1847.49	10.486210	105.75	7.87	27.91	63.58
Reach 1	3991	1000 Yıllık	927.72	1277.00	1277.30	1281.37	1898.39	10.487770	110.37	8.41	27.91	64.22
Reach 1	3941	2 Yıllık	135.94	1277.45	1277.66	1278.81	1306.93	0.811725	23.96	5.67	27.51	16.85
Reach 1	3941	5 Yıllık	221.45	1277.45	1279.33	1279.33	1280.26	0.001568	4.27	51.87	27.61	0.99
Reach 1	3941	10 Yıllık	293.05	1277.45	1279.72	1279.72	1280.84	0.001519	4.68	62.57	27.63	0.99
Reach 1	3941	25 Yıllık	404.10	1277.45	1281.00	1281.00	1281.17	0.000266	2.35	658.65	458.94	0.40
Reach 1	3941	50 Yıllık	501.63	1277.45	1281.00	1281.00	1281.25	0.000409	2.92	658.65	458.94	0.50
Reach 1	3941	100 Yıllık	611.98	1277.45	1281.00	1281.00	1281.38	0.000609	3.56	658.65	458.94	0.60
Reach 1	3941	500 Yıllık	832.68	1277.45	1281.00	1281.00	1281.70	0.001127	4.85	658.99	459.02	0.82
Reach 1	3941	1000 Yıllık	927.72	1277.45	1281.15	1281.15	1281.87	0.001146	5.02	725.92	469.43	0.83
Reach 1	3891	2 Yıllık	135.94	1276.45	1276.80	1277.80	1286.40	0.131339	13.72	9.91	28.00	7.36
Reach 1	3891	5 Yıllık	221.45	1276.45	1277.61	1278.31	1279.97	0.007124	6.81	32.54	28.00	2.02
Reach 1	3891	10 Yıllık	293.05	1276.45	1277.90	1278.70	1280.55	0.006090	7.21	40.66	28.00	1.91
Reach 1	3891	25 Yıllık	404.10	1276.45	1278.58	1279.23	1280.92	0.003400	6.76	59.75	28.00	1.48
Reach 1	3891	50 Yıllık	501.63	1276.45	1280.00	1280.00	1280.64	0.000758	3.98	375.92	457.23	0.67
Reach 1	3891	100 Yıllık	611.98	1276.45	1280.22	1280.22	1280.92	0.000817	4.29	478.10	484.18	0.71
Reach 1	3891	500 Yıllık	832.68	1276.45	1280.17	1280.66	1281.56	0.001623	6.00	455.28	479.89	0.99
Reach 1	3891	1000 Yıllık	927.72	1276.45	1280.31	1280.79	1281.73	0.001651	6.20	520.51	491.68	1.01
Reach 1	3850	2 Yıllık	135.94	1276.45	1276.94	1277.80	1282.05	0.046543	10.01	13.58	28.00	4.59
Reach 1	3850	5 Yıllık	221.45	1276.45	1277.79	1278.31	1279.57	0.004543	5.92	37.41	28.00	1.64
Reach 1	3850	10 Yıllık	293.05	1276.45	1278.08	1278.70	1280.18	0.004209	6.42	45.63	28.00	1.61
Reach 1	3850	25 Yıllık	404.10	1276.45	1280.07	1279.23	1280.35	0.000364	2.79	521.00	497.33	0.47
Reach 1	3850	50 Yıllık	501.63	1276.45	1280.00	1280.00	1280.48	0.000620	3.60	487.43	489.76	0.61
Reach 1	3850	100 Yıllık	611.98	1276.45	1280.05	1280.05	1280.71	0.000864	4.28	508.23	494.69	0.72
Reach 1	3850	500 Yıllık	832.68	1276.45	1280.47	1280.47	1281.14	0.000856	4.59	722.09	515.93	0.73

Total flow in cross section.

Şekil 33. Analiz Tablo Örneği



Şekil 34. Bazı Kesitlerin 3 Boyutlu Görünümü

3.2.2. ArcGIS 10.8

ESRI tarafından geliştirilmiş olan ArcGIS programı bir Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımıdır. Bu yazılım ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe gibi arayüzlerine sahiptir. Arayüzler sayesinde coğrafi analizler, veri yönetimi, veri güncelleme, haritalama ve görüntüleme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. ArcGIS programı kullanıcıların farklı kullanım amaçlarını yerine getirmek amacıyla ArcView (Analizler, veri kullanımı ve haritalamaya odaklanır), ArcEditor (ArcView'e ek olarak veri oluşturmaya katkı sağlamaktadır) ve son olarak ArcInfo (Kapsamlı ve zengin coğrafi işlemler yapmaktadır) arayüzlerini de eklemiştir.

3.2.3. 3D Civil 2022

CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) olan AutoCAD programında geliştiricisi olan Autodesk tarafından 2007 yılında geliştirilen 3D Civil programı inşaat mühendisliği ve mimarlık gibi branşların tasarımını, çizimini ve mevcut olanların üzerinde değişiklikleri yapabilmeyi kolaylaştıran bir yazılımdır. Ayrıca program projeye ait verilerin düzenlenmesine, yüzeylerin düzenlenip oluşturulmasına ve yapılması gereken analizlere yardımcı olmaktadır.

3.2.4. Google Earth

2006 yılında hayatımıza giren Google Earth programı yaklaşık 1 milyar görüntüyü birleştirip insanlara sanal olarak dünyayı dolaşmayı sağlamaktadır. Sadece Dünya ile sınırlı olmayan program uzaydaki Mars ve Ay'ı da dolaşmayı sağlamaktadır. Dünyadaki önemli tarihi yerleri, okyanus derinlikleri, dağları, ovaları, sokak ve caddeleri net şekilde göstermeyi sağlamaktadır. Bunlara ek olarak coğrafi verileri de elde etmek içinde kullanılan bir programdır.

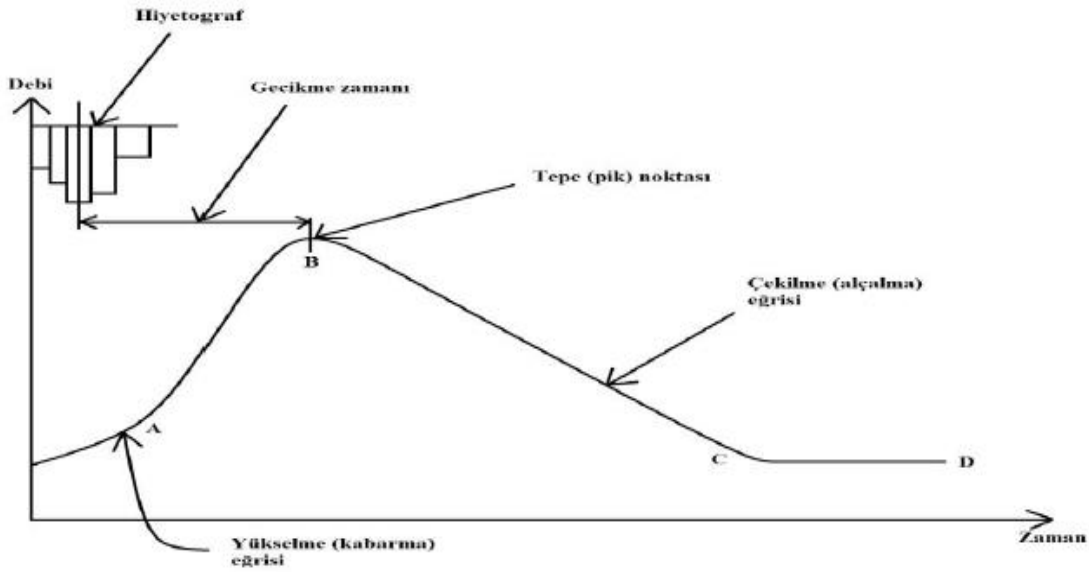
3.3. Taşkın Hidrografi

Taşkın pik debiyi hesaplamamanın bir yolu taşkın hidrografi çizmektir (Şekil 35). Hidrograf akarsu kesitinden geçen debinin zamana göre değişimini gösteren bir grafikdir. Havzanın karakteristik özelliklerine (havza alanı, suyun toplanma süresi gibi) göre değişen hidrograf yöntemleri şu şekildedir: Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi, Mockus Yöntemi, Snyder Yöntemi.

-Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi, akım gözlem istasyonların bulunmadığı ayrıca havza alanın 1000 km²'yi geçmeyen havzalarda kullanılmaktadır.

- Mockus Yöntemi, üçgen şeklinde hidrograf oluşturan yöntemdir. Akım ölçen rasatların olmadığı ve suyun birikme süresi 30 saati geçmeyen havzalarda kullanılmaktadır.

- Snyder Yöntemi, 1000 km²'yi geçen havzalarda kullanılmaktadır. Bu yöntemde zemin türüne bağlı olarak iki katsayı tespit edilerek hesaplamada kullanılmaktadır. Taban süresi, havza gecikmesi ve pik debi gibi önemli üç parametreye bağlı olarak hidrograf çizilmektedir.



Şekil 35. Hidrograf Elemanları

ARAŞTIRMA BULGULARI

Modelleme yapmadan önce modellemenin tabanı olacak DEM haritası hâlihazırda bulunan 1/5000’lik haritadan oluşturulmuştur. Çalışma yapılan bölgeden bulunan yapılar ArcGIS ve Google Earth yardımıyla DEM üzerine eklenmiştir. DEM haritasıyla çalışma yapılan alanın lokasyonunu bildiren projeksiyon dosyasını HEC-RAS’a aktarılmıştır. DEM haritası bu şekilde modellemeye hazır olmuştur.

1D Modelleme: HEC-RAS arayüzünde dere hattını, sahillerini, taşkın alanlarını belirlendikten sonra enkesitler tanımlanmıştır. Mevcut bulunan hidrolik yapılar (köprüler) oluşturulmuştur. Kanalin tabanı ve sağ-sol sahillerine ait Manning (pürüzlülük) katsayıları eklenmiştir. Debi verilerin girilmesiyle beraber dere hattının memba ve mansap kısımlarının eğimleri girilerek kararlı akış analiz yapılmıştır.

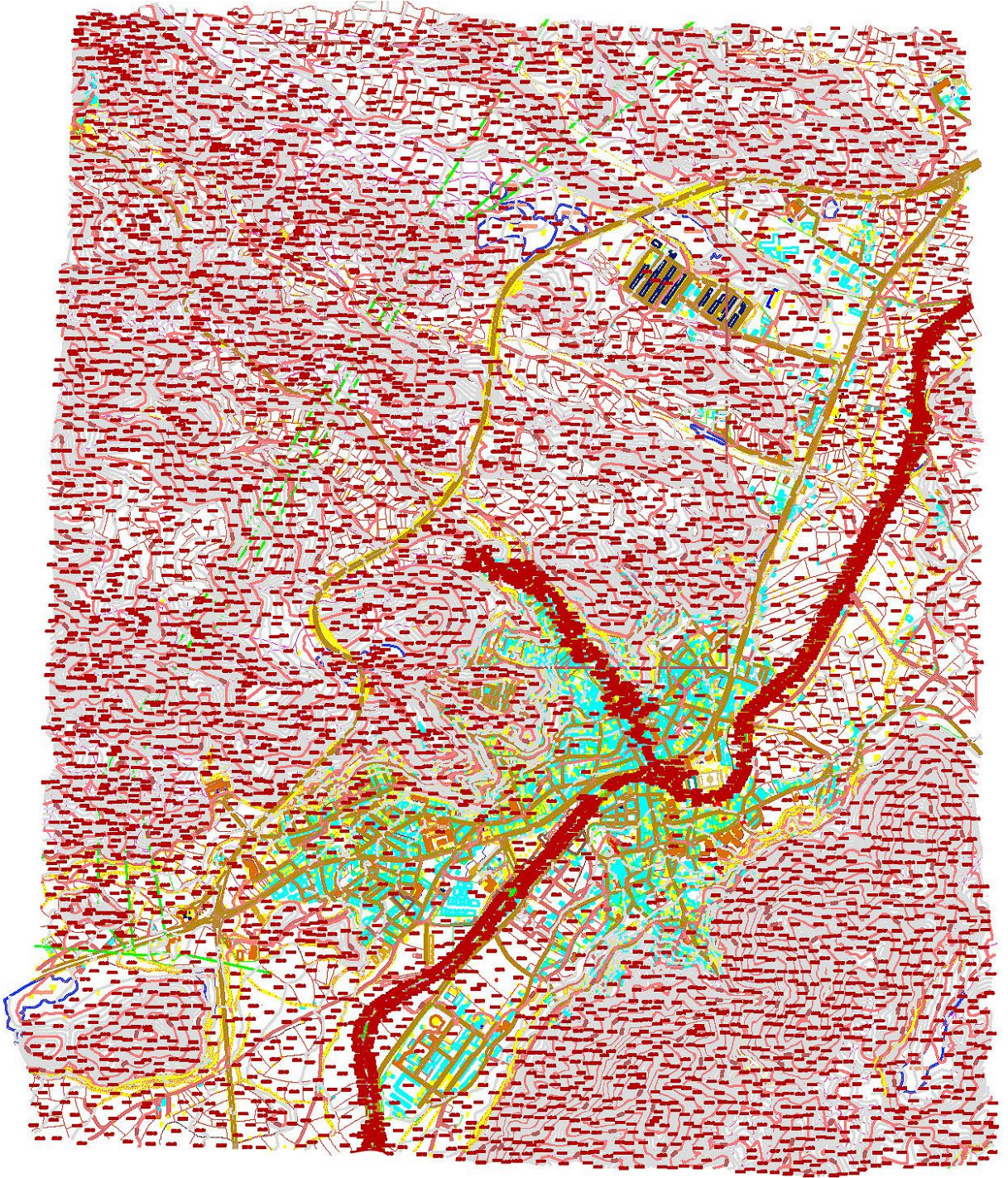
2D Modelleme: 2 boyutlu modellemede ilk önce enkesit ölçüleri yardımıyla DEM üzerine akarsuyun mevcut hâli işlenmiştir. Modelleme alanı olan 2D alan örgüsü oluşturulmuştur. Alan örgüsü üzerine giriş ve çıkış sınır koşulları çizilmiştir. Modelleme tamamlandıktan sonra mevcut olan taşkın hidrografları HEC-RAS’a aktarılmıştır. Kararsız akım analizi yapıldıktan sonra sonuçlar elde edilmiştir.

4.1. DEM Haritasının Oluşturulması

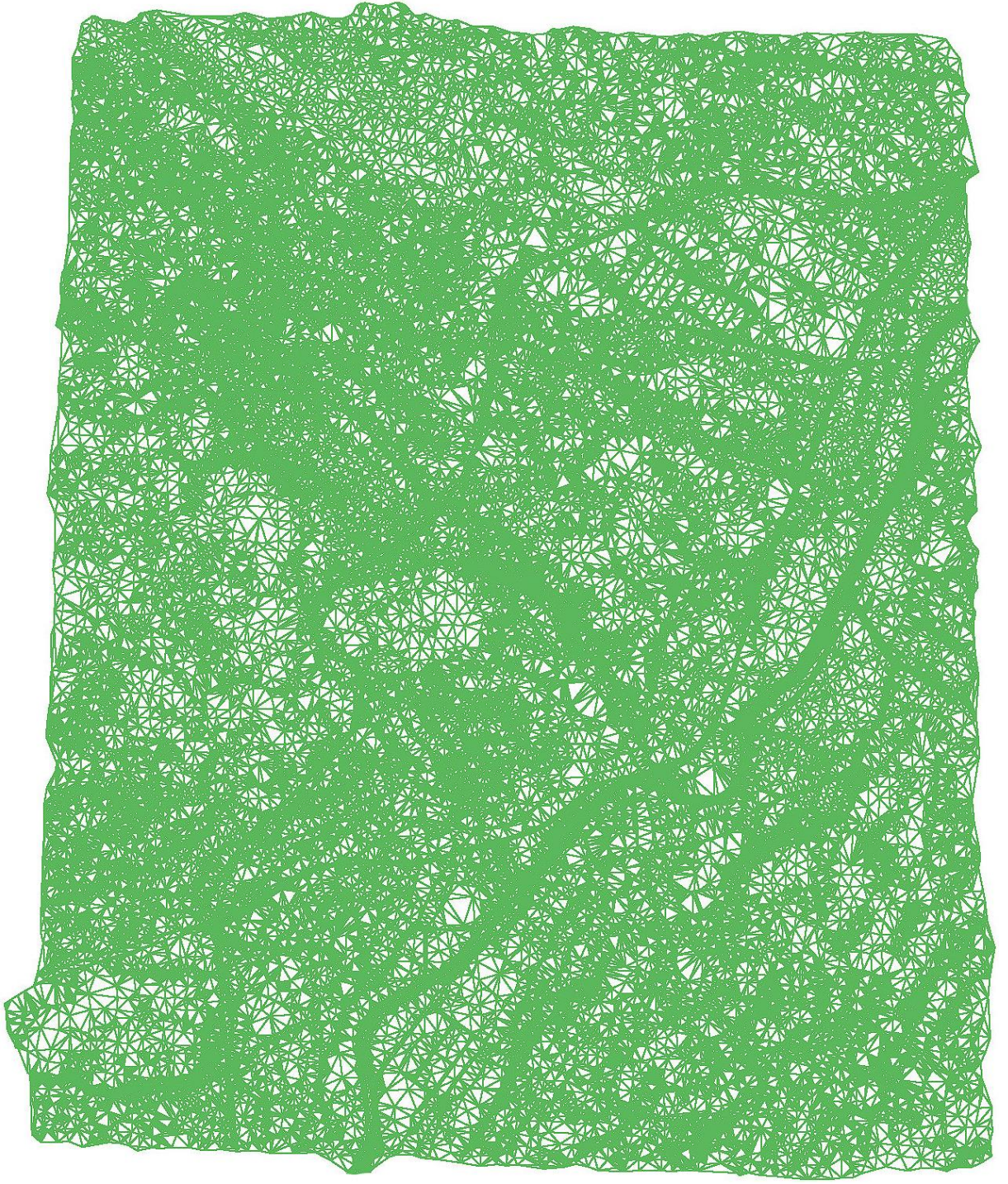
1/5000’lik hâlihazır görünümü Autodesk Civil 3D programı yardımıyla DEM haritası oluşturulmuştur (Şekil 36).

Harita aktarılan 3D Civil programında sırasıyla “Layon” komutu kullanarak tüm katmanlar açılır. “Quick Select” komutuyla tüm harita seçilir ve “3D Face” ile tüm 3 boyutlu katmanlar seçilir. Seçilen katmanlar boş 3D Civil sayfasına aktararak (Aktarırken “Clipboard-Paste to Original Coordinates” komutu kullanılmalıdır) işlemler buradan devam ettirilir. Ardından Home-Surface-Create Surface menüsünden bazı ayarlar yapılarak harita üzerinde bulunan hatalar en aza indirildi ve sonrasında Toolspace Surface kısmında üçgen modelleme meydana gelir (Şekil 37).

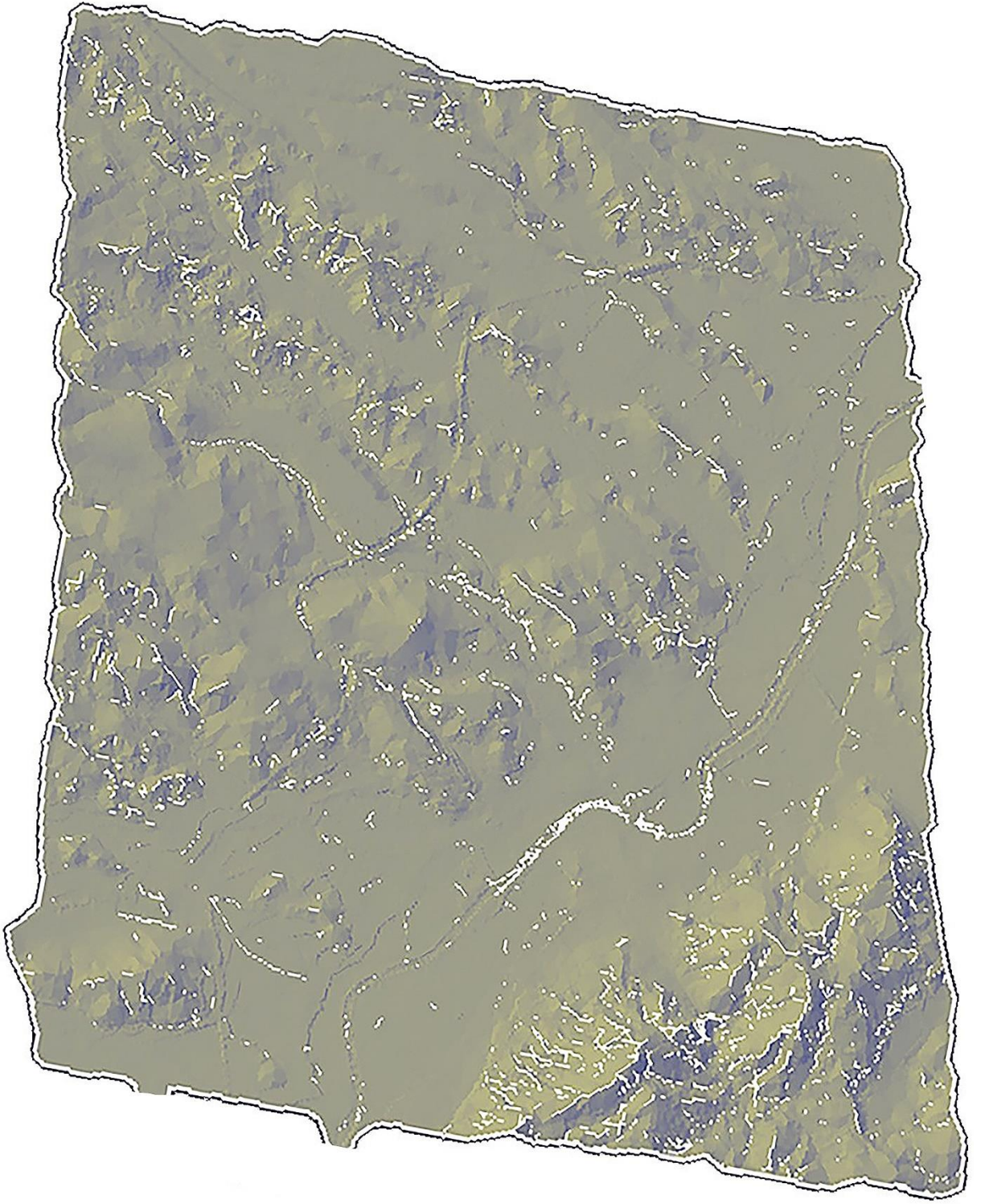
Üçgen modellemede boşluklar oluşmaması için bazı ayarlar yapılır ve elde edilen yükselti eğrilerinin renkleri değiştirilerek Surface yapımı sona erer (Şekil 38). Surface HEC-RAS’a DEM olarak aktarabilmek için TIF formatında olması gerekmektedir. TIF olarak dışarı aktarmak için 3D Civil ana menüsünde bulunan Output- Export to HEC-RAS – Export komutları kullanılmaktadır (Şekil 39). Ayrıca dere hattı ve enkesitler HEC-RAS programında oluşturulduğu gibi Surface’i TIFF’e dönüştürmeden önce bu aşamada da yapılabilmektedir.



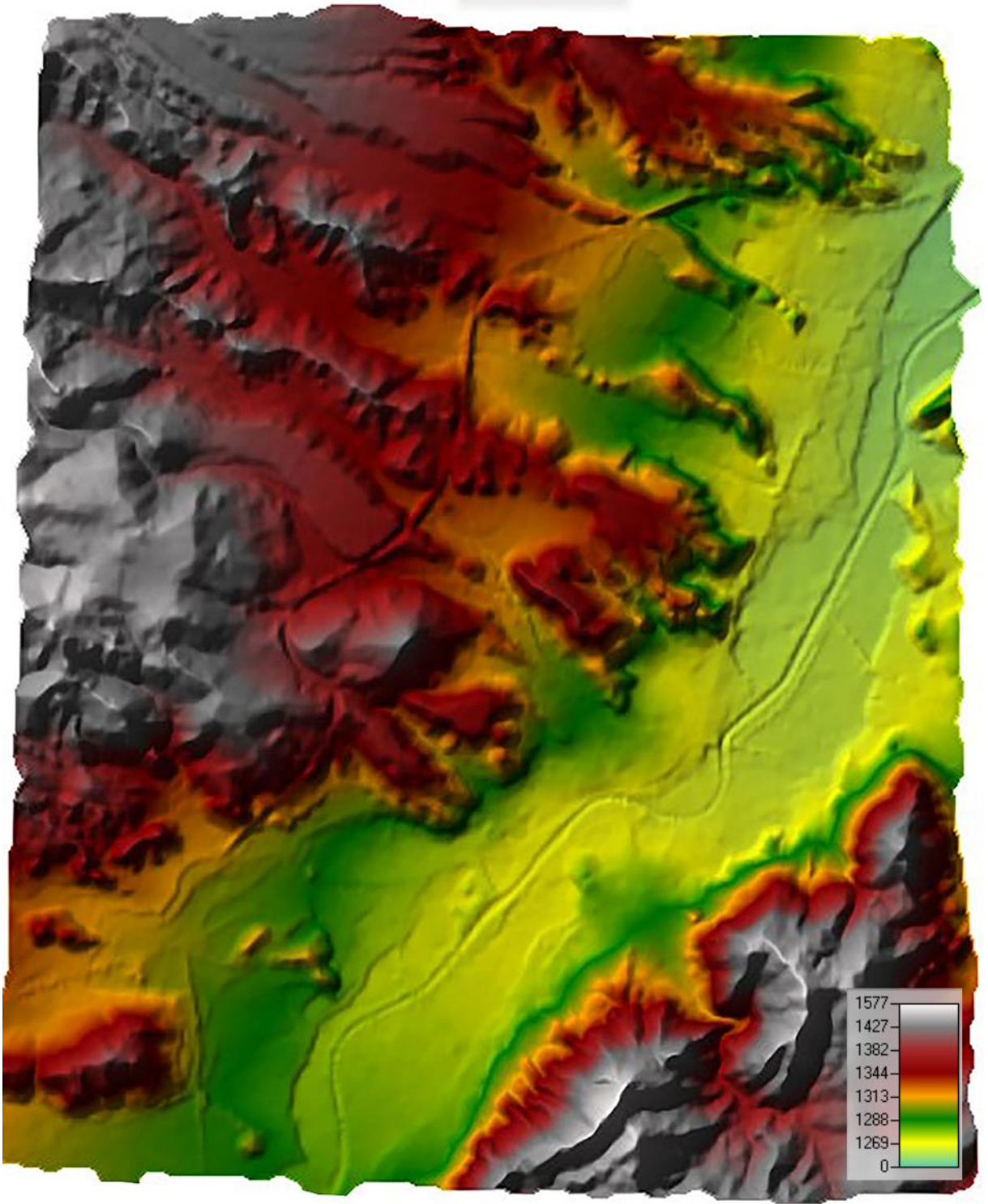
Şekil 36. Oltu İlçesinin Hâlihazır Görünümü



Şekil 37. Oltu İlçesinin Üçgen Modellemesi



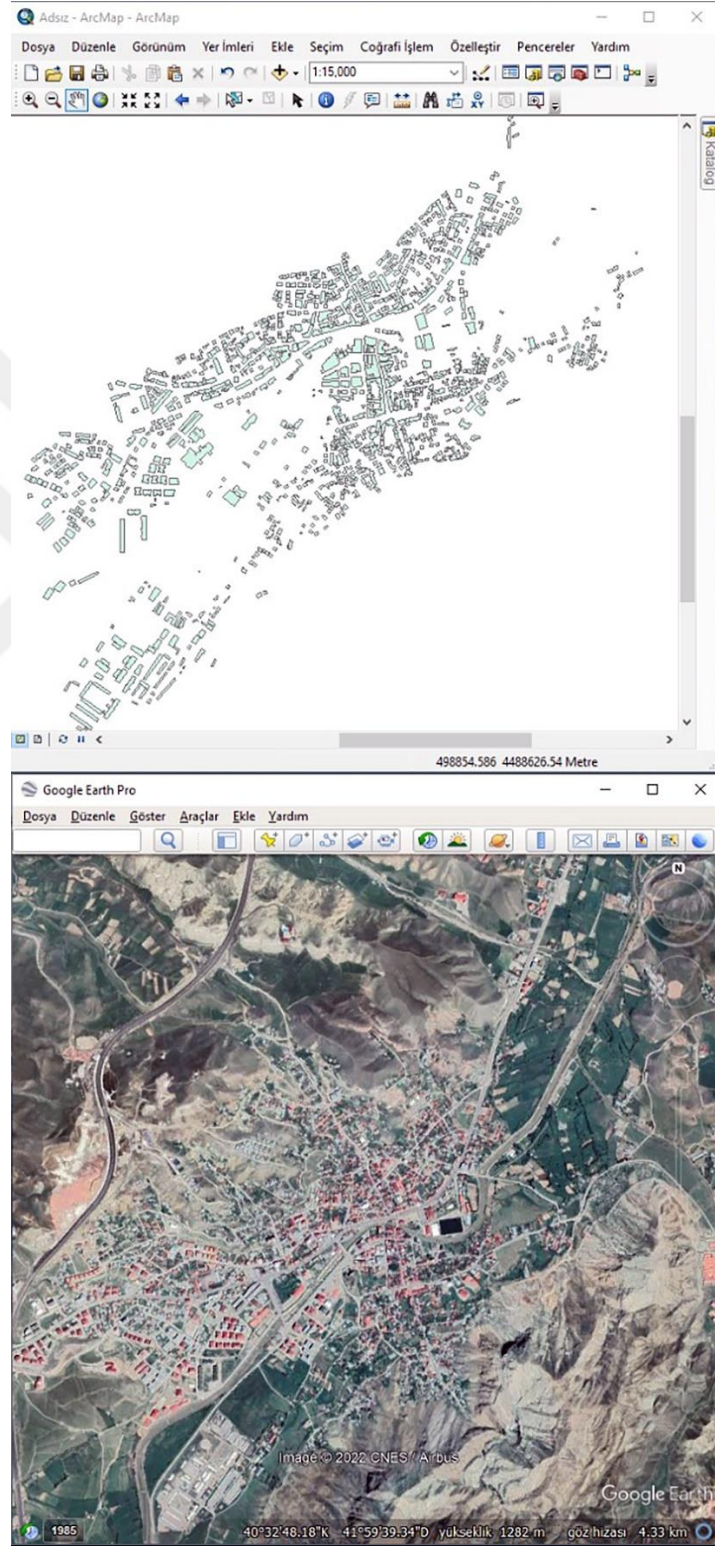
Şekil 38. Oltu İlçesinin Kabartma Haritası



Şekil 39. Oltu İlçesinin DEM Haritası

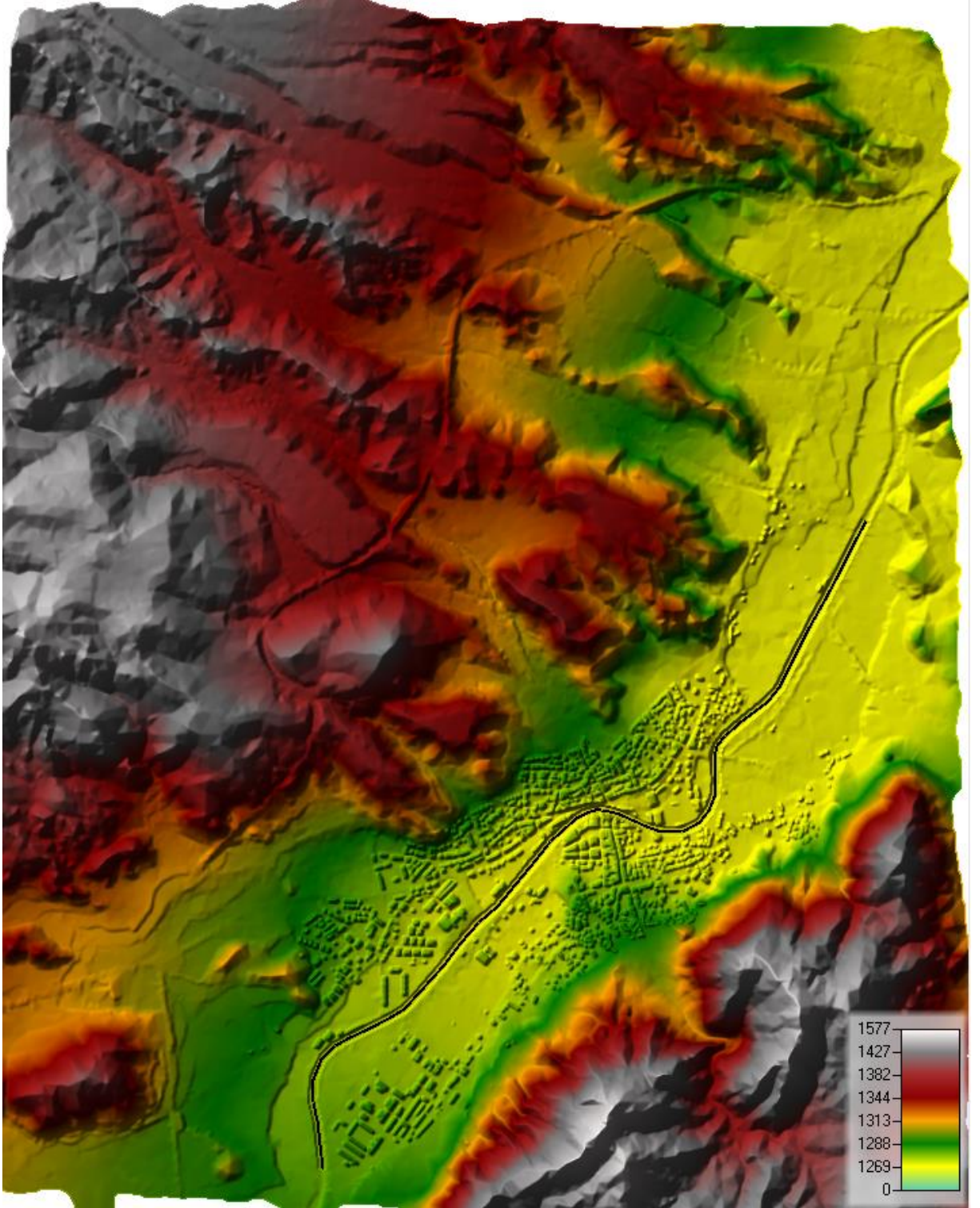
4.2. DEM Haritasına Yapıların İşlenmesi

Çalışma yapılan Oltu Çayı tam ilçe merkezinden geçmesi ve analizlerde daha doğru sonuç elde etmek amacıyla derenin çevresindeki ev, işyeri, kamu binaları ahır ve depolar gibi yapılar DEM haritasına işlenmesi gerekmektedir. Bunun için ArcGIS (ArcMap) ve yardımcı program olarakta Google Earth Pro kullanılmıştır (Şekil 40) (Şekil 41).



Şekil 40. ArcGIS ve Google Earth Pro ile Yapıların DEM Haritasına İşlenmesi

Yapılar DEM'e aktarılması için halihazırda bir görünüm, DEM'e ait TIF dosyası ve koordinatlarını bildiren projeksiyon dosyası gerekmektedir. Gerekli veriler ArcGIS yazılımında .shp dosyasının içerisine aktarıp binalar poligon olarak çizilmelidir. Tüm yapılar çizildikten sonra yapı yüksekliği girilmelidir. Yapılan bu işlemler sonucunda arazi TIF'ın yanında bina TIF de oluşmaktadır. Bu iki TIF'i "*Cell Statistics*" komutuyla birleştirilmiştir.

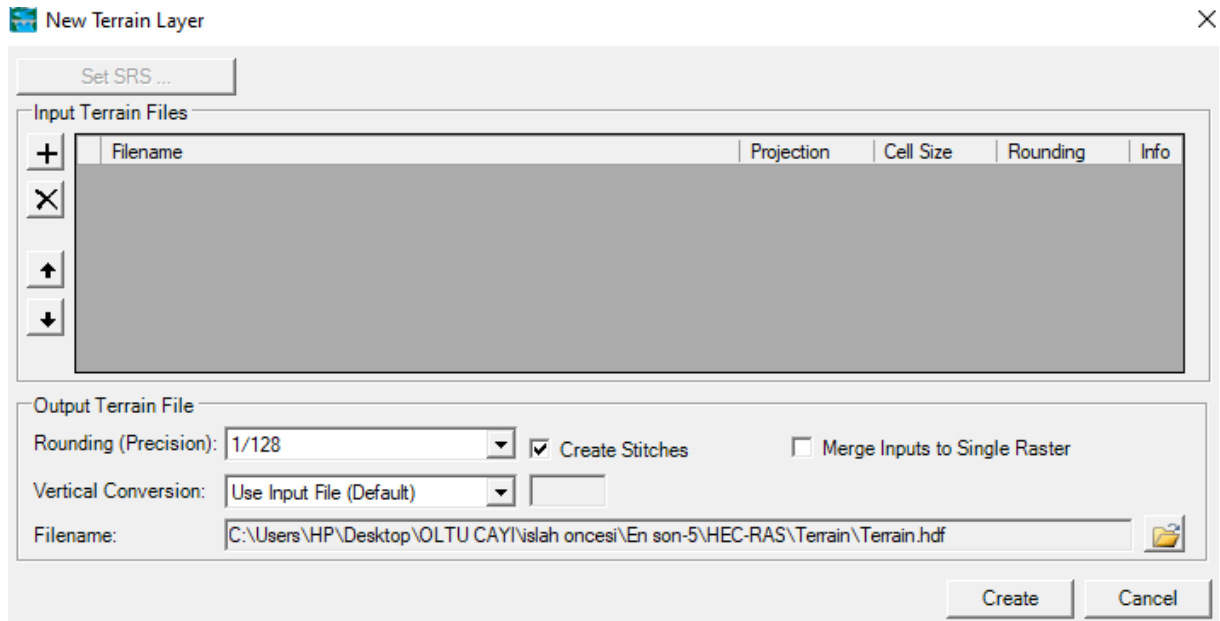


Şekil 41. Yapıların DEM'de Görünümü

4.3. DEM Haritasını ve Projeksiyonun HEC-RAS'a Aktarılması

HEC-RAS'ta yeni proje açtıktan sonra Ras Mapper arayüzünde ilk önce çalışma yapılan alanı program tanıması ve çeşitli kaynaklardan harita (Örneğin; Google Satellite, Google Map, Google Hybrid, Arc-GIS World Imagery gibi) getirmesi için koordinat bildiren projeksiyon (TUREF-TM42) dosyasını tanıtmak gerekmektedir. Arc-GIS gibi CBS programları üzerinden oluşturulabilmektedir. Eğer onun içinde veri elde yoksa analiz sonrasında oluşan taşkın haritasını ölçekli bir şekilde Google Earth Pro'ya aktarmak için kesilebilmektedir.

Projeksiyon tanımlandıktan sonra model oluşturmak için DEM haritası HEC-RAS'a yüklenmiştir (Şekil 42).



Şekil 42. DEM Haritasının Programa Tanımlanması

4.4. Model Oluşturma

4.4.1. 1 Boyutlu Modelleme Oluşturma

1 boyutlu modellemede dere hattını oluşturmak gerekmektedir. Oluşturmadan önce DEM haritasında bulunan dere hattını mevcut hale getirilmelidir (Şekil 43). Ardından sağ ve sol sahillerini belirten “Bank Lines”, taşkının nereleri etkileyebileceğini tahmin olarak “Flow Path”leri Ras Mapper arayüzünden tanımlanmalıdır. Aynı arayüzden enkesitler oluşturulur. Tamamı geometrik veri olarak tanımlanmaktadır.

Dere hattının uzunluğu ve doğrultusu gibi parametreleri dikkate alarak enkesitlerin aralarındaki mesafe belirlenir. 1 boyutlu modelleme yapıldığı için enkesitlerin genişliği biraz uzun olabilmektedir. Tahmini olarak belirlenen flow path'lerin, dere hattını ve bank lines'ları kesmek şartıyla genişlik belirlenir. Akımın doğru modelleyip doğru sonuç elde etmek için çizilen dere hattı

boyunca enkesit oluşturmak gerekmektedir. Enkesitler akım boyunca soldan sağa doğru oluşturması gerekmektedir. Ayrıca alışma yapılacak bir dere hattında keskin bir viraj, dere yatağına yakın önem derecesi yüksek bina, dere hattındaki köprü ve menfez gibi hidrolik yapılar mevcut olduğunda enkesitlerin sayısı o bölgede çoğaltılabilmektedir. Enkesitler çizilirken akım yönüne dik olacak şekilde olmalıdır.

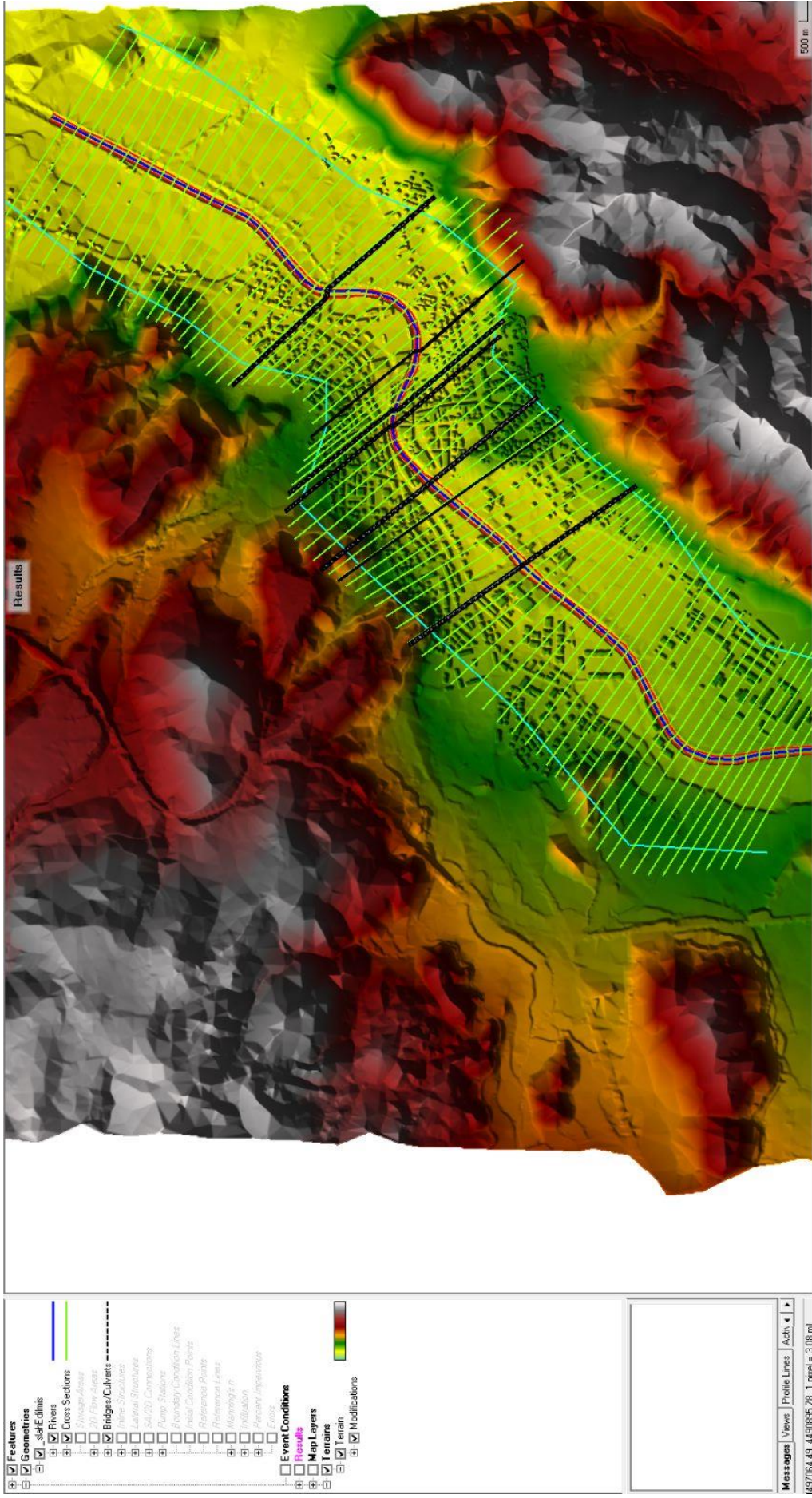
Oltu ayı'nın çalışma yapılacak kısmı 4000 m'dir. Genişliği 1000 m olan ve 50 m'de bir olacak şekilde kesit alınmıştır. Enkesitler eğer Civil 3D programından alınırsa enkesitlerin çakışma durumu olabilmektedir. Hele ki Oltu ayı gibi keskin virajların olduğu bir akarsu ise çakışma kaçınılmaz olmaktadır. Enkesitlerin HEC-RAS üzerinden yapılması daha doğrudur çünkü enkesitler birbirini kesmeyecek şekilde otomatik oluşturulmaktadır. Bu kısımda da dikkat edilmesi gereken husus otomatik oluşturulan enkesitler çok uzun olduklarından ve keskin virajların olması enkesitlerin dere hattını dik şekilde kesmemesidir. Enkesitler oluşturduktan sonra her birinin dere hattı boyunca düzeltilmesi gerekmektedir (şekil 44).

Enkesitler oluşturulduktan sonra program derenin içerisi tam dolduktan sonra dışarıya suyun taşmasını sağlayan “Levee” (sedde) komutu her bir kesit için sağ ve sol sahillere tanımlanmıştır.

Enkesitler dere hattı kısmında genişlikleri 13-38 m aralığında olup derinlikleri ise yer yer 3.6, 4.5 ve 5.5 m olarak değişmektedir.



Şekil 43. Dere Hattının Düzeltilmiş 3 Boyutlu Hali

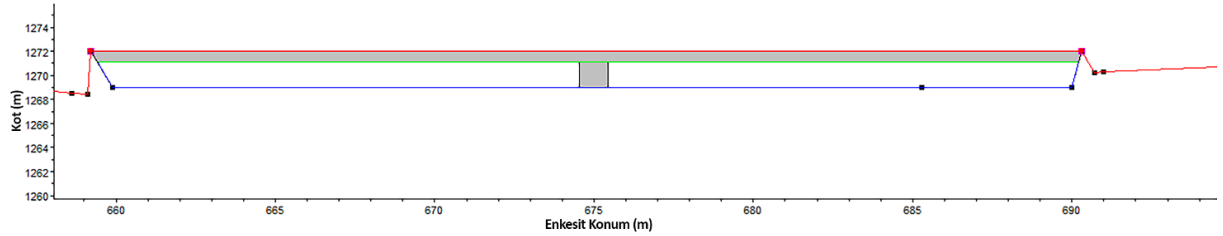


Şekil 44. HEC-RAS'ta Enkesitlerin ve Köprülerin Görünüm

4.4.1.1. Hidrolik Sanat Yapıların Oluşturulması

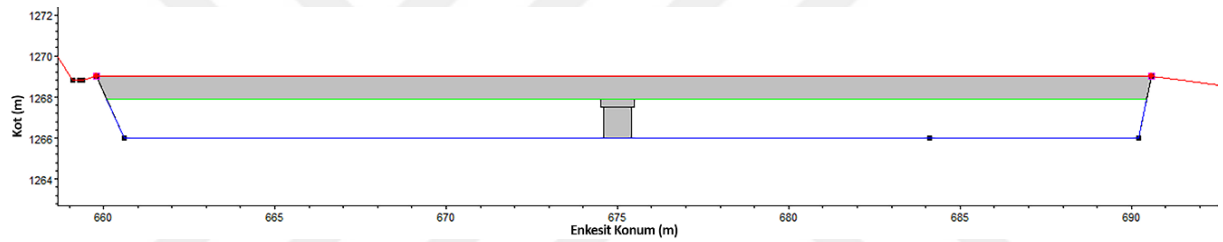
Oltu Çayı üzerinde 6 köprü 1 yaya geçidi bulunmaktadır. Analiz yapılan kısımda menfez bulunmamaktadır.

1. Köprü 12 m genişliğinde olup 2650 ve 2700 numaralı enkesitler arasında bulunmaktadır. Köprü kalınlığı 90 cm'dir (Şekil 11) (Şekil 45).



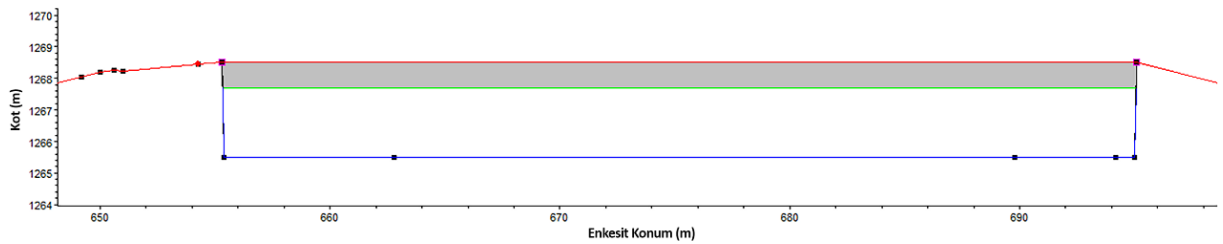
Şekil 45. 1. Köprü'nün HEC-RAS'ta Görünümü

2. Köprü 12 m genişliğinde olup 2200 ve 2250 numaralı enkesitler arasında bulunmaktadır. Köprü kalınlığı 110 cm'dir (Şekil 13) (Şekil 46).



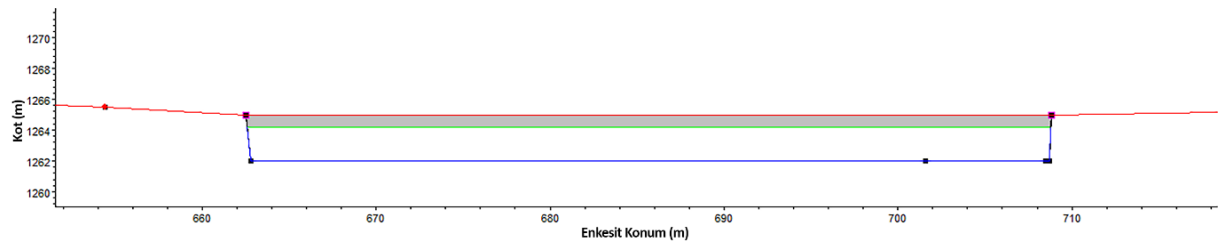
Şekil 46. 2. Köprü'nün HEC-RAS'ta Görünümü

3. Köprü 10 m genişliğinde olup 1900 ve 1950 numaralı enkesitler arasında bulunmaktadır. Köprü kalınlığı 80 cm'dir (Şekil 14) (Şekil 47).



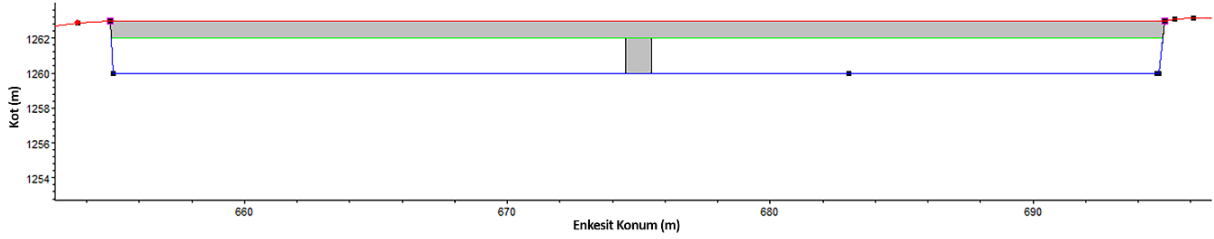
Şekil 47. 3. Köprü'nün HEC-RAS'ta Görünümü

4. Köprü 10 m genişliğinde olup 1850 ve 1900 numaralı enkesitler arasında bulunmaktadır. Köprü kalınlığı 80 cm'dir. (Şekil 15) (Şekil 48)



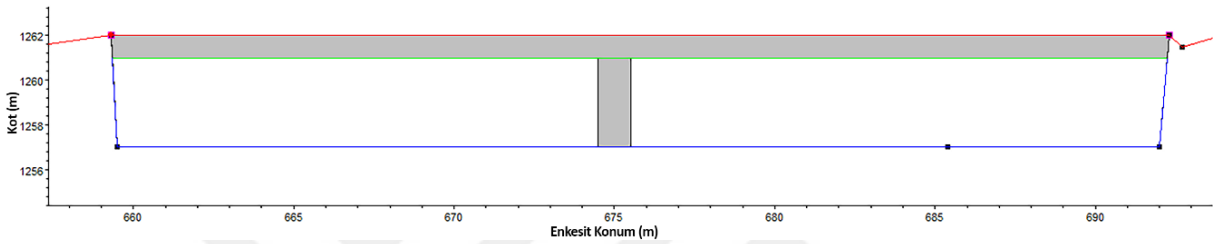
Şekil 48. 4. Köprü'nün HEC-RAS'ta Görünümü

5. Köprü 5 m genişliğinde olup 1650 ve 1700 numaralı enkesitler arasında bulunmaktadır. Köprü kalınlığı 100 cm'dir. (Şekil 16) (Şekil 49)



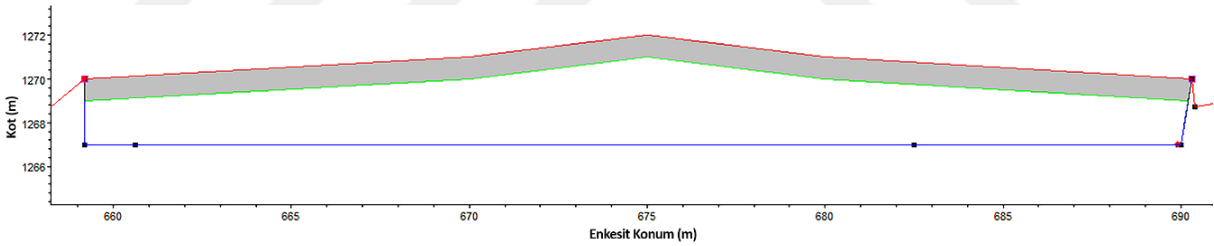
Şekil 49. 5. Köprü'nün HEC-RAS'ta Görünümü

6. Köprü 12 m genişliğinde olup 1200 ve 1250 numaralı enkesitler arasında bulunmaktadır. Köprü kalınlığı 100 cm'dir. (Şekil 17) (Şekil 50)



Şekil 50. 6. Köprü'nün HEC-RAS'ta Görünümü

Yaya geçidi 2,5 m genişliğinde olup 2300 ve 2350 numaralı enkesitler arasında bulunmaktadır. (Şekil 12) (Şekil 51)



Şekil 51. Yaya Geçidinin HEC-RAS'ta Görünümü

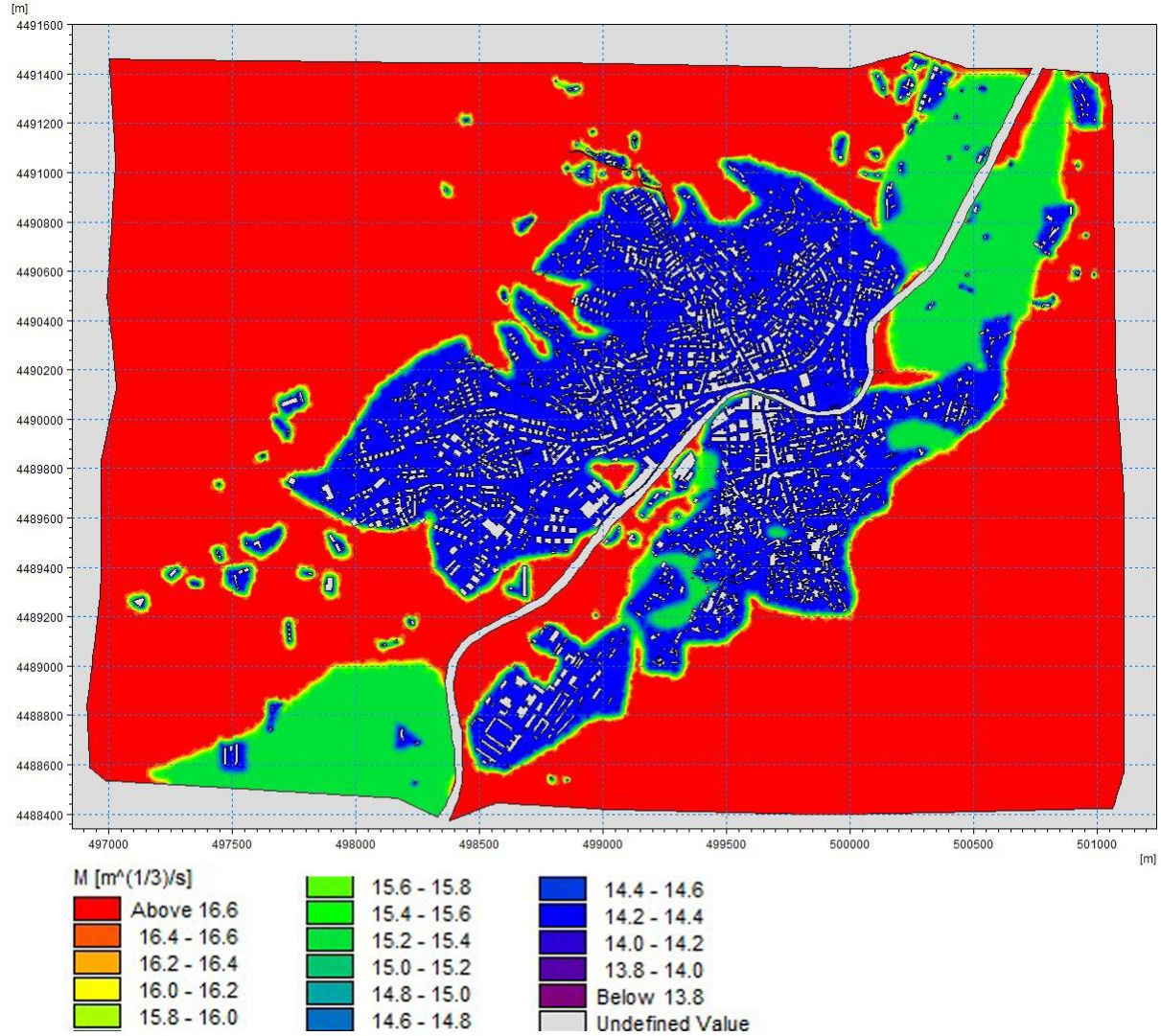
4.4.1.2. Manning (Pürüzlülük) Katsayılarının Tanımlanması

Manning katsayısı düşük olması durumunda kritik üstü akıma, yüksek hızlara ve suyun daha sıkı olmasına sebebiyet vermektedir. Bundan dolayı hızları fazla olan dik kanallarda çok daha önemli hale gelmektedir ve eğimi fazla olan bölgelerde pürüzlülük katsayısını düşük seçmek gerekmektedir. Manning katsayısı yüksek olan yerlerde ise akım seviyelerin yüksek olmasına sebebiyet vermektedir. Bu önemli noktalar araziye uygun Manning katsayısı için bir aralık oluşturduktan sonra o aralıkta büyük veya küçüğü seçmek için gereklidir.

Yapılacak analiz için gerekli Manning katsayısı DSI'den temin edilen harita yardımıyla enkesitlerin geçtiği yerlerin değerleri tespit edilmiştir (Şekil 52). Harita da

Enkesitler ıslah edildikten sonra kanal kısmı beton olduğunu için katsayı literatürle uyumlu olarak 0.013 alınmıştır. (Yüksek vd. 2017)

Harita, Manning katsayıları k ($m^{1/3}.sn^{-1}$) olarak verilmiştir. Hec-Ras programına aktarırken $n=1/k$ ($m^{-1/3}.sn$) olarak girilmesi gerekmektedir.



Şekil 52. Oltu İlçesi Manning Katsayı Haritası

4.4.1.3. Taşkın Debilerin Tanımlanması

1 boyutlu modelleme yapılırken kararlı akış veri kısmına DSİ'den temin edilen Tablo 10'daki 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileri girilmiştir (Şekil 53).

Tablo 10. Oltu Çayı Taşkın Tekerrür Debileri (m^3)

2 Yıl	5 Yıl	10 Yıl	25 Yıl	50 Yıl	100 Yıl	500 Yıl	1000 Yıl
135.94	221.45	293.05	404.1	501.63	611.98	832.68	927.72

Steady Flow Data - Debi

File Options Help

Description : Debi

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): 8 Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: Oltu Add Multiple...

Reach: Reach 1 River Sta.: 3991 Add A Flow Change Location

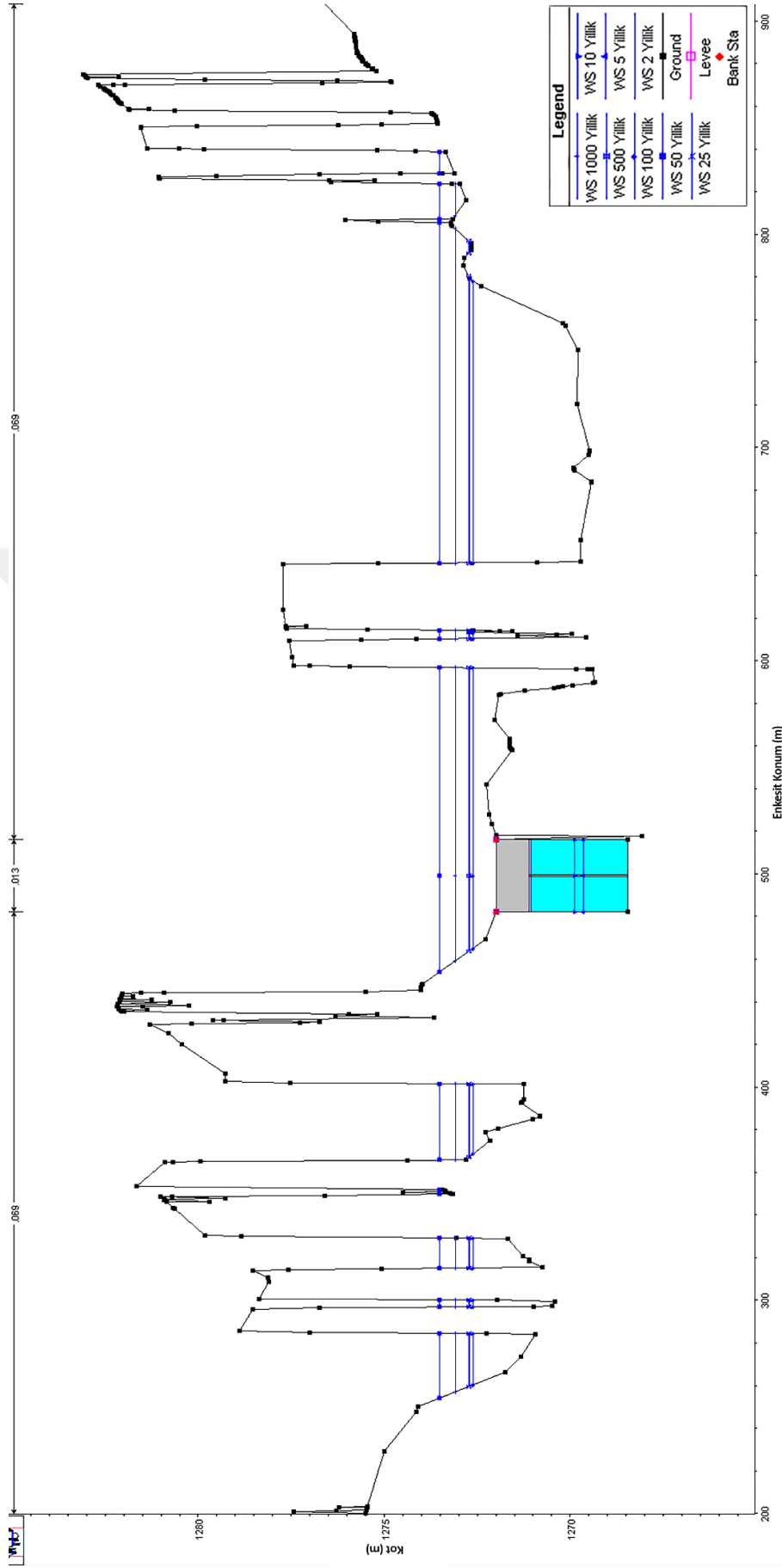
Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates							
	River	Reach	R5	2 Yıllık	5 Yıllık	10 Yıllık	25 Yıllık	50 Yıllık	100 Yıllık	500 Yıllık	1000 Yıllık
1	Oltu	Reach 1	3991	135.94	221.45	293.05	404.1	501.63	611.98	832.68	927.72

Şekil 53. HEC-RAS Programına Debilerin Girilmesi

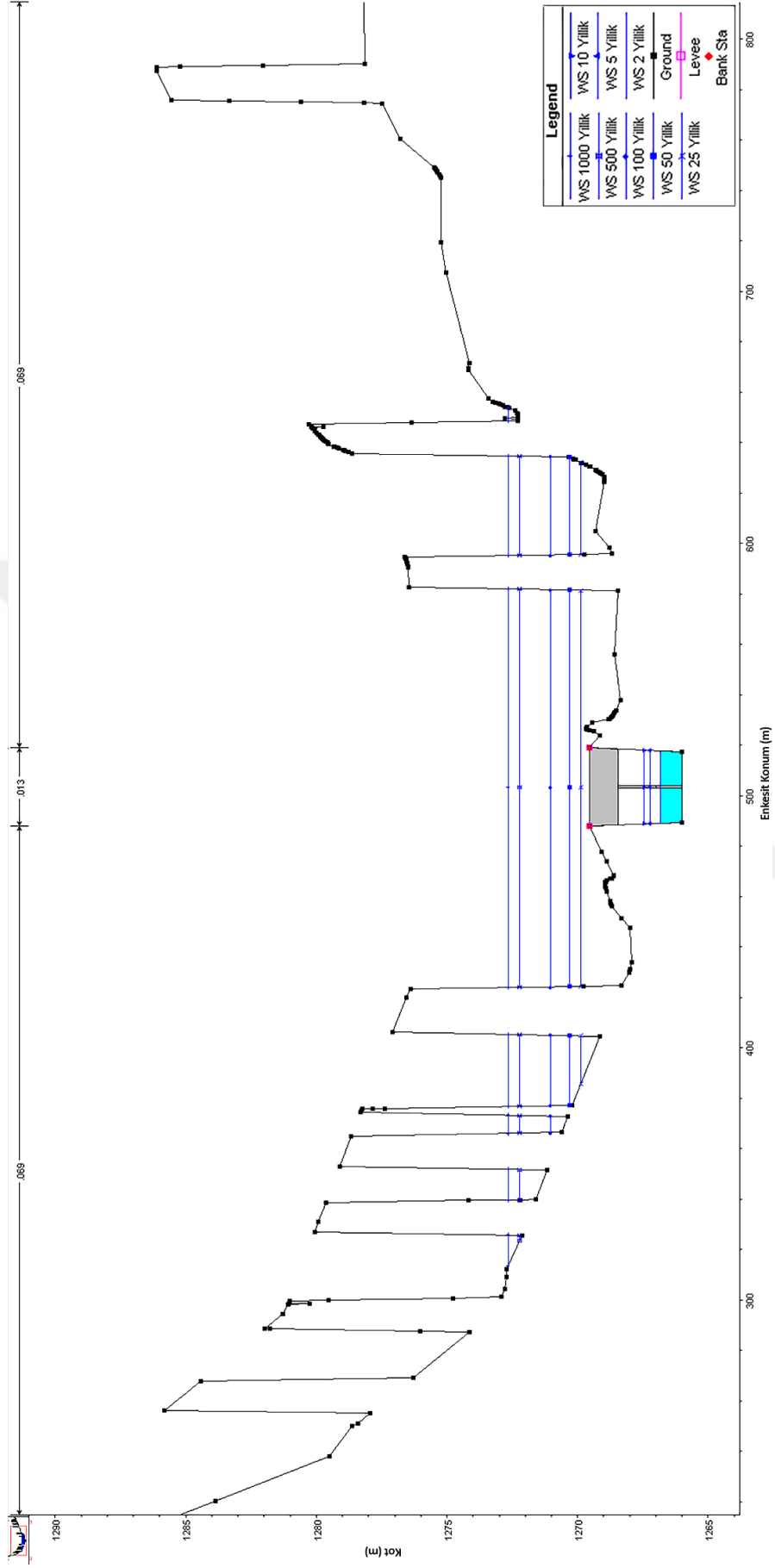
4.4.1.4. Kararlı Akış Analizi ve Sonuçları

Debileri girdikten sonra kararlı akış analiz arayüzünde dere yatağının giriş ve çıkış eğimlerinin girilmesiyle model analize uygun hale gelmiştir. Analiz yapıldıktan sonra enkesitleri ve boykesitleri ayrı ayrı incelenebilmektedir.

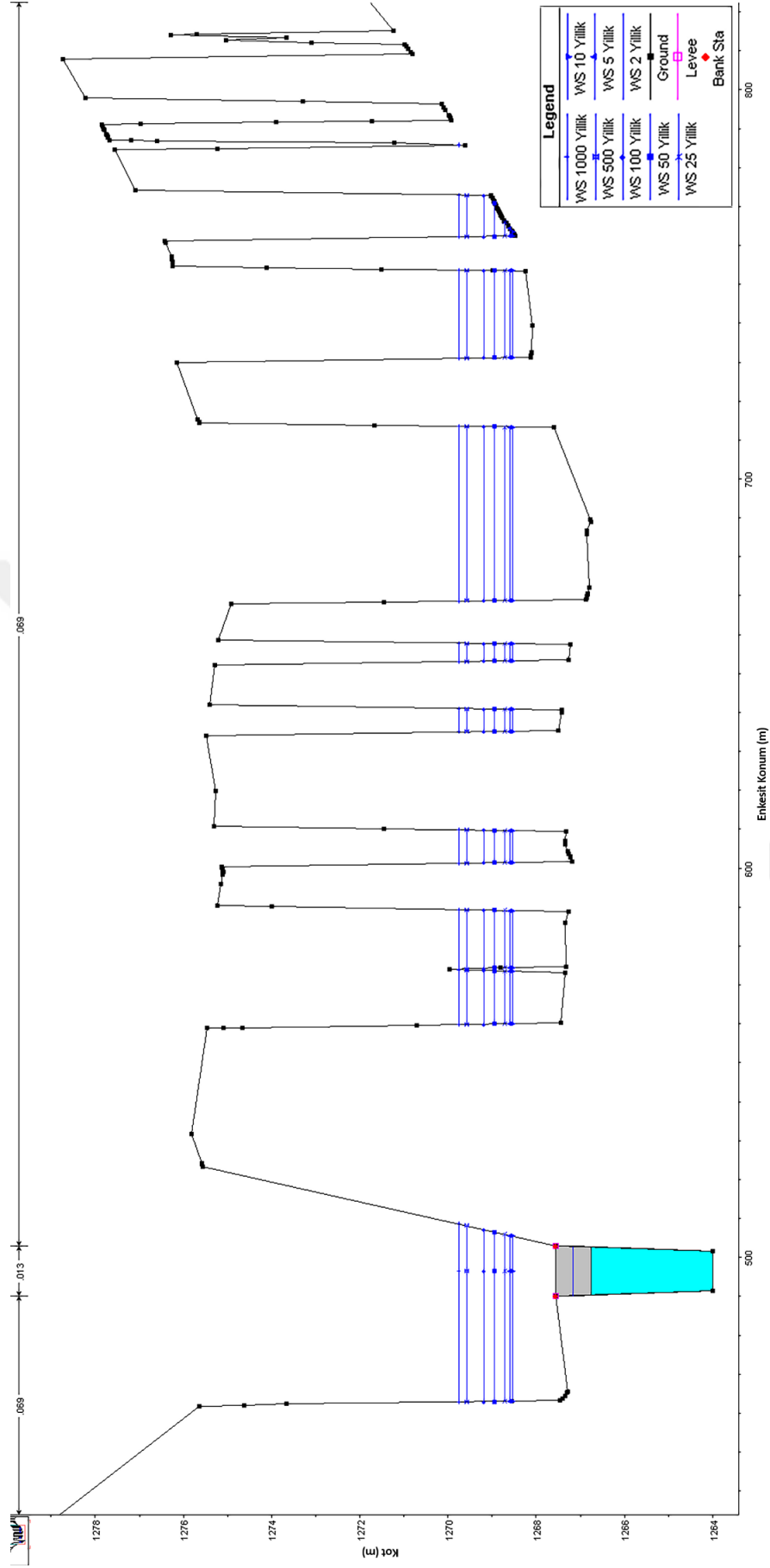
Analiz sonrasında Şekil 54'teki gibi farklı tekerrür debilerinin su yüzü profillerini enkesit üzerinde yansıtmıştır. Grafikte y eksenini yani kot(m) ekseninde enkesitin geçtiği kısımların deniz seviyesinden yüksekliklerini vermektedir. Diğer eksen ise enkesitin uzunluğunu vermektedir. Enkesitte görülen kırmızı nokta ise akarsuyun sağ ve sol sahilini göstermektedir. En üste bulunan ve farklı değerlerin yazıldığı kısım ise araziye göre tespit edilen Manning katsayılarıdır. Köprü-1'in enkesiti (Şekil 54), Köprü-2'nin enkesiti (Şekil 55), Köprü-3'ün enkesiti (Şekil 56), Köprü-4'ün enkesiti (Şekil 57), Köprü-5'in enkesiti (Şekil 58) ve Köprü-6'nın enkesiti (Şekil 59) yardımıyla hangi debilerde ve hangi seviyede taşıdığı görülmektedir. Diğer enkesitler EKLER kısmında verilmiştir.



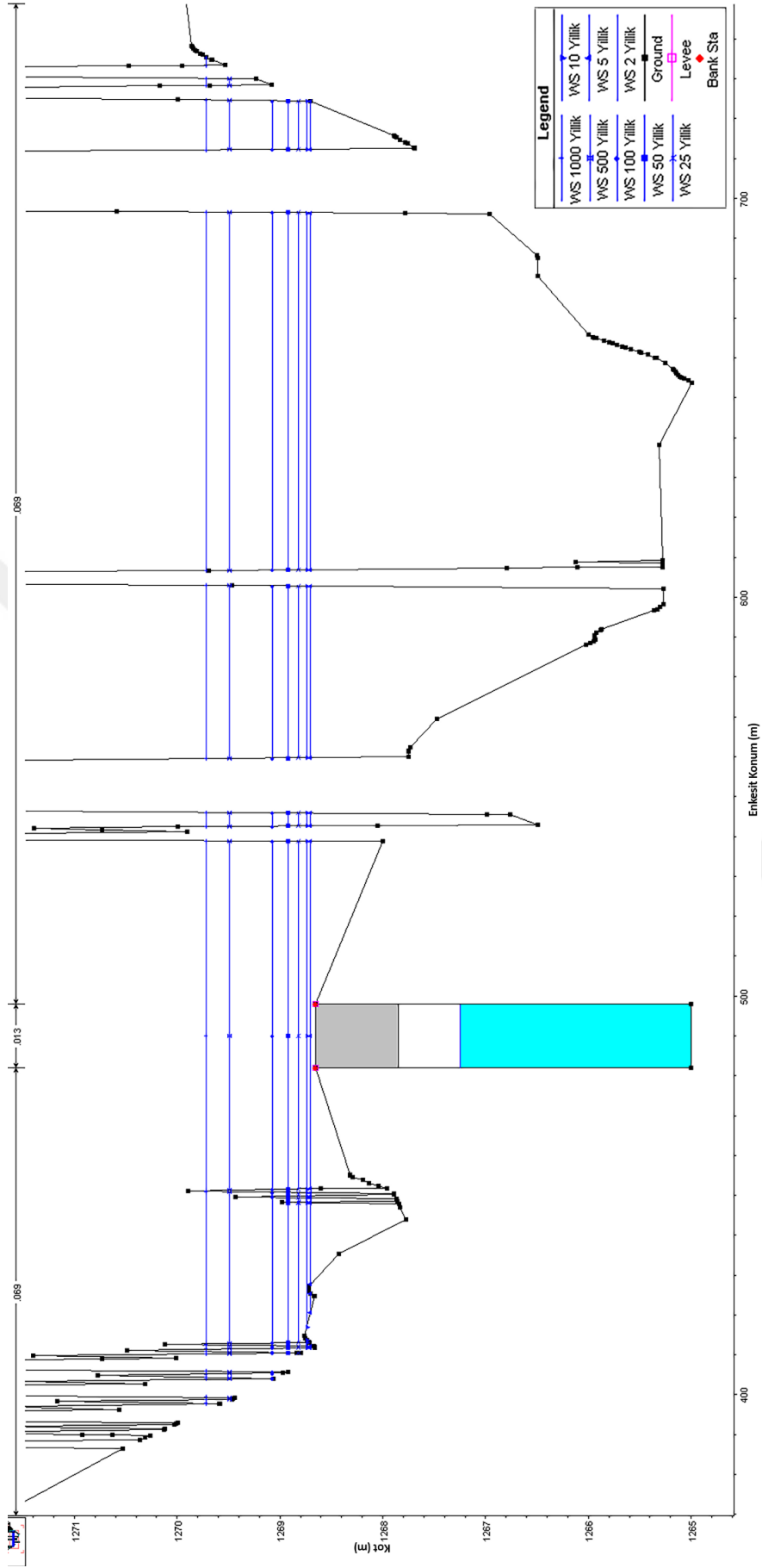
Şekil 54. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-1 Enkesiti



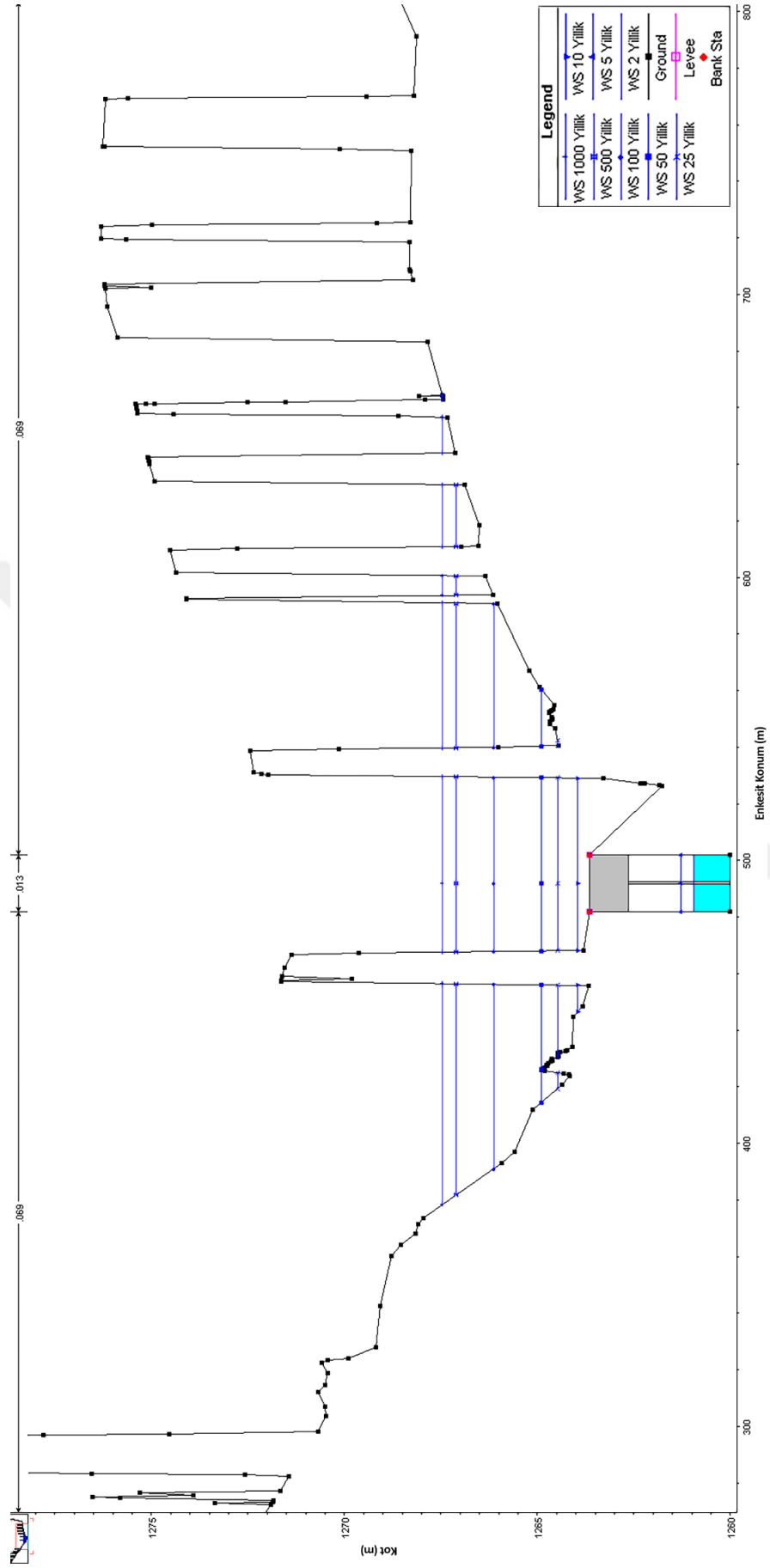
Şekil 55. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-2 Enkesiti



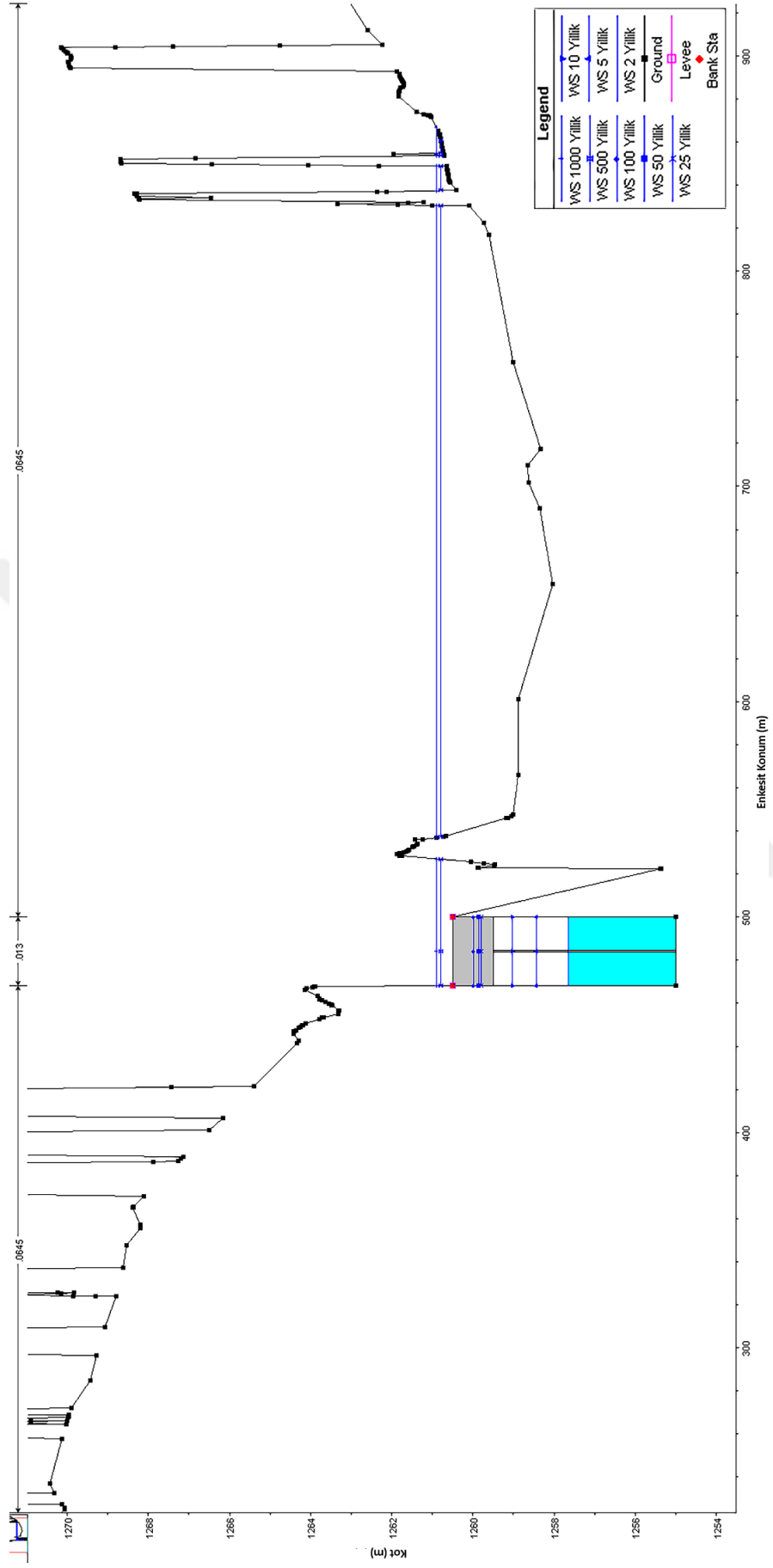
Şekil 56. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-3 Enkesiti



Şekil 57. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-4 Enkesiti



Şekil 58. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-5 Enkesiti

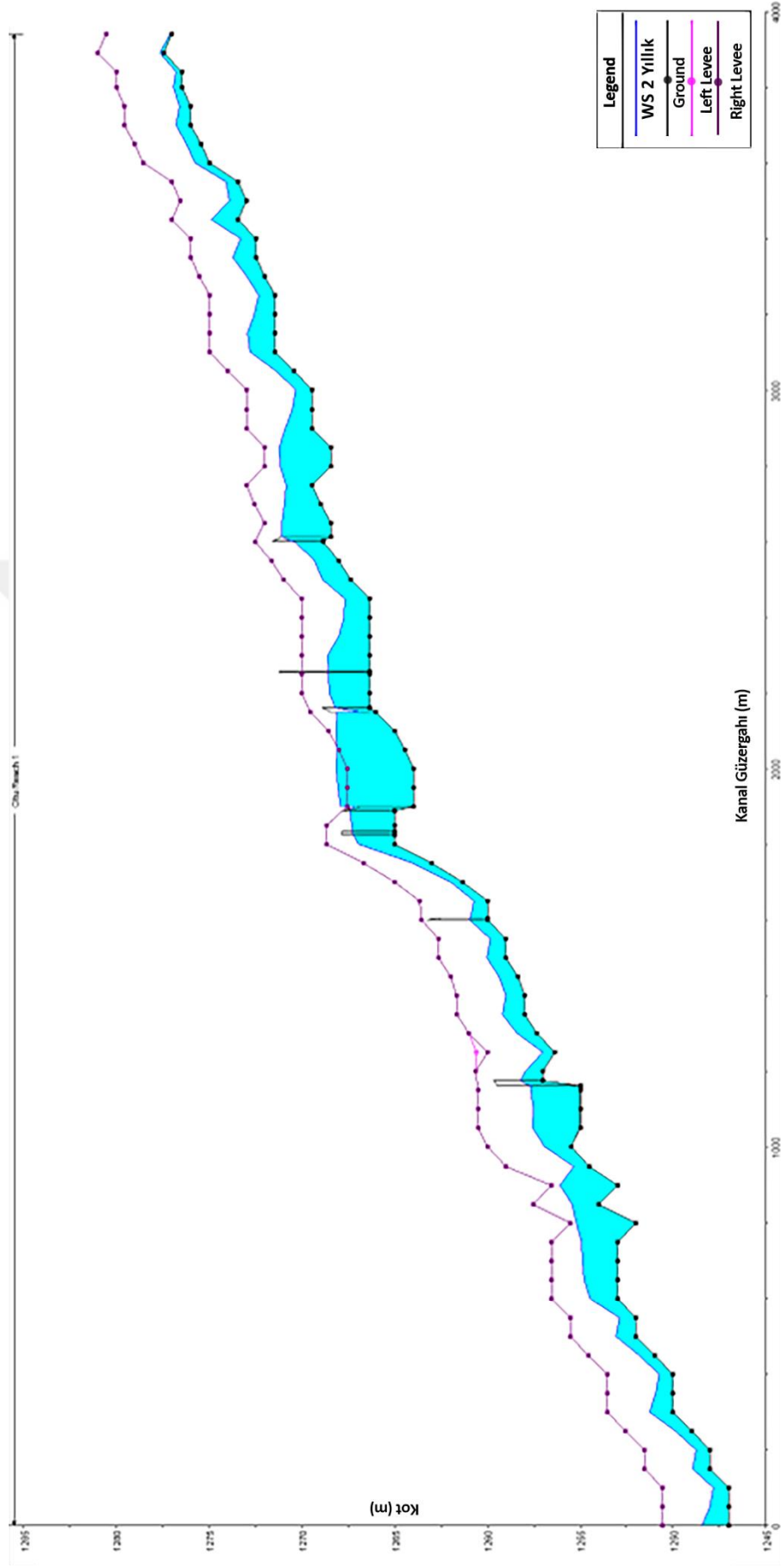


Şekil 59. 1 Boyutlu Modellemede Analiz Sonucu Köprü-6 Enkesiti

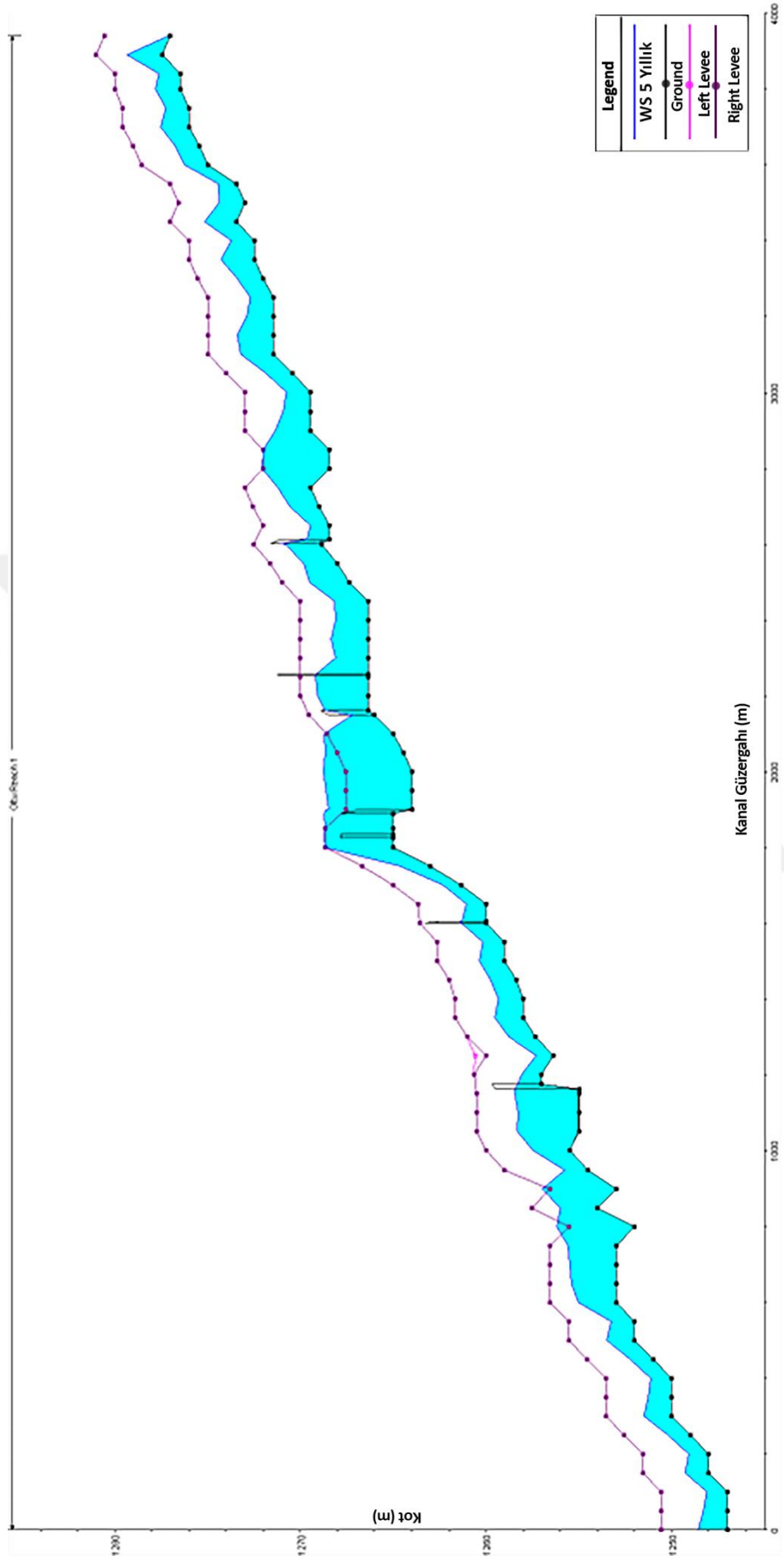
1 boyutlu modelleme analiz sonucu akarsuyun boykesitinin incelenmesini sağlamaktadır. y-ekseni enkesitte olduğu gibi boykesitte de güzergâh boyunca kot (m) değerlerini göstermektedir. Diğer eksen ise yatay eksen akarsuyun uzunluğunu göstermektedir.

Boykesitte lejantta da görüldüğü gibi siyah noktalar zemin kotunu, pembe noktalar sol sahil kotunu, mor noktalar ise sağ sahil kotunu göstermektedir. Dere hattında bulunan köprüler ise çizgi şeklinde gösterilmektedir. Boykesitte dikkat edilmesi gereken kısım şudur: Su seviyesi (mavi kısım) sağ veya sol sahil kotunun üstüne çıktığı yerde, o kesitin suyu taşıyamayıp taşıdığını göstermektedir.

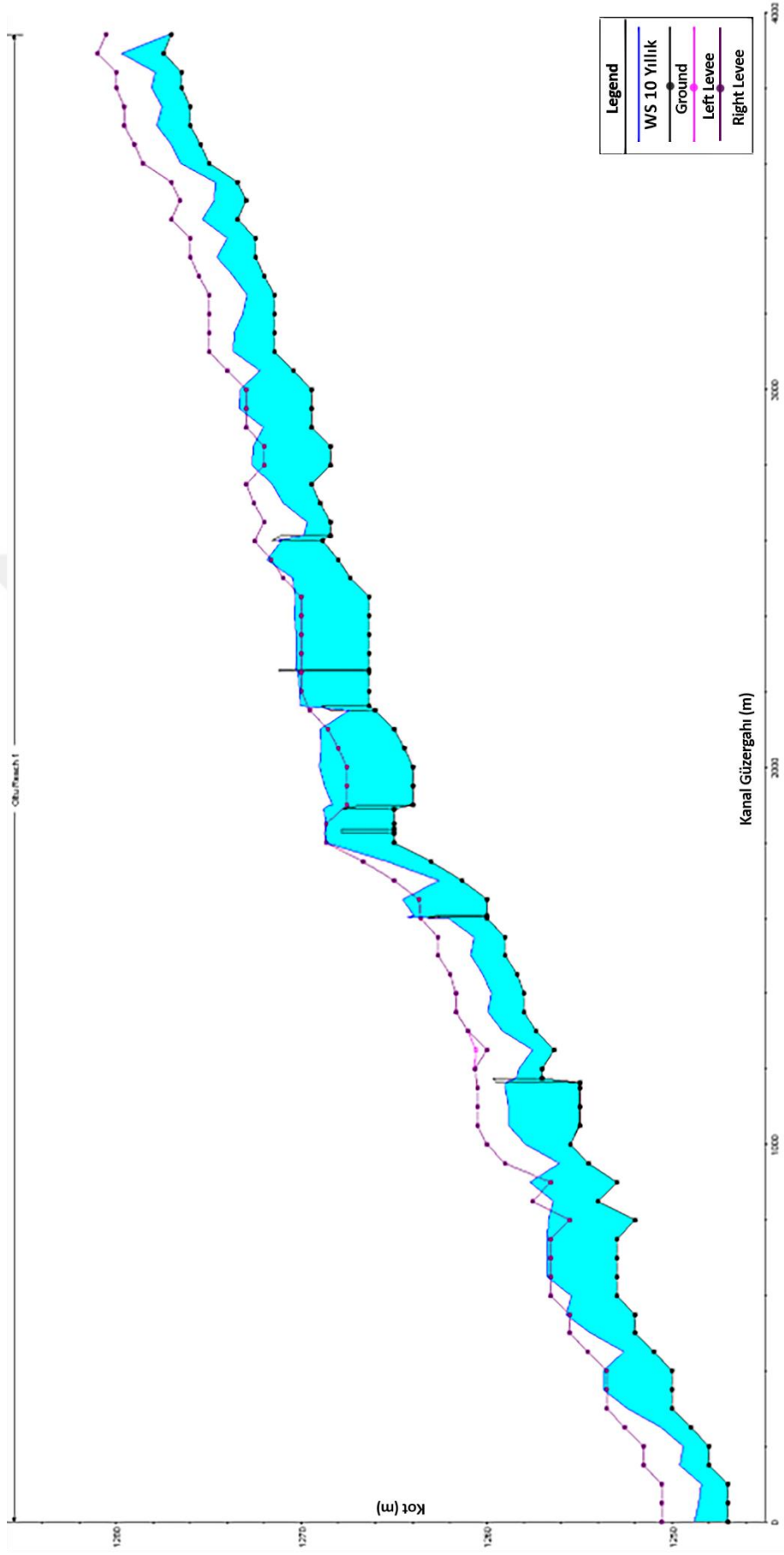
2 yıllık (Şekil 60), 5 yıllık (Şekil 61), 10 yıllık (Şekil 62), 25 yıllık (Şekil 63), 50 yıllık (Şekil 64), 100 yıllık (Şekil 65), 500 yıllık (Şekil 66), 1000 yıllık (Şekil 67) boykesitlerin hepsinde taşkınlar olduğu görülmektedir. Farklı debilerle yapılan analizleri daha net karşılaştırmak için boykesitler bir arada verilmiştir (Şekil 68).



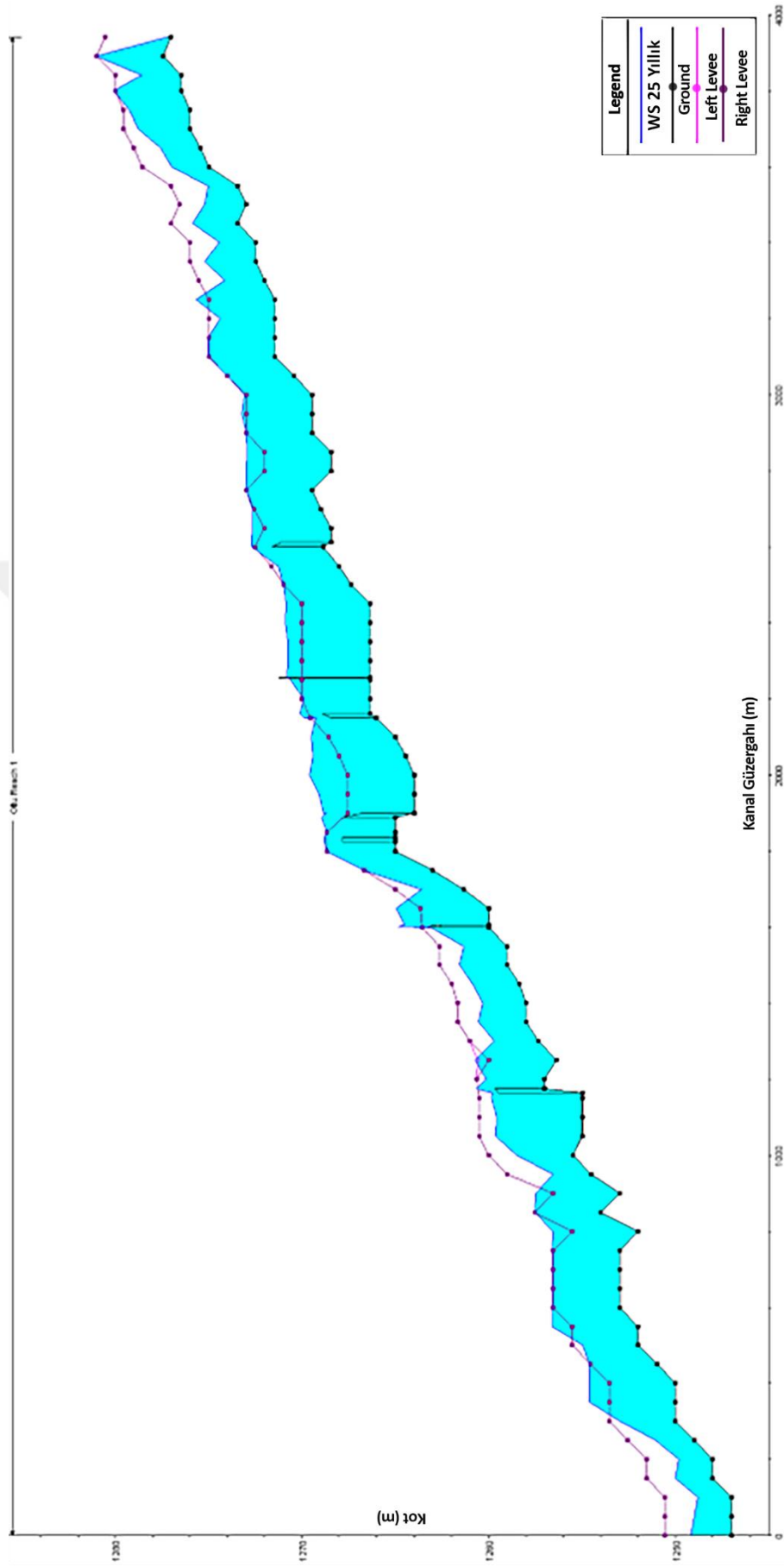
Şekil 60. 1 Boyutlu Modellemede 2 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)



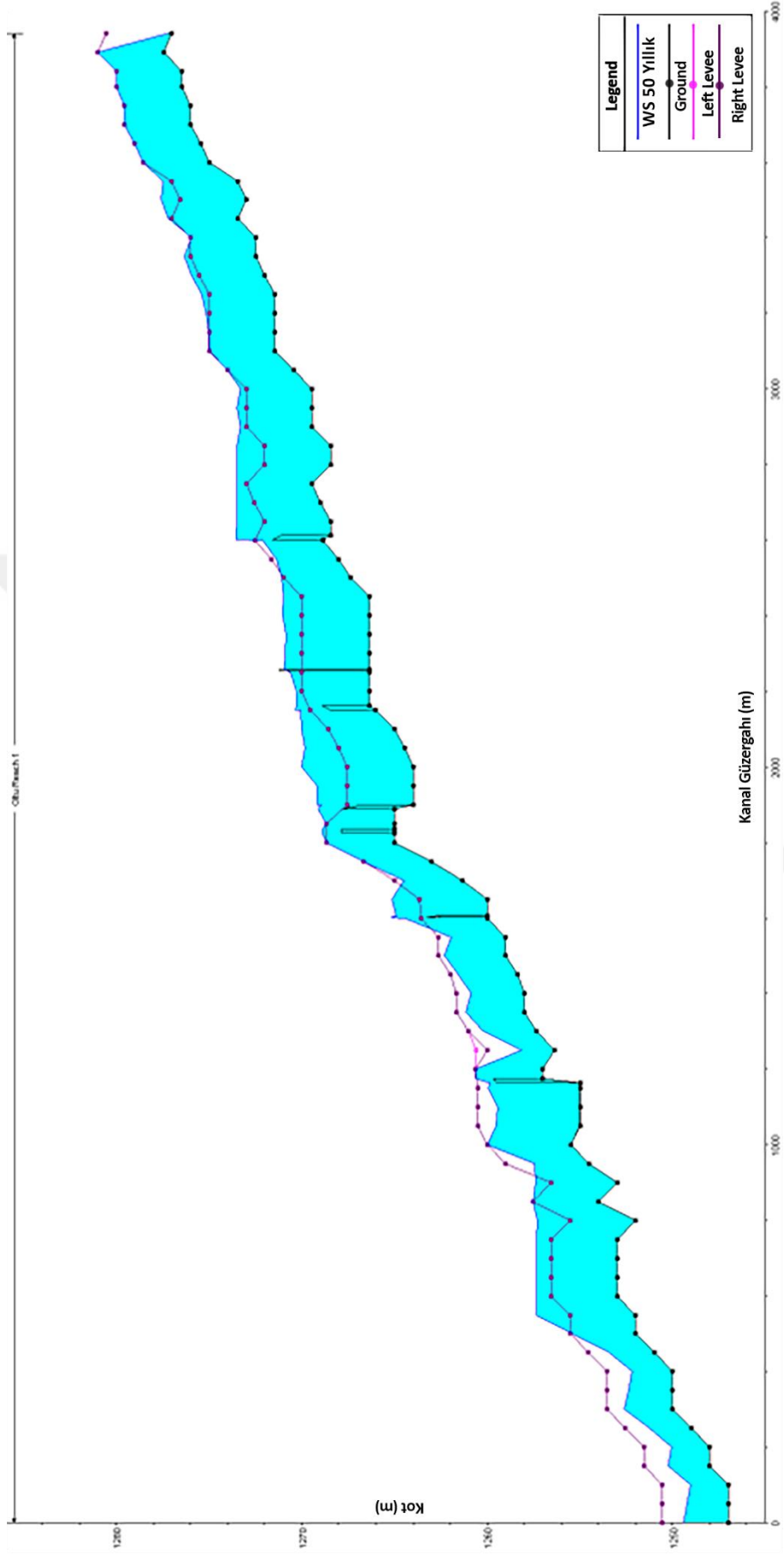
Şekil 61. 1 Boyutlu Modellemede 5 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)



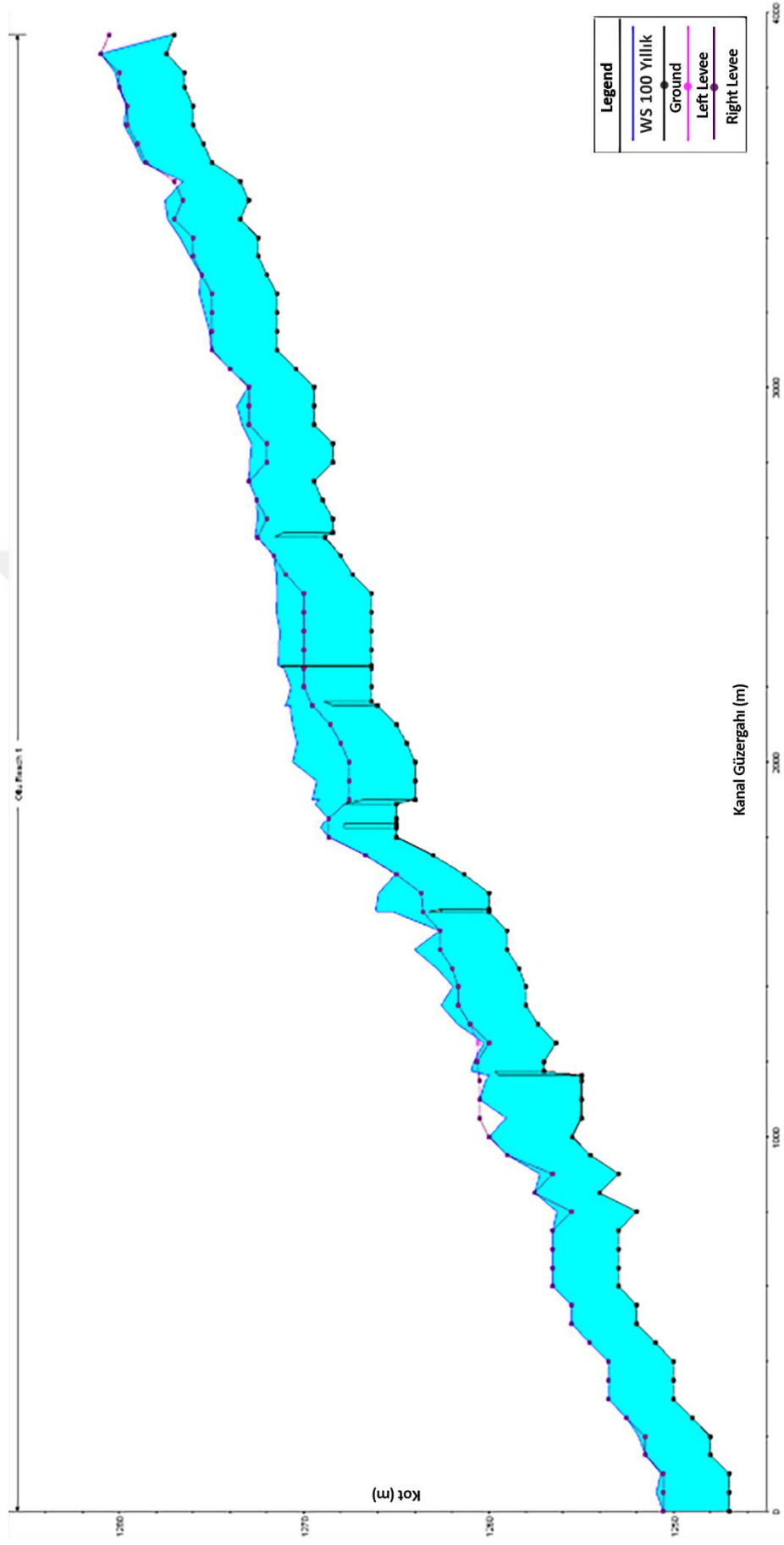
Şekil 62. 1 Boyutlu Modellemede 10 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)



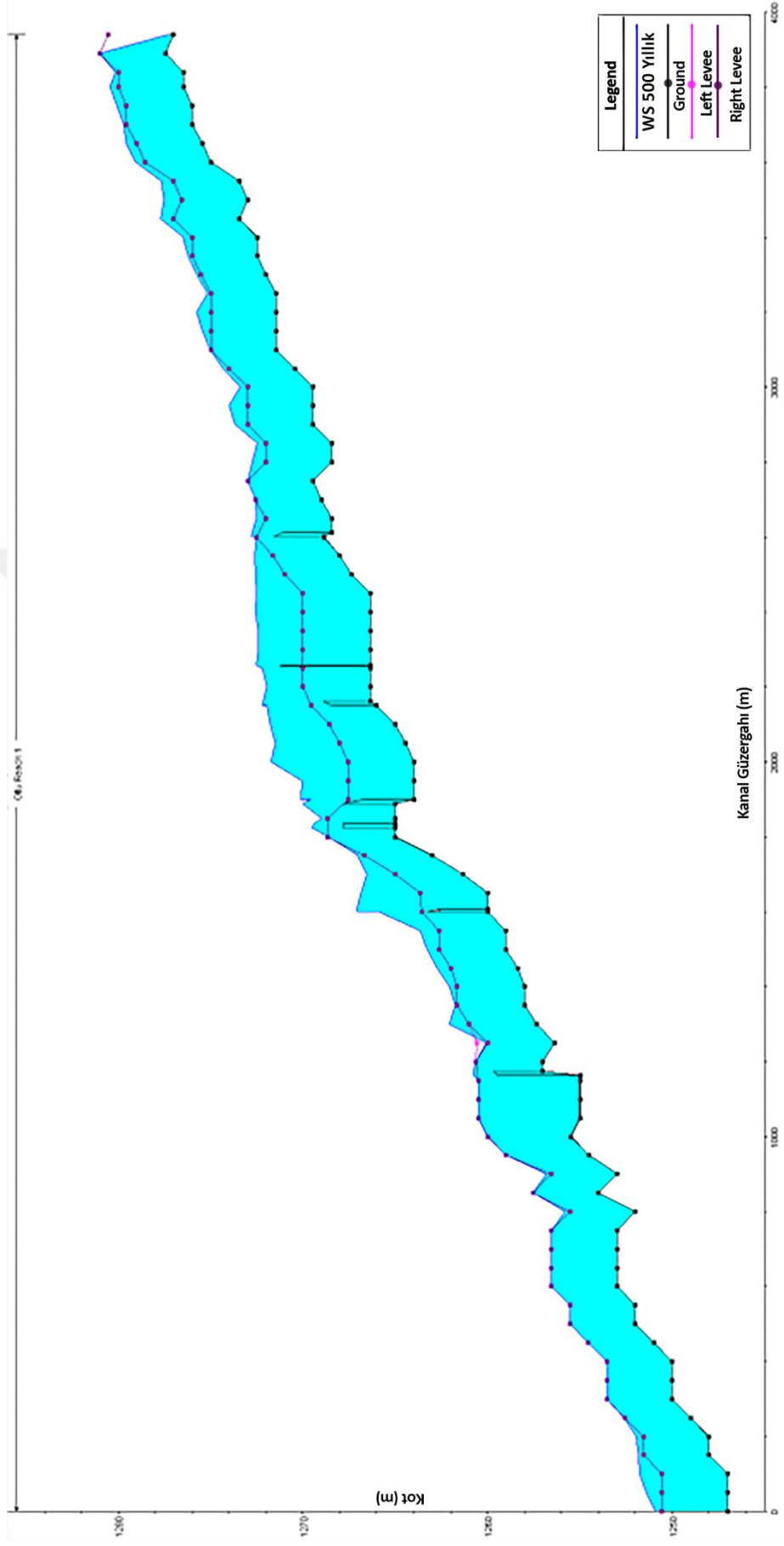
Şekil 63. 1 Boyutlu Modellemede 25 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)



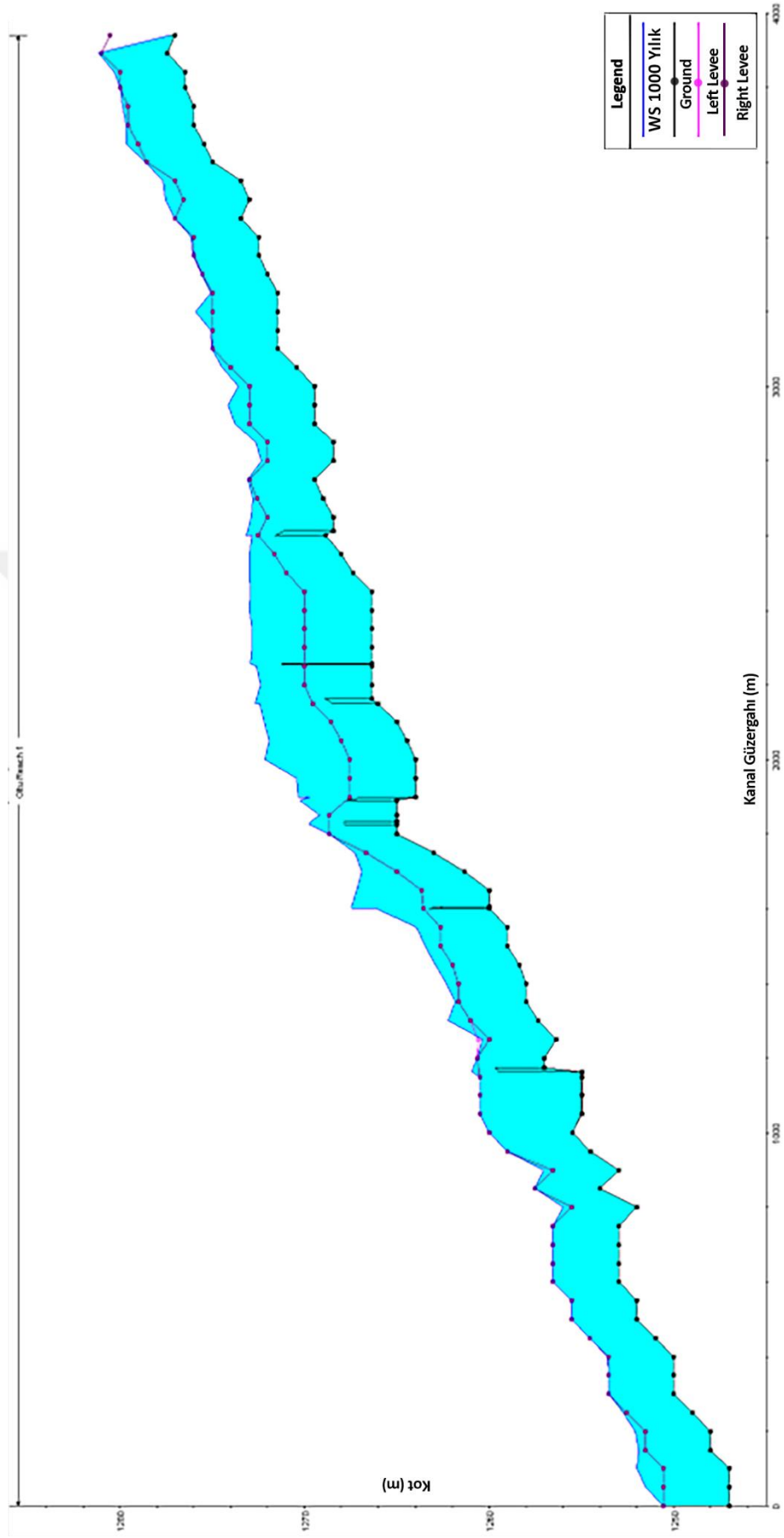
Şekil 64. 1 Boyutlu Modellemede 50 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)



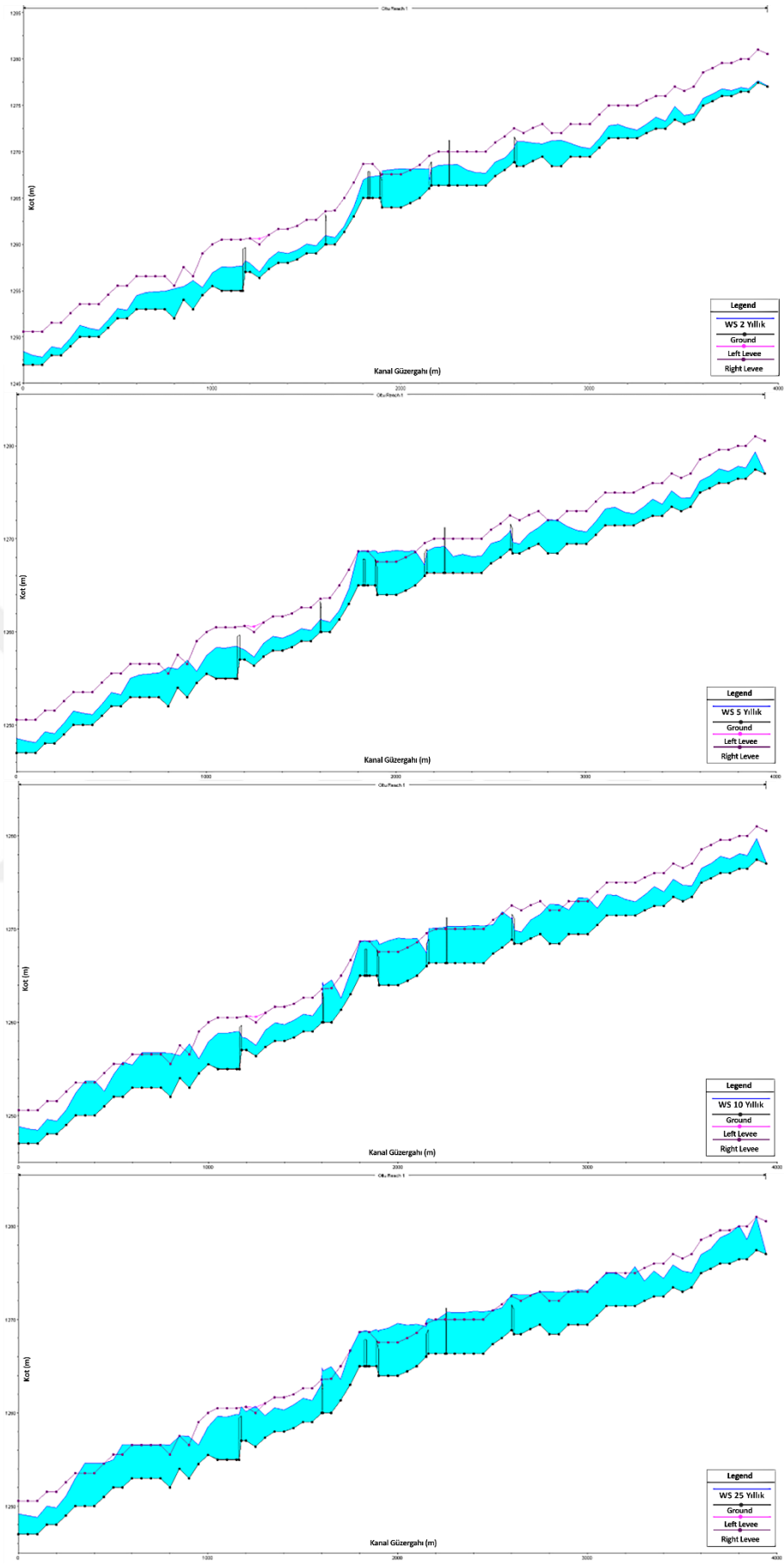
Şekil 65. 1 Boyutlu Modellemede 100 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)



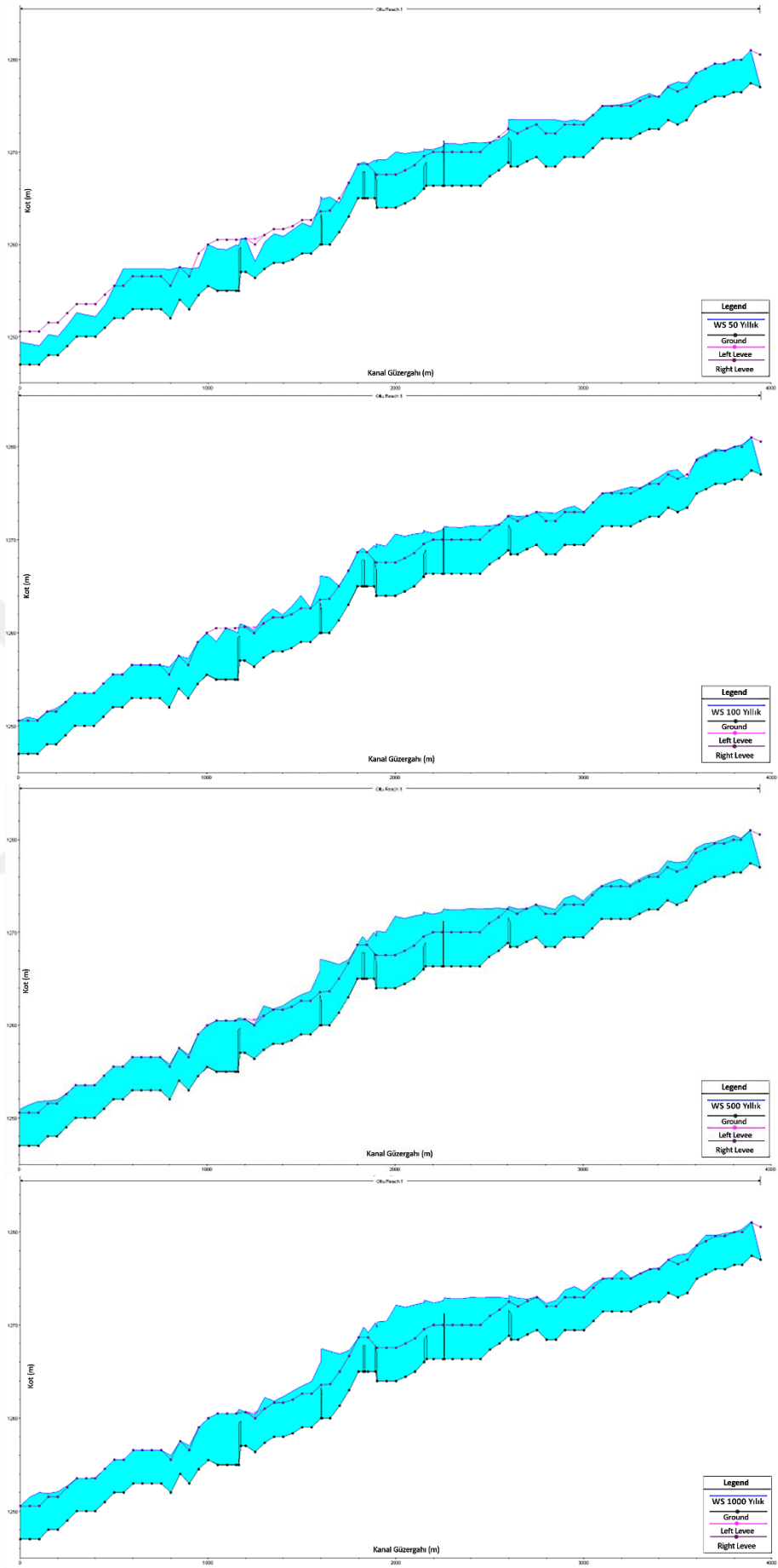
Şekil 66. 1 Boyutlu Modellemelerde 500 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)



Şekil 67. 1 Boyutlu Modellemede 1000 Yıllık Debi Analiz Sonucu (Boykesit)



Şekil 68a 1 Boyutlu Analiz Sonucunda Farklı Debilerde Boykesitlerin Karşılaştırılması



Şekil 68b 1 Boyutlu Analiz Sonucunda Farklı Debilerde Boykesitlerin Karşılaştırılması

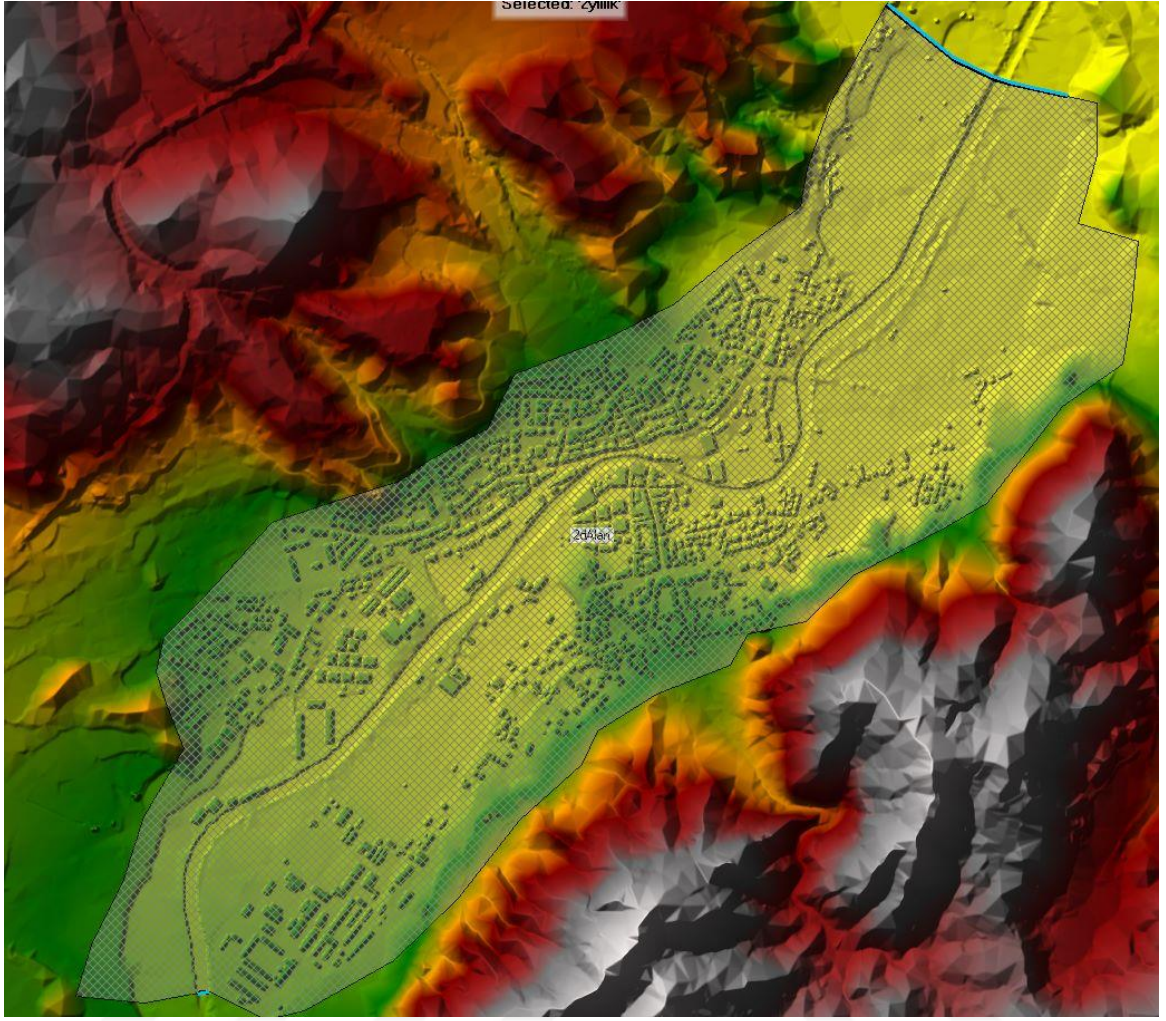
4.4.2. 2 Boyutlu Modelleme Oluşturma

2 boyutlu model oluşturmadan önce ıslah edilmemiş halde olan DEM haritasını düzeltmek gerekmektedir. HEC-RAS programında bulunan “*Modifications*” özelliği sayesinde DEM haritasında ıslah edilmiş dere hattı oluşturuldu.

Dere hattının düzeltme işleminden sonra 2D Area yani 2 Boyutlu Akım Alan Poligonu oluşturulması gerekmektedir. 2D alan oluşturulurken dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Bu hususlardan birisi taşkının yayılabileceği yerleri tahmin edip akım alan poligon içerisine alınmasıdır. Bunun içinde DEM haritası yardımcı olmaktadır. Diğer bir husus ise oluşturulan akım alan poligonunun hücelere bölünmesi gerekmektedir. Hesaplamaları kolaylaştırmak için hücrelerin birbirine dik olması gerekmektedir. Ayrıca hücrenin boyutlandırılması gerekmektedir. Hücre boyutu ne kadar büyük olsa analiz süresi düşer ancak sonuçların doğruluğu tartışılmaktadır. Hücre boyutu küçük olması durumunda analiz süresi artar ama sonuçlar diğerine göre daha net sonuç vermektedir. Oltu ayı için yapılan bu çalışmada hücre boyutları 5x5 m olarak alınmıştır (şekil 69).

2D modelleme yaparken debinin 2 boyutlu akım alan poligonuna nerden gireceğini ve çıkacağını belirtmek amacıyla “*Boundary Condition Lines*” komutuyla sınır koşulları girilmelidir (şekil 69).

Geometri verilerin girilmesiyle 2D modelleme yapılmış olmaktadır. Kararsız akışta, Oltu Havzası içerisinde bulunan yağış ve akım istasyonlarından alınan veriler kullanılarak Snyder yöntemiyle elde edilen taşkın hidrografın (şekil 71) girilmesiyle model analize hazır duruma gelmektedir. Analiz yapmadan önce debinin giriş ve çıkış sürelerinin girilmesi gereklidir. Bu sreler deneme yanılma yoluyla 10 saniye ve 1 dakika olarak belirlenmiştir (şekil 70).



Şekil 69. 2D Alan, Giriş-Çıkış Sınırları ve Taşkın Izgaraları

Unsteady Flow Analysis

File Options Help

Plan: 100yillik Short ID: 100yillik

Geometry File: geo

Unsteady Flow File: 100yillik

Programs to Run

- ☒ Geometry Preprocessor
- ☒ Unsteady Flow Simulation
- ☐ Sediment
- ☒ Post Processor
- ☐ Floodplain Mapping

Plan Description

Simulation Time Window

Starting Date: 02OCT2022 Starting Time: 0000

Ending Date: 04OCT2022 Ending Time: 2200

Computation Settings

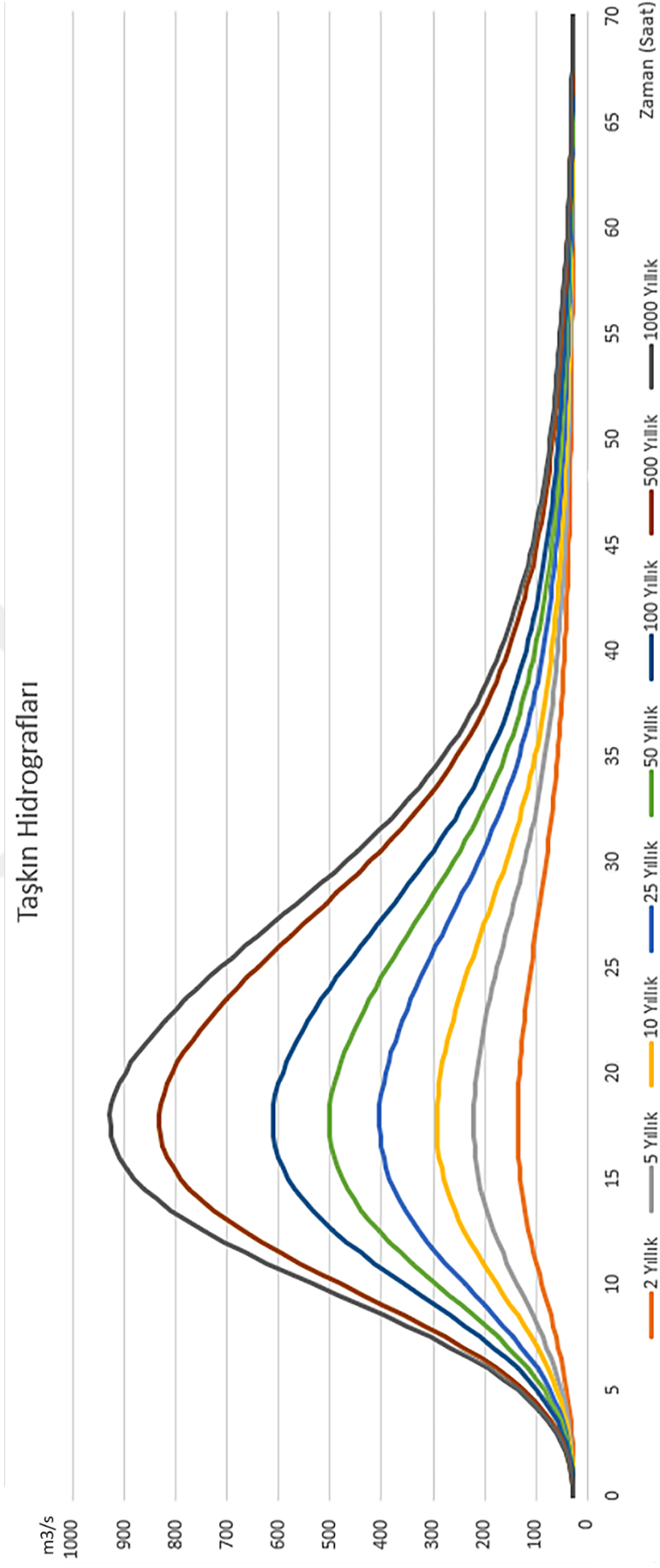
Computation Interval: 10 Second Hydrograph Output Interval: 1 Minute

Mapping Output Interval: 10 Second Detailed Output Interval: 1 Minute

Project DSS Filename: d:\OLTU CAYI\Kararsiz Akis\Analiz Edilmis\Mevcut\100yillik\I:

Compute

Şekil 70. Kararsız Akış Analiz Arayüzü



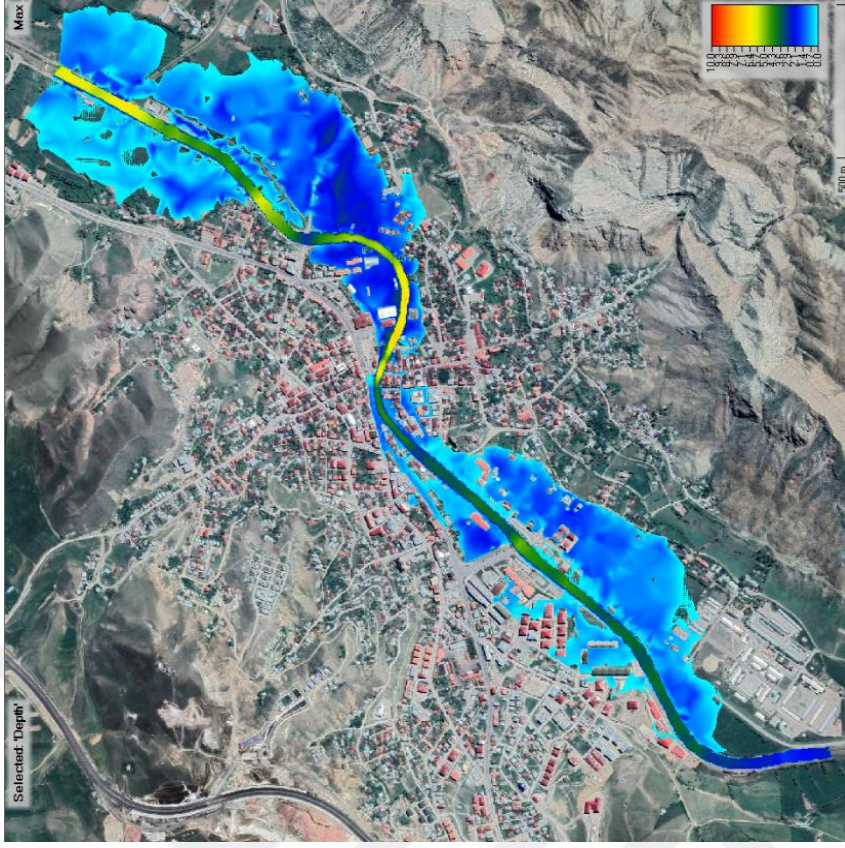
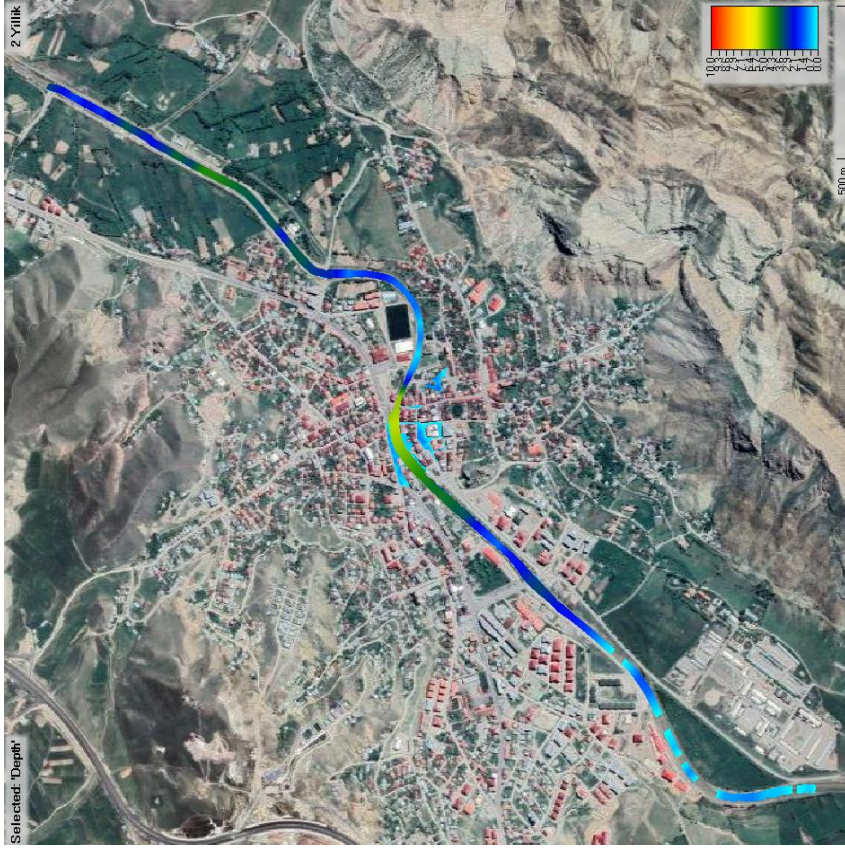
Şekil 71. Taşkın Hidrografları

4.5. Analiz Sonuçları

Analizler sonrasında HEC-RAS'ın Ras Mapper arayüzünde taşkın haritası oluşmaktadır. Daha iyi karşılaştırma yapmak amacıyla 1 boyutlu ve 2 boyutlu modellemenin 2 yıllık, 5 yıllık, 10 yıllık, 25 yıllık, 50 yıllık, 100 yıllık, 500 yıllık ve 1000 yıllık sonuçları yan yana verilmiştir.

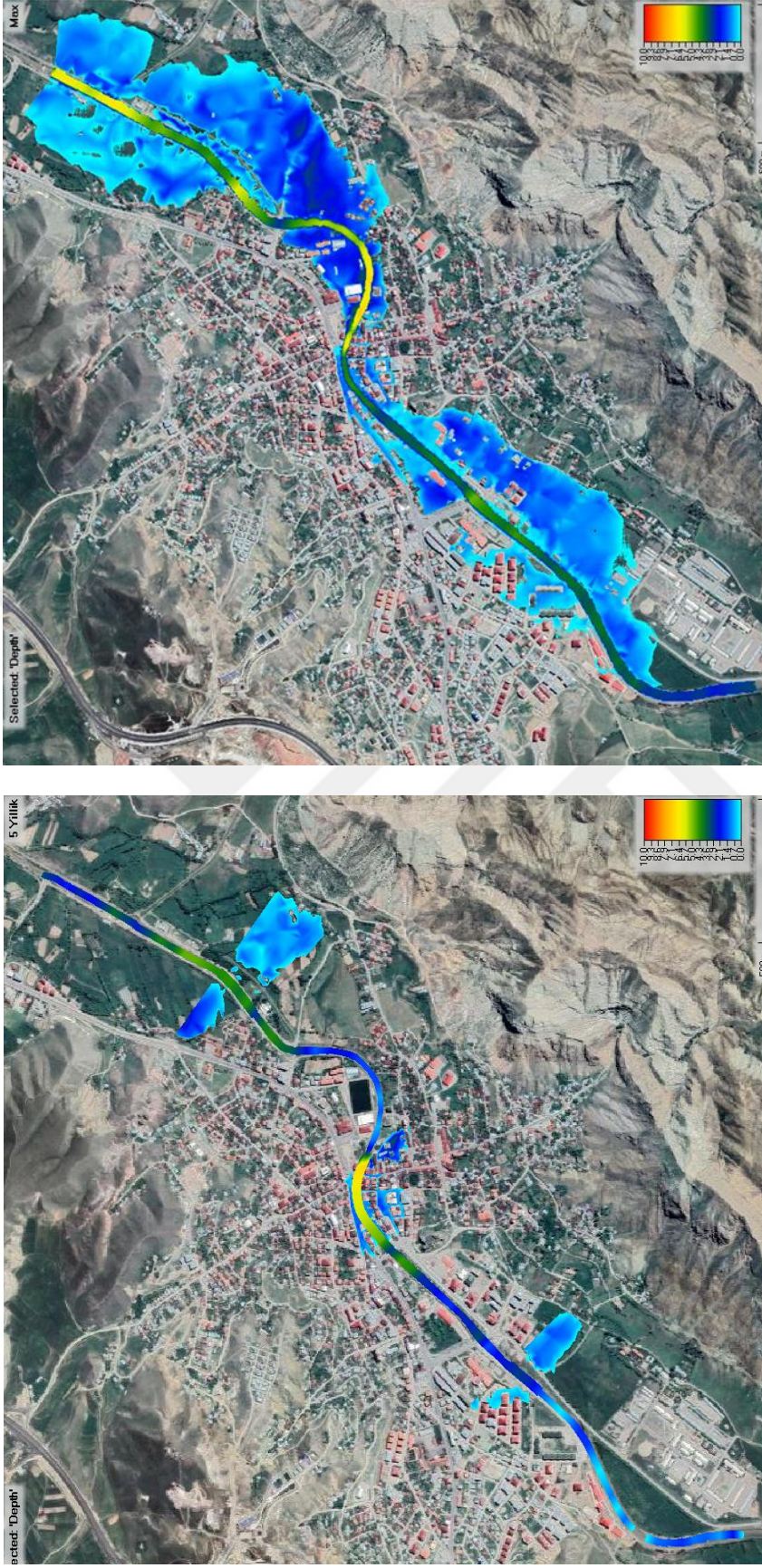
2 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu modellemede taşkın alanı 2.278 hektardır (Şekil 72.a). Aynı debiyle yapılan 2 boyutlu modellemede ise taşkın alanı 101.38 hektar olmuştur (Şekil 72.b). 5 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu modellemede taşkın alanı 16.034 hektardır (Şekil 73.a). Aynı debiyle yapılan 2 boyutlu modellemede ise taşkın alanı 102.72 hektar olmuştur (Şekil 73.b). 10 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu modellemede taşkın alanı 57.99 hektardır (Şekil 74.a). Aynı debiyle yapılan 2 boyutlu modellemede ise taşkın alanı 113.46 hektar olmuştur (Şekil 74.b).

25 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu modellemede taşkın alanı 91.23 hektardır (Şekil 75.a). Aynı debiyle yapılan 2 boyutlu modellemede ise taşkın alanı 131.9 hektar olmuştur (Şekil 75.b). 50 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu modellemede taşkın alanı 112.62 hektardır (Şekil 76.a). Aynı debiyle yapılan 2 boyutlu modellemede ise taşkın alanı 136.69 hektar olmuştur (Şekil 76.b). 100 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu modellemede taşkın alanı 146.52 hektardır (Şekil 77.a). Aynı debiyle yapılan 2 boyutlu modellemede ise taşkın alanı 140.1 hektar olmuştur (Şekil 77.b). 500 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu modellemede taşkın alanı 153.96 hektardır (Şekil 78.a). Aynı debiyle yapılan 2 boyutlu modellemede ise taşkın alanı 145.51 hektar olmuştur (Şekil 78.b). 1000 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu modellemede taşkın alanı 154 hektardır (Şekil 79.a). Aynı debiyle yapılan 2 boyutlu modellemede ise taşkın alanı 147.3 hektar olmuştur (Şekil 79.b).



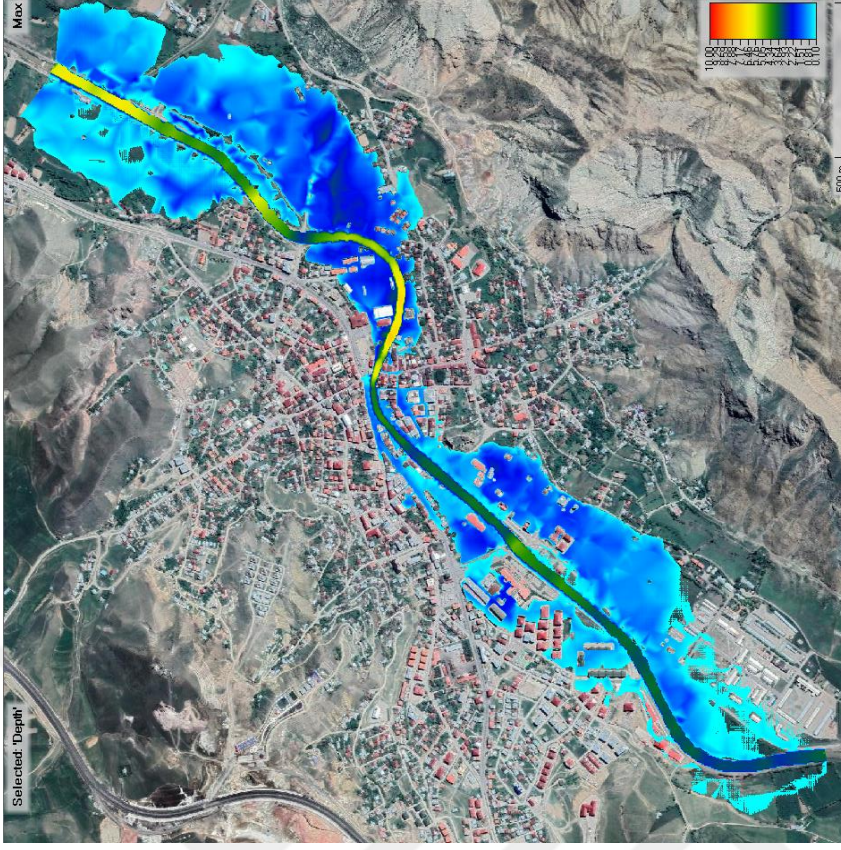
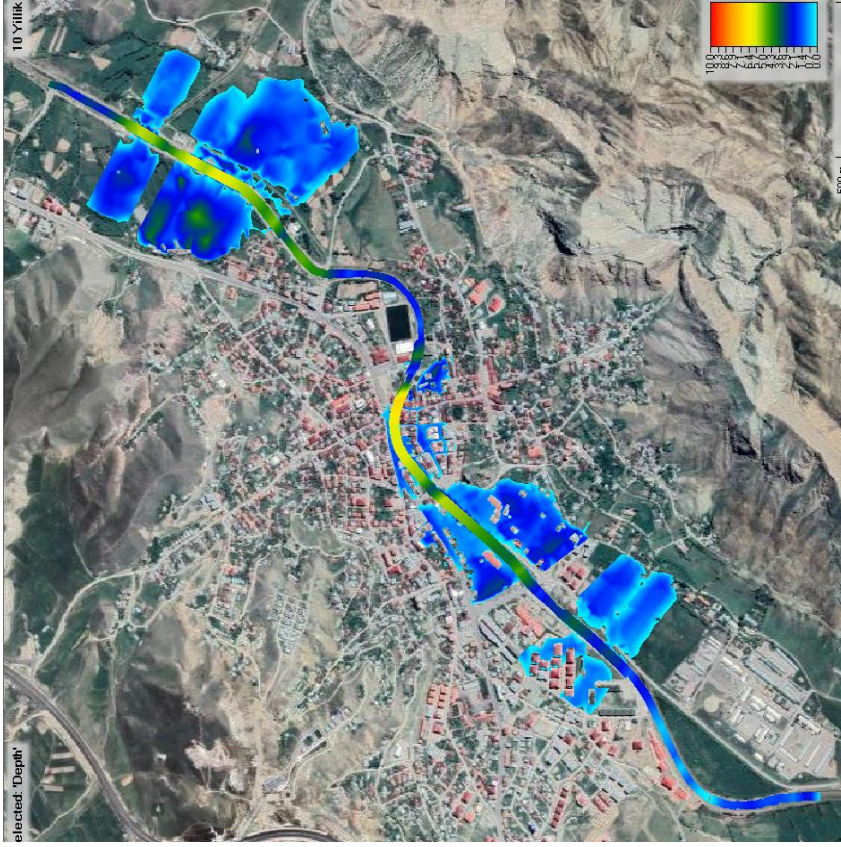
a. 1D Modelleme Analiz Sonucu b. 2D Modelleme Analiz Sonucu

Şekil 72. 2 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları



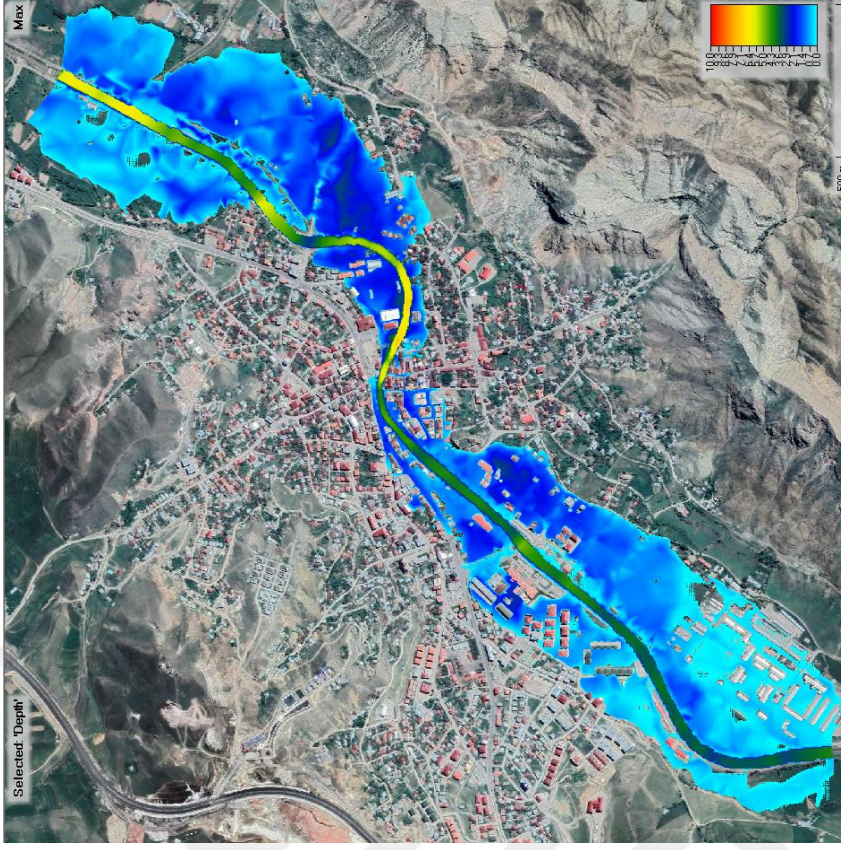
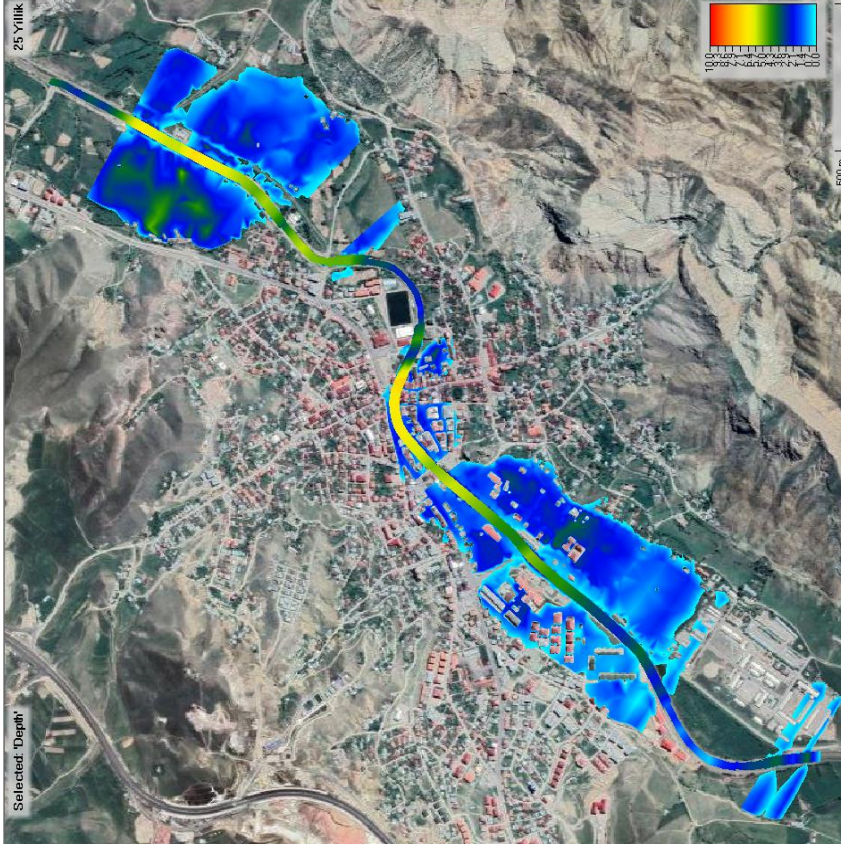
a. 1D Modelleme Analiz Sonucu b. 2D Modelleme Analiz Sonucu

Şekil 73. 5 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları



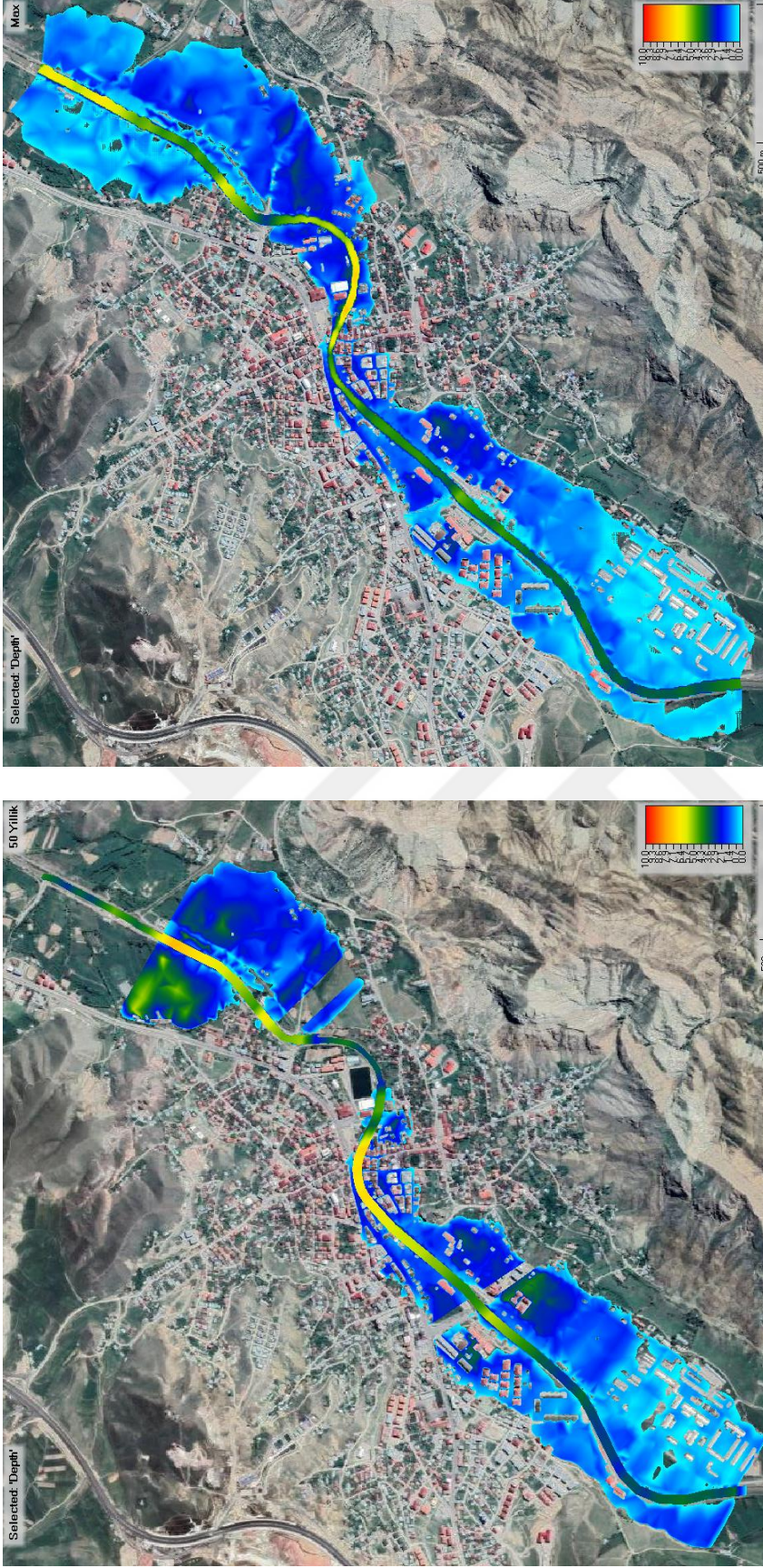
a. 1D Modelleme Analiz Sonucu b. 2D Modelleme Analiz Sonucu

Şekil 74. 10 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları



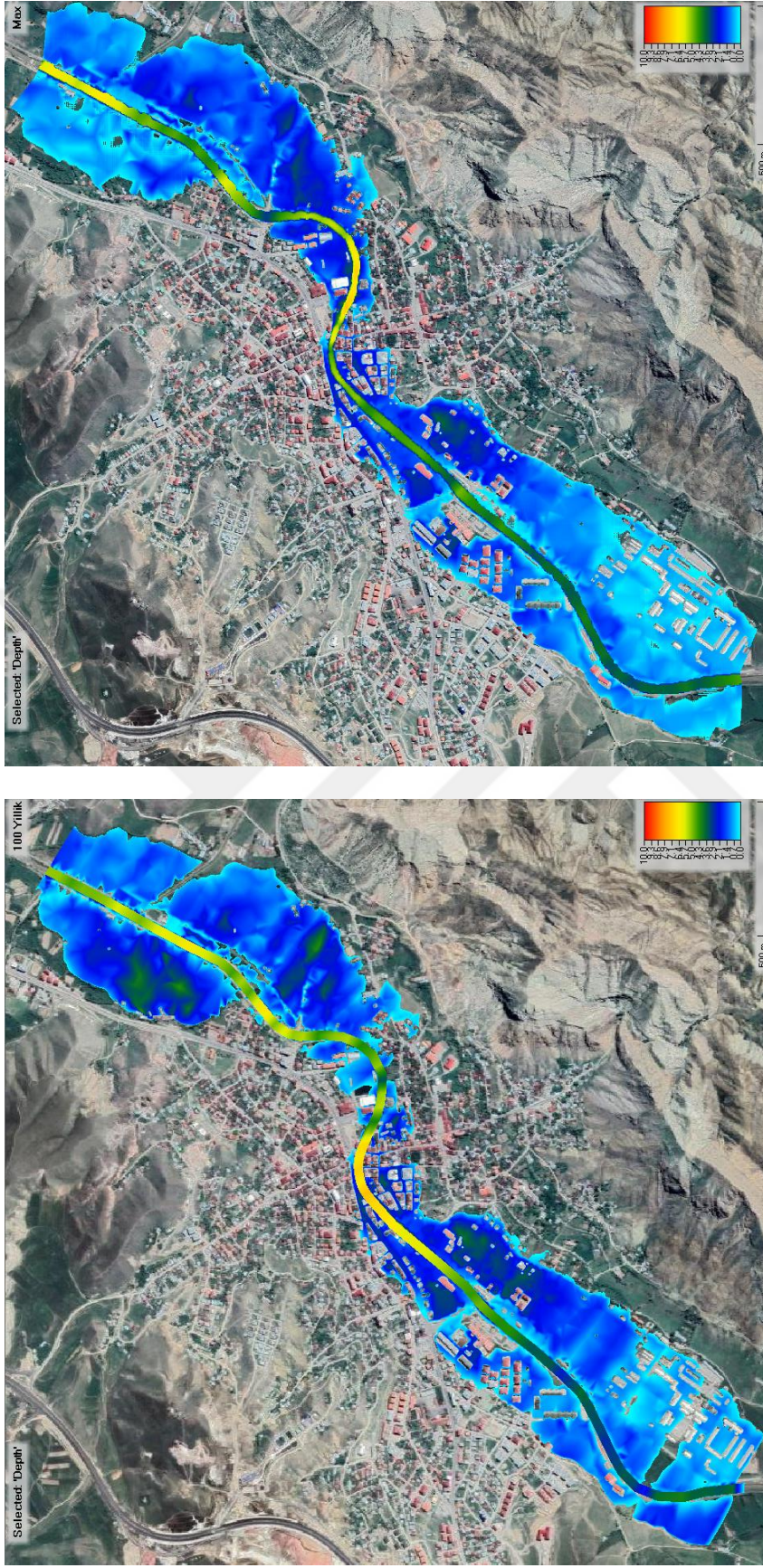
a. 1D Modelleme Analiz Sonucu b. 2D Modelleme Analiz Sonucu

Şekil 75. 25 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları



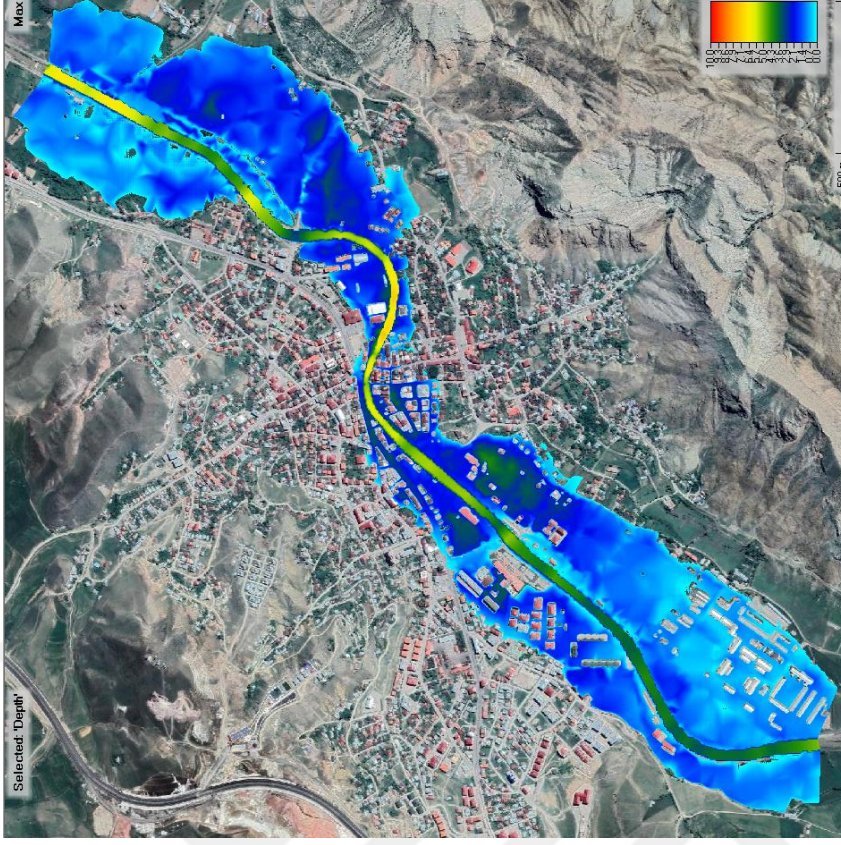
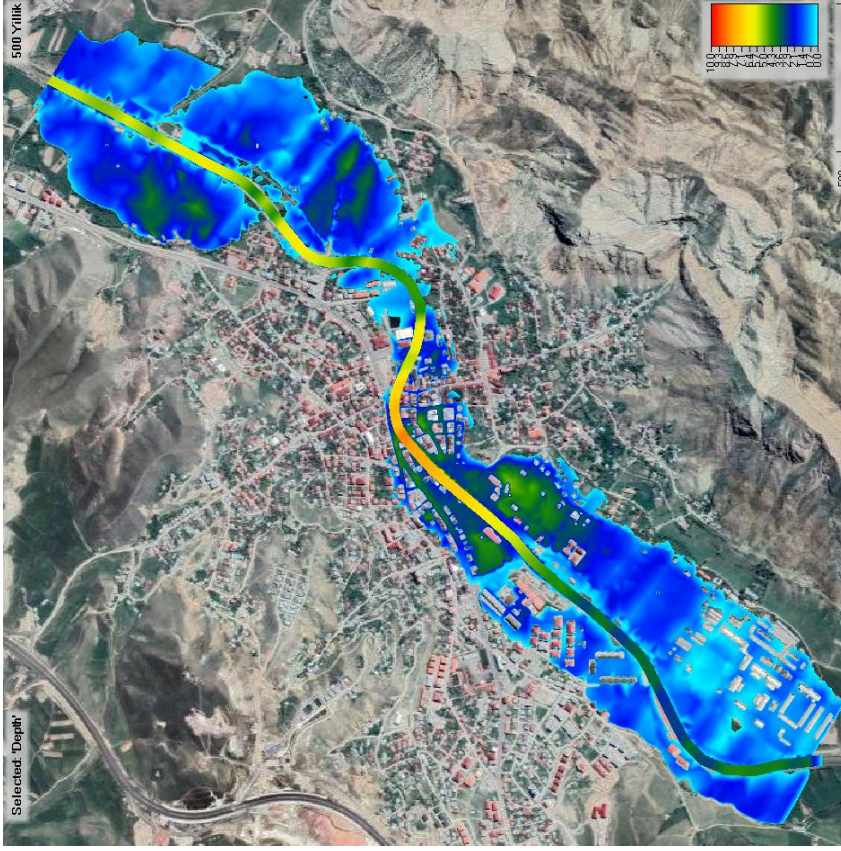
a. 1D Modelleme Analiz Sonucu b. 2D Modelleme Analiz Sonucu

Şekil 76. 50 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları



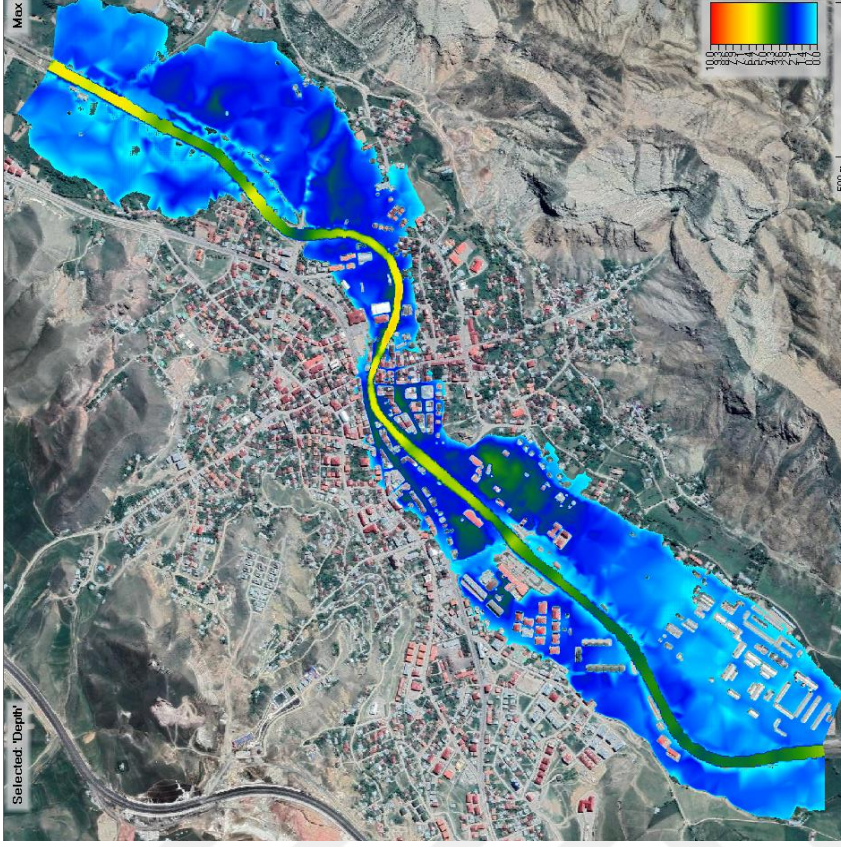
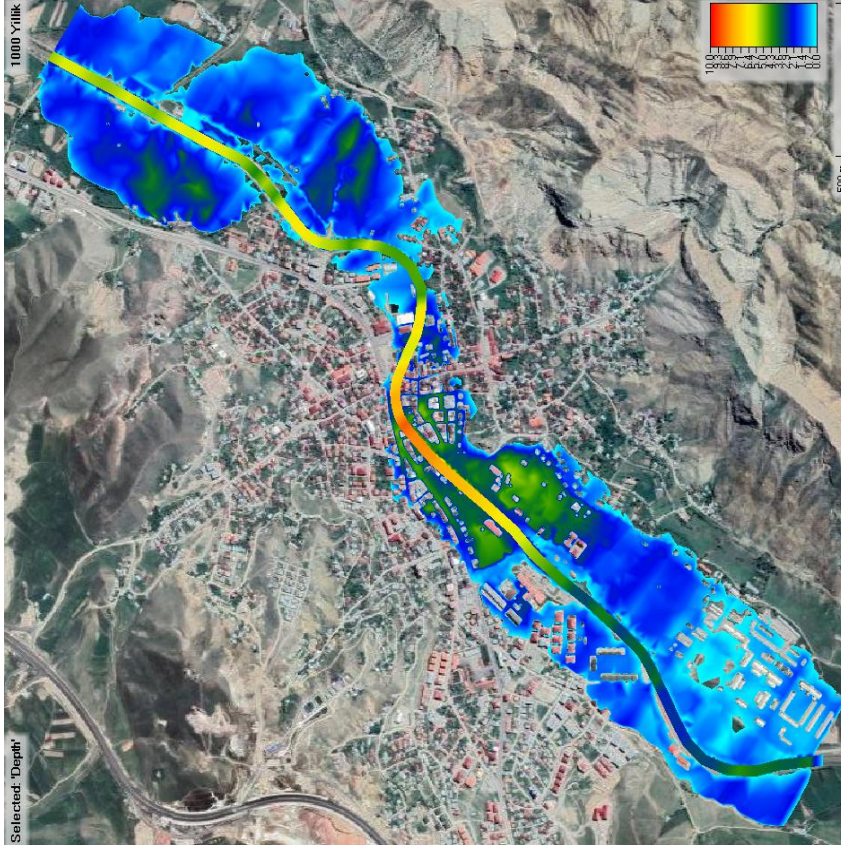
a. 1D Modelleme Analiz Sonucu b. 2D Modelleme Analiz Sonucu

Şekil 77. 100 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları



a. 1D Modelleme Analiz Sonucu b. 2D Modelleme Analiz Sonucu

Şekil 78. 500 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları



a. 1D Modelleme Analiz Sonucu b. 2D Modelleme Analiz Sonucu

Şekil 79. 1000 Yıllık Taşkın Analiz Sonuçları

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında Türkiye'nin kuzeydoğusunda bulunan Çoruh Havzası'nda bulunan Oltu Çayı için 1 boyutlu modelleme CBS programları yardımıyla oluşturulmuştur. Oluşturulan modellemede DEM üzerindeki dere hattı düzeltilerek ve geometrik veriler girilerek analiz edilmeye hazır hale getirilmiştir. Temin edilen 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileri ile modelleme analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda taşkın çok yayıldığından taşkın tam ilçe merkezinde gerçekleşmesinden dolayı daha detaylı ve daha doğru sonuçlar veren 2 boyutlu modelleme yapılması gerektiği görülmüştür. 2 boyutlu modellemede 1 boyutlu modellemede kullanılan geometri verilerinden farklıdır. Ayrıca analiz içinde taşkın hidrografları gerekmektedir. Gerekli veriler girdikten sonra da 2 boyutlu taşkın analizi yapılmıştır.

Yapılan analizlerin birbiri arasındaki kıyaslaması şu şekildedir;

- 2 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu analiz sonucunda 22775 m² (2.278ha) alan sular altında kalmıştır. İlçe merkezinden geçen Oltu Çayı'ndaki keskin dönemeçte taşkın olmuştur. Yani kısmi bir taşkın olmuştur. Birkaç mesken sular altında kalmıştır. En fazla 1,5 m yüksekliğe ulaşan bir taşkın meydana gelmiştir (Şekil 72.a). 2 boyutlu analiz de ise 1013466.78m²(101.38ha) alan sular altında kalmış birçok mesken sular altında kalmıştır (Şekil 72.b). 1boyutlu analiz sonucunda taşkın yayılım alanı, 2 boyutlu analiz sonucunda meydana gelen taşkın yayılım alanının %2.25'ne denk gelmiştir.

- 5 yıllık debiyle yapılan 1 boyutlu analiz sonucunda 160339.11 m² (16.034ha) alan sular altında kalmıştır (Şekil 73.a). 2 boyutlu analiz sonucunda ise 1027190.54 m² (102.72ha) alan sular altında kalmıştır (Şekil 73.b). 1 boyutlu analiz sonucu 2 boyutlu analiz sonucunun %15,61'ne denk gelmiştir.

- 10 yıllık debiyle 1 boyutlu analizde sonucu 5 yıllık debiye göre yaklaşık olarak 3.5 kat artarak 579928.51 m² (57.99ha) alan sulara teslim olmuştur (Şekil 74.a). 2 boyutlu analizde ise bu miktar 1134672.18 m² (113.46ha) olarak ölçülmüştür (Şekil 74.b). 1 boyutlu analiz sonucu 2 boyutlu analiz sonucunun %51,11'e denk gelmiştir.

2, 5 ve 10 yıllık debilerle yapılan 1 boyutlu ve 2 boyutlu analizlerde oran olarak Tablo 11 'de, taşkın yayılımı olarak Şekil 72, Şekil 73 ve Şekil 74 'te görüldüğü gibi sonuçlar birbirinden çok farklı çıkmıştır.

1 boyutlu ile 2 boyutlu analiz sonuçları arasındaki oran gittikçe yükselmiştir ve aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 11. 1 Boyutlu ve 2 Boyutlu Analizlerin Taşkın Alan Karşılaştırılması

Debi Tekerrür Aralığı	1 Boyutlu Analiz Sonucu Taşkın Alanı	2 Boyutlu Analiz Sonucu Taşkın Alanı	Oran (%)
2 Yıllık (135.94 m ³ /s)	22775 m ² (2.278ha)	1013466.78m ² (101.38ha)	2.25
5 Yıllık (221.45 m ³ /s)	160339.11 m ² (16.034ha)	1027190.54 m ² (102.72ha)	15.61
10 Yıllık (293.05 m ³ /s)	579928.51 m ² (57.99ha)	1134672.18 m ² (113.46ha)	51.11
25 Yıllık (404.1 m ³ /s)	912317.33 m ² (91.23ha)	1319008.06 m ² (131.9ha)	69.17
50 Yıllık (501.63 m ³ /s)	1126263.03 m ² (112.62ha)	1366884.34 m ² (136.69ha)	82.4
100 Yıllık (611.98 m ³ /s)	1465166.96 m ² (146.52ha)	1401037.52 m ² (140.1ha)	-4.58
500 Yıllık (832.68 m ³ /s)	1539597.53 m ² (153.96ha)	1455097.19 m ² (145.51ha)	-5.81
1000 Yıllık (927.72 m ³ /s)	1540023.66 m ² (154ha)	1473011.14 m ² (147.3ha)	-4.55

25 ve 50 yıllık debileri kullanarak yapılan 1 boyutlu ve 2 boyutlu analizlerde oran bakımından Tablo 11’de, taşkın yayılımı olaraktan Şekil 75 ve Şekil 76’te görüldüğü gibi kısmi farklılıklar oluşup aralarındaki oran yükselmiştir.

100, 500 ve 1000 yıllık debilerin analiz sonuçlarına göre (Şekil 77, Şekil 78 ve Şekil 79) taşkın yayılımı birbirine çok yakındır. Aralarındaki fark 7-8 ha olmuştur. Ancak asıl fark modellemeler arasında su yüksekliklerinden kaynaklanmaktadır.

Analizler sonucunda 1 boyutlu modellemeyle 2 boyutlu modellemenin avantajları ve dezavantajları şu şekildedir;

- 1 boyutlu modelleme yaparken güzergâh üzerinde bulunan köprü, menfez gibi sanat yapıları oluşturulabilmektedir. Sanat yapılarının taşkınlara karşı etkileri görülmektedir. Yapılan analizler sonucunda Oltu Çayı üzerinde bulunan Köprü-1 (Şekil 54) ve Köprü-2 (Şekil 55)’de 2, 5 ve 10 yıllık debilerde taşkınlar meydana gelmemektedir. Köprü-3 (Şekil 56) ve Köprü-4 (Şekil 57)’te ise sadece 2 yıllık debide taşkın meydana gelmemektedir. Köprü-5 (Şekil 58)’te 2 ve 5 yıllık

debide taşkın olmamaktadır. Son köprü olan Köprü-6 (Şekil 59)'da ise 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık debide taşkın meydana gelmemiştir. Ancak 2 boyutlu modellemede bu mümkün değildir.

- 2 boyutlu modellemede enkesitlerin ve dere hattının bulunmaması ve 1 boyutlu modellemenin temelini enkesitlerin ve dere hattının oluşturması analizlerin sonunda enkesitlerin ve boykesitlerin incelenmesine imkân vermektedir. Dere hattı boyunca taşkınların nerede olduğu, su seviyelerinin belirgin halde görülmesini ve köprülerin ne durumda olduğu boykesitlerin yardımıyla görülmektedir.

- 1 boyutlu analiz için gerekli geometrik veri miktarı daha fazladır ve modelleme yaparken daha fazla zaman harcanmaktadır. Ayrıca enkesitlerin dere hattını dik bir şekilde kesmesi gerekmektedir bunu ayarlamakta harcanan zamanı artırmaktadır. 2 boyutlu modellemede sadece 2D alan oluşturulduğu için zaman çok fazla harcanmamaktadır.

- 1 boyutlu modellemede taşkın yayılım haritasının oluşumu enkesitlerin uzunluklarına bağlıdır. 5, 10, 25 ve 50 yıllık debilerle yapılan analiz sonucunda çıkan taşkın yayılım haritalarında da görüldüğü gibi bir kesitte taşkın meydana gelip taşkın sularının yükseklikleri fazla olmasına rağmen bir sonrakinde taşkın olmaması 1 boyutlu modellemenin bir dezavantajı olarak görülmektedir. Oltu Çayı gibi kısa mesafede dönemeçlerin fazla olduğu, ilçe merkezinde olan ve debisinin bu kadar yüksek olan akarsularda suyun simülasyonunu yapıp havzanın arazi durumuna bağlı olarak taşkın yayılmasını sağlayan 2 boyutlu modelleme yapmak daha doğrudur.

- Analiz için 1 boyutlu modellemede taşkın pik debileri yeterliyken 2 boyutlu modellemede taşkın hidrografi gerekmektedir.

- 1 boyutlu analiz sonucunda enkesit ve boykesit yardımıyla detaylı incelemeler yapılabilmektedir. Ancak 2 boyutlu modellemede ise taşkın simülasyon olarak izleyerek taşkın hangi zamanda nerede başladığını, taşkın en şiddetli olduğu anı ve taşkın sona erdiğinde taşkın alanındaki durumu tespit edilebilmektedir.

- Bu tez kapsamında 1 boyutlu analiz süresi tüm taşkın debileriyle toplam yaklaşık olarak 60 saniye sürerken 2 boyutlu analizde ise her bir taşkın debisi için yaklaşık 100 dakika sürmüş olup toplam 2 boyutlu analiz için 800 dakika harcanmıştır.

- Analizlerin bilgisayarda kapladığı yer 1 boyutlu analiz için 206 MB'tır. 2 boyutlu analiz ise 211 GB yer kaplamaktadır.

Analizler sonucunda Oltu Çayı için yapılabilecek öneriler;

- Oltu ilçe merkezi dere hattı boyunca uzanan ve ona göre şekillenen bir merkezdir. Bazı evler, iş yerleri ve bir hastane dereye çok yakın inşa edilmiştir. Bu şekilde inşa edilen evlerin dereye mesafeleri sıfırdır, bitişiklerdir. Taşkın olması durumunda bu plansız yerleşmeler çok hasar görebilir bunun için yerleşim yerleri buralardan kaldırılıp taşkında hasar görmeyecek yerlere taşınması gerekmektedir. Hastane gibi önem derecesi yüksek olan yapılar yer değiştirilemiyorsa taşkından zarar görmesini engellemek amacıyla istinat duvarları yapılmalıdır. Ayrıca taşkın yayılım haritasında da görülen ve taşkının etki ettiği arazilerin iskânı açılmaması, iskâna açıksa da yapı yapılmasına izin verilmemelidir.

- Oltu Çayı akarsu güzergâhının mevcut yapısı hesaplanan tekerrür taşkın debileri için yetersiz olduğu görülmektedir. Akarsu boyunca belli kısımlarda yapıların akarsuya çok yakın olması dere hattının genişletilmesini zorlaştırıyor ama mevcut yapının derinleştirilmesi faydalı olacağı düşünülmektedir.

- Debilerin çok yüksek olması ve taşkına elverişli olması nedeniyle bu bölge için meteorolojik tahmin sistemlerin ve taşkın için geliştirilmiş erken uyarı sistemleri kullanılmalıdır.

- Bir afet sırasında veya sonrasında gerekli müdahalelerin yapılması sırasında herhangi bir sıkıntı yaşanmaması için oluşturulan taşkın yayılım haritasına göre hareket edilmesi gerekmektedir.

- Bir analiz içerisinde hem enkesitleri hem boykesitleri inceleyip (1D) hem de taşkının yayılımını araziye göre yayılmasını (2D) sağlayacak 1D/2D modelleme yapılmalıdır.

Hem Oltu Çayı için hem de dere yatakları içerisinde veya çok yakınında yapılan plansız ve hatalı yerleşmelerin olmaması gerekmektedir. Hem ülke ekonomisine çok büyük zararlar verebilmektedir hem de en önemlisi insan hayatı tehlike altındadır. Yapılacak imarların iyi analizler yapıp bu analizleri insan hayatı için toleranssız bir şekilde değerlendirip yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Açıl, A. (2020). *Orman Yollarında Hidrolik Yapıların HEC-RAS Yazılımı Kullanılarak Boyutlandırılması*, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Düzce.
- Akkaya, U. (2016). *Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne Şehir Merkezi Kısımında 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya.
- Akkoç, N. F. (2019). *Aras Havzası Kars Çayı 1D ve 2D Taşkın Analizi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Al-Aloosi, A. N. A. (2019). *Floods Caused by The Failure of The Himreen Dam in The Northeastern Part of Baghdad, Iraq Using HEC-RAS Program*, Atılım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Altundal, M., (2010). *Taşkınların Ekonomik Boyutu*, Afyon.
- Apaydın, A. (2021). “22 Ağustos 2020 Tarihli Taşkına Neden Olan Dereli Deresi (Giresun) Havza Analizleri, Taşkın Nedenleri ve Sonuçları”. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 392-425.
- Ardıçlıoğlu, M. (2017), *Açık Kanal Akımları ve HEC-RAS Uygulamaları*, Kayseri.
- Ardıçlıoğlu, M. (2020). *HEC-RAS Mapper İle Akarsuların 1D/2D Modellenmesi ve Uygulamalar*, Kayseri.
- Atalay, İ. & Yılmaz, Ö. & Tetik (1985). *Kuzeydoğu Anadolu'nun Ekosistemleri*, Ankara.
- Atalay, İ. (1982). *Oltu Çayı ve Havzasının Fiziki Coğrafyası ve Aranjmanı*, İzmir.
- Baga, İ., Usul, N., Sorman, Ü. (1999). “Application of MIKE 11 Model on Çayboğazı Basin in Turkey”, *DHI Third User Conference*, Denmark, 14.
- Batur, E. (2011). *Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu İle Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Meriç Nehri Örneği*, Hava Harp Okulu, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bayraktar, H. & Sahtiyancı, E. (2020). 17-18 Temmuz 2019 Akçakoca ve Cumayeri (Düzce) Sel Felaketi Sonuçları ve Müdahale Çalışmaları. *Dirençlilik Dergisi* 4(2), 239-255. DOI: 10.32569/resilience.755777
- Bayram, H., Kopar, İ., Çelik, M. A. (2018). “Akdağ Kütlesinde (Olur- Erzurum) Bitki Örtüsünün Ortam Koşullarına Göre Değişiminin Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak İncelenmesi”. *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*. 584-596
- Belli, O. (1991). “Ore Deposits and Mining in Eastern Anatolia in the Urartian Period: Silver, Copper and Iron”. *Urartu A Metal Working Center in the First Millennium BCE*. (Ed. R. Merhav) Jerusalem.

- Bilici, Ö. E. & Everest, A. (2017). “29 Aralık 2016 Mersin Selinin Meteorolojik Analizi ve İklim Değişikliği Bağlantısı”. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 22 (38), s. 227-250
- Cantürk, S. (2022). *Yozgat İl Merkezi İçin Taşkın Analizi*, Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Yozgat.
- CEOS, (2003). *The use of earth observing satellites for hazard support: assessments and scenarios*, Final Report of the CEOS Disaster Management Support Group, U.S. Department of Commerce.
- Çakan, S. (2021). *Bozkır-Çarşamba Çayı Islah Çalışmalarının HEC-RAS Programında İncelenmesi*, KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Çepel, N. & Ergün, C. *Suyun Önemi ve Ekolojik Sorunları, Tema Vakfı Rapor* (<http://biyologlar.com/documents/suyunonemiekolojiksorunlar.pdf>).
- Çınaklı, M. (2008). *Doğu Karadeniz Bölümü’nde Meydana Gelen Taşkınlar*, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Çolak, B. (2019). *Çankırı Tatlıçay Deresi’nin Taşkın Analizi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Dağ, İ. (2019). *Antakya Altınçay Deresinin HEC-RAS Yazılımı İle Taşkın Analizi*, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay.
- Damçayırı, D. (2018). *Kınıklı Deresinin Taşkın Risk Haritasının Oluşturulması*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- Dasallas, L., Kim, Y. & An, H. (2019). “Case Study of HEC-RAS 1D–2D Coupling Simulation: 2002 Baeksan Flood Event in Korea”. *Water*, 11, 2048, 1-14
- Demir, F. (2014). *Aşağı Sakarya Nehri Adapazarı Kesimi Taşkın Risk Tayini*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Doğanay, H. (1985). “Erzurum İlinin Doğal Kaynakları-I, Linyit Yatakları”. *Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Araştırma Dergisi*. 16, 109-129.
- DSİ (2008). “Doğu Karadeniz Havzası Taşkınları Üzerine Genel Bir Değerlendirme”. 5. Dünya Su Forumu-Türkiye Bölgesel Hazırlık Toplantıları Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildirileri, 07-08 Ağustos 2008-Trabzon: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü XXII. Bölge Müdürlüğü Yayınları.
- Düden, İ. (2010). *Darıdere Barajının Tedrici Yıkılması ve Yarıktan Çıkan Taşkın HEC-RAS ve Dambrk Programlarında İncelenmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Efe, H. (2014). *Batman Çayı’nın Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması*, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.

- Ercan, B, Yağcı, A. E. & Ünsal, M. (2019). “Kahramanmaraş Domuz (Boğaz) Deresi Kuşaklama Kanalının HEC-RAS Modeli”. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(1), 58-64.
- Erinç, S. (1953). *Doğu Anadolu Coğrafyası*, İstanbul.
- Ersoy, S. B. (2017). *Manisa Kızıldere Taşkın Akımlarının HEC-RAS ile Modellenmesi*, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa.
- Farooq, M., Shafique, M. & Khattak, M. S. (2019). “Flood hazard assessment and mapping of River Swat using HEC-RAS 2D model and high-resolution 12-m TanDEM-X DEM (WorldDEM)”. *Nat Hazards*, 97, 477-492.
- Fural, Ş., Cürebal, İ. & İnan, F. (2019). Elmalı’da (Antalya) Yağışın Tetiklediği Sel Taşkın ve Çamur Akıntısı Afetlerinin Jeomorfolojik Analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* (3): 49-61.
- Geyisa Namara, W.- Adugna Damisse, T. & Gudu Tufa, F. (2022). “Application of HEC-RAS and HEC-GeoRAS model for Flood Inundation Mapping, the case of Awash Bello Flood Plain, Upper Awash River Basin, Oromiya Regional State, Ethiopia”. *Modeling Earth Systems and Environment* 8, 1449–1460, DOI: 10.1007/s40808-021-01166-9
- Hadi, A. M. W. M. H. M. (2017). *Akarsu Üzerindeki Köprülerin Neden Olduğu Kabarmanın Deneysel ve HEC-RAS İle İncelenmesi*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- İçişleri Bakanlığı (2022). *Afet Yönetimi Kapsamında 2019 Yılına Bakış ve Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri*. Ankara: T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları.
- Jha, A. K., Bloch, R., Lamond, J. (2012). *Cities and Flooding- A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*, Washington: World Bank- International Bank for Reconstruction and Development.
- Kalkınma Bakanlığı (2018). *On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği-Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı Yayınları.
- Kara, Ö. (2009). *Su Yüzü Profillerinin HEC-RAS Paket Programıyla İncelenmesi*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Keçik H. E. (2019). *HEC-RAS İle İmalı Deresinde Taşkın Modellemesi ve Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Kılıçer, Ü., Değirmencioğlu, N., Yayvan, M. (2000). *Meteorolojik Kaynaklı Doğal Afetler Alt Komisyon Raporu*, DPT Doğal Afetler Özel İhtisas Komisyonu, Ankara.

- Klimes, J.-Miroslava Benesova, M.-Vilimek, V.- Bouska, P. & Cochachin Rapre, A. (2014). “The reconstruction of a glacial lake outburst flood using HEC-RAS and its significance for future hazard assessments: an example from Lake 513 in the Cordillera Blanca, Peru”. *Nat Hazards* 71. 1617–1638. DOI 10.1007/s11069-013-0968-4
- Koşay, H.Z. & Turfan, K. (1959). Erzurum Karaz Kazısı Raporu, *Belleten* 91. 349-413.
- Koşay, H.Z. (1984). *Erzurum ve Çevresinin Dip Tarihi*, Ankara.
- Kumar, N.- Kumar, M.- Sherring, A.-Suryavanshi, S.-Ahmad, A. & Lal, D. (2020). “Applicability of HEC-RAS 2D and GFMS for flood extent mapping: a case study of Sangam area, Prayagraj, India”. *Modeling Earth Systems and Environment* 6, 397–405. DOI: 10.1007/s40808-019-00687-8
- Mohammad, M.E., Al-Ansari, N. Issa E. I & Knutsson, S. (2016). “Sediment in Mosul Dam reservoir using the HEC-RAS model”. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 21, 235-244.
- Moya Quirogaa V., Kurea, S., Udoa, K. & Manoa, A. (2016). “Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5”, *Ribagua*, 3 (1), 25-33.
- MTA-Maden Teknik Arama Enstitüsü (1980). *Türkiye Maden Envanteri*, Ankara.
- Oğraş, S. (2018). *Dicle Nehri'nin Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması*, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı (2017). *Taşkın Yönetimi*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Özav, L. (1996). *Oltu'nun Beşerî ve Ekonomik Coğrafyası*, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Özcan, O. (2017). Taşkın Tespitinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği”. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3 (1). 9-27.
- Patel, D. P., Ramirez, J.A., Srivastava, P. K., Bray, M. & Dawei Han, D. (2017). “Assessment of flood inundation mapping of Surat city by coupled 1D/2D hydrodynamic modeling: a case application of the new HEC-RAS 5”. *Nat Hazards*, 89, 93-130.
- Raman, A., Fei Liu, F. (2019). “An investigation of the Brumadinho Dam Break with HEC RAS simulation”. *arXiv*, 1-16.
- Rangari, V. A., Umamahesh, N. V. & Bhatt, C. M. (2019). Assessment of inundation risk in urban floods using HEC RAS 2D”. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5, 1839-1851.
- Saatçi Güven, D. (2021). *Şanlıurfa Merkezindeki Karakoyun, Sırrın ve Cıvırsak Derelerinin Taşkın Analizi*. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Şanlıurfa.

- Shrestha, A., Bhattacharjee L., Baral, S., Thakur, B., Joshi N., Kalra, A. & Gupta, R. (2020). "Understanding Suitability of MIKE 21 and HEC-RAS for 2D Floodplain Modeling". *World Environmental and Water Resources Congress*, 237-253.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, (2020a). *Çoruh Havzası Taşkın Yönetim Planı*, Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı Yayınları.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, (2020b). *Çoruh ve Doğu Karadeniz Havzaları Taşkın Yönetim Planının Hazırlanması Projesi- Çoruh Havzası Taşkın Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme Kapsam Belirleme Raporu*. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı Yayınları.
- Taşkın, S. (2021). *CBS Kullanılarak Çeşneli Deresi'nin Taşkın Risk Analizi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Tek, D. (2013). *CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Kağıthane Deresinin (İstanbul) Taşkın Risk Analizi*, Fatih Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tektaş, Y. (2021). *Diyarbakır İli Çınar İlçesi Çakmak Deresinin HEC-RAS İle Taşkın Modellemesi*, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- Topaloğlu, Y. (2008). "Oltu'nun İlkçağ Tarihine Bir Bakış", *Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 8 (41). 153-171
- Tuncer, İ. (2011). *Açık Kanallarda Su Yüzü Profiline Belirlenmesi, Nakkaş Dere Örneğinde Bir HEC-RAS Uygulaması*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Tümertekin, E. (1987). *Ulaşım Coğrafyası*, İstanbul.
- Urzica, A., Miha-Pintilie, A., Stoleriu, C.C., Cîmpianu, C. I., Hutanu, E., Pricop, C. I. & Grozavu, A. (2021). "Using 2D HEC-RAS Modeling and Embankment Dam Break Scenario for Assessing the Flood Control Capacity of a Multi-Reservoir System (NE Romania)". *Water*, 13, 57, 1-28.
- Uslu, G. (2017). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojileri İle Taşkın Tehlikesi Taşıyan Alanların Belirlenmesi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun.
- Utkan, K. (2021). *Kırıkkale Yahşihan İlçesi Karadere'nin (Bağdat Deresi) Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve HEC-RAS İle Bir Boyutlu Modellenmesi*, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.
- Üçüncü, Z. (2018). *Kırıkkale Karadere ve Hodar Derelerinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve HEC-RAS Programında Bir Boyutlu Modellenmesi*, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.

- Üyüklüoğlu, M. (2015). *HEC-RAS ile Taşkın Bölgelerinin Modellenmesi*, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Yozgat.
- Yaylak, M. M. (2016). *Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Bitlis Deresi Taşkın Risk Analizi*, Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bitlis
- Yıldırım, H. (2018). *Türkiye’de Taşkın Haritalarının Bazı Avrupa Ülkelerindeki Uygulamaları İle Karşılaştırılması*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Yıldırım, İ. (2020). *Gevye Karaçay Dersi Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Yüksek, Ö- Anılan, T. & Kankal, M. (2017). Hidrolik. Trabzon: KTÜ MF İnşaat Mühendislik Bölümü 2016-2017 Ders Notları.

<https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754#:~:text=%C3%9C%20k%C5%9F%20ba%C5%9F%C4%B1na%20d%C3%BC%5%9Fen%20kullan%C4%B1labilir,ya%C5%9Fayan%20%C3%BC%20aras%C4%B1nda%20yer%20almaktad%C4%B1r.>

<https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=3>

<https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=4>

<https://www.suhakki.org/2012/10/pakistanda-selin-yaralari-sarilamadi>

<https://www.tarimorman.gov.tr/sygm/belgeler/t%C3%BCrkiye%20su%20kaynaklar%C4%B1%20haritas%C4%B1-07.07.2020/t%C3%BCrkiye%20su%20kaynaklar%C4%B1%20haritas%C4%B1.jpg>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Muhammed İktal KÜÇÜKOĞLU
Eğitim	
Lise:	Yıldızkent İMKB Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	