

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HEC-RAS 2B MODELLEME İLE TERSİP BENDİ
TİPLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osmanca Nuri KARSLIOĞLU

HAZİRAN 2024
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HEC-RAS 2B MODELLEME İLE TERSİP BENDİ
TIPLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Osmancan Nuri KARSLIOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30 / 05 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 27 / 06 / 2024

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tuğçe ANILAN

Tez İkinci Danışmanı : Dr. Emre AKÇALI

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

“HEC-RAS 2B Modelleme ile Tersip Bendi Tiplerinin Karşılaştırılması” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, tez süresinde karşılaştığım zor durumlarda her zaman bana cesaret veren ve yanımda olan, ileride birlikte çalışma fırsatını her zaman isteyeceğim çok kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Tuğçe ANILAN’a şükran ve teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyiminden faydalandığım ve her ihtiyaç hissettiğimde kıymetli zamanını ayıran danışman hocam Sayın Dr. Emre AKÇALI’ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime büyük katkıları bulunan ve hiçbir yardımdan kaçınmayan Sayın Arş. Gör. Hasan Oğulcan MARANGOZ hocama teşekkürlerin en büyüğünü ederim.

Tez savunma jürimde bulunmaları benim için büyük onur olan, değerli hocalarım Prof. Dr. Ömer YÜKSEK ve Doç. Dr. Gökçen ERYILMAZ TÜRKKAN’a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmam sırasında yardımlarıyla tezime büyük katkıda bulunan değerli meslektaşlarım Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürü Sayın Dr. Melike Sezer’e, Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi İzleme ve Tahsisler Şube Müdürü Sayın Mehmet KAYA’ya, Devlet Su İşleri 226. Şube Müdürü Sayın Hamdi KOTAN’a, Devlet Su İşleri 226. Eski Şube Müdürü Sayın Ogün Şükrü TURAN’a ve Sayın Nusret KARAMAN’a teşekkür ederim.

Son olarak, her koşulda yanımda olan ve varlıklarıyla bana güç veren kız kardeşim Dr. Ayşe Nur KARSLIOĞLU, annem Fatma KARSLIOĞLU ve hayat arkadaşım olan eşim Aleyna KARSLIOĞLU’na teşekkürlerin en büyüğünü eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Osmancan Nuri KARSLIOĞLU

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “HEC-RAS 2B Modelleme ile Tersip Bendi Tiplerinin Karşılaştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanlarım Doç. Dr. Tuğçe ANILAN ve Dr. Emre AKÇALI’nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 27/06/2024

Osmancan Nuri KARSLIOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
1.3. Taşkın Kontrol Çalışmaları.....	5
1.3.1. Yapısal Olmayan Taşkın Kontrol Çalışmaları	5
1.3.2. Yapısal Taşkın Kontrol Çalışmaları	5
1.4. Geçirgen Tersip Bentleri.....	8
1.4.1. Ayaklı (Enerji Kırıcı) Tersip Bentleri	9
1.4.2. Dozlayıcı (Izgaralı) Geçirgen Tersip Bentleri.....	9
1.4.3. Dip Savaklı (Sel Kapanı) Geçirgen Tersip Bentleri.....	10
1.4.4. Yarı (Kompozit) Geçirgen Tersip Bentleri	11
1.4.5. Dalgakıran Tip Geçirgen Tersip Bentleri.....	11
1.5. HEC-RAS 6.0.3 ile 2B Sediment Taşınımı Modellemesi	12
1.5.1. 2B Sediment Taşınım Adımları.....	13
1.5.2. 2B Sediment Taşınım Denklemleri	14
1.6. Literatür Taraması.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	21
2.1. Çalışma Alanı	21
2.1.1. Dereli İlçesinin Topoğrafik Özellikleri	22
2.1.2. Dereli İlçesinin Meteorolojik Özellikleri	22
2.1.3. Dereli İlçesinin Erozyon ve Rüşubat Durumu	23

2.1.4. 22 Ağustos 2020 Tarihinde Yaşanan Dereli Taşkınına Genel Bakış	24
2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler	28
2.2.1. Geometrik Veriler	28
2.2.2. Akım Verileri	29
2.2.3. Sediment Verileri	30
2.2.4. Tersip Bentlerinin Tasarlanması	33
2.3. Çalışmada Kullanılan Yöntem	34
2.3.1. Arazi Topoğrafyasının Oluşturulması	35
2.3.2. Nehir Sisteminin Oluşturulması	38
2.3.3. Tersip Bentlerinin Tanımlanması	41
2.3.4. Akım, Sediment ve Pürüzlülük Verilerinin Tanımlanması	44
2.3.5. Kararsız Akış Analizi ve Sonuçların Görüntülenmesi	48
3. BULGULAR VE İRDELEME	49
3.1. Dere Yatağı Değişimlerini Gösteren Çalışmalar	49
3.1.1. Memba Profilleri	49
3.1.2. Mansap Profilleri	51
3.1.3. Memba Mansap Profilleri	53
3.1.4. Memba Mansap Kurp Profilleri	56
3.2. Akış Hızını Gösteren Çalışmalar	57
3.2.1. Memba Profilleri	57
3.2.2. Mansap Profilleri	59
3.2.3. Memba Mansap Profilleri	61
3.3. İmalatsız Dere Yatağı ve Farklı Tip Tersip Bentlerinin Karşılaştırılması	63
3.4. İrdeleme	67
4. SONUÇLAR	72
5. ÖNERİLER	74
6. KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

HEC-RAS 2B MODELLEME İLE TERSİP BENDİ TİPLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Osmancan Nuri KARSLIOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Tuğçe ANILAN
2024, 82 Sayfa

22 Ağustos 2020 tarihinde Giresun ili Dereli ilçesinde meydana gelen taşkın afetinde can ve mal kayıpları yaşanmış olup taşkın yol açtığı zararlar incelendiğinde rüsubat hareketlerinin bu zararda etkin bir rol oynadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, yaşanan taşkın afeti detaylı bir şekilde incelenmiş ve rüsubat hareketliliğinin önlenmesinde sıkça kullanılan yapısal taşkın kontrol yöntemlerinden biri olan tersip bentlerinin kararsız akış altındaki davranışları analiz edilmiştir. HEC-RAS 6.3.1 taşkın modelleme programı kullanılarak, olası bir taşkın anında ve sonrasında dere yatağında herhangi bir yapı bulunmayan durum ile klasik, yarı geçirgen, ayaklı geçirgen ve dalgakıran tip geçirgen tersip bentlerinin tanımlandığı senaryolar karşılaştırılmıştır. Kararsız akış altında dere yataklarında meydana gelen akış değişimleri ve sediment hareketleri sonucunda dere yatağı morfolojisinde meydana gelen değişimler analiz edilmiştir. Taşkın simülasyonu sonucunda dere yatağında meydana gelen değişimler ve akış hızları analiz edilmiş olup taşkın ve rüsubat kontrolünde kullanılabilecek yöntemler irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tersip bendi, Geçirgen tersip bendi, HEC-RAS, 2B modelleme, Taşkın

Master Thesis

SUMMARY

COMPARISON OF CHECK DAM TYPES USING HEC-RAS 2D MODELING

Osmancan Nuri KARSLIOĞLU

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tuğçe ANILAN
2024, 82 Pages

On August 22, 2020, a catastrophic flood event occurred in the Dereli district of Giresun province, resulting in significant loss of life and property. Upon examining the damages caused by the flood, it was determined that sediment movements played a critical role in aggravating the destruction. Using the HEC-RAS 6.3.1 flood modeling software, scenarios were compared in which the riverbed had no structures and was equipped with classical check dams, semi-open check dams, open check dams, and curved-footed type open check dams. The analysis focused on the changes in flow and sediment movements in the riverbed under unsteady flow conditions, as well as the resultant morphological alterations. The flood simulation revealed the changes in the riverbed morphology and flow velocities, leading to the identification of methods that could be employed for effective flood and sediment control.

Key Words: Check dams, Open check dams, HEC-RAS, 2D modeling, Flood

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	22 Ağustos 2022 tarihinde Dereli ilçesinde meydana gelen taşkın	3
Şekil 2.	Giresun Dereli Akkaya Deresi yapılı taşkın kontrol çalışmaları (tersip bendi, brit, taşkın kontrol duvarı)	6
Şekil 3.	(a) Artvin Arhavi Lome Deresi taşkın kontrol duvarları ve brit imalatları, (b) Muğla Köyceğiz Çayhisar Deresi taban kuşağı	7
Şekil 4.	(a) Muğla Ula Turgut Köyü tersip bendi, (b) Trabzon Akçaabat Kof Deresi geçirgen tersip bendi	8
Şekil 5.	(a) Ayaklı geçirgen tersip bendi, (b) Giresun Dereli Akkaya Köyü ayaklı geçirgen tersip bendi	9
Şekil 6.	Giresun Dereli Akkaya Köyü ızgaralı geçirgen tersip bendi	10
Şekil 7.	(a) Dip açıklıklı geçirgen bent tipi, (b) Dip açıklıklı süzücü bent tipi	10
Şekil 8.	Rize ili Paşakuyu Deresi yarı geçirgen tersip bendi	11
Şekil 9.	(a) Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi modeli, (b) Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi biriktirme profili	12
Şekil 10.	Giresun ili ve ilçeleri bulduru haritası	21
Şekil 11.	Dereli ilçesi erozyon taşkın ve rüsubat durumu haritası	24
Şekil 12.	Taşkının meydana geldiği 22 Ağustos 2020 tarihindeki yağış değerleri	25
Şekil 13.	Giresun ve çevresinde gözlenen 24-saatlik toplam yağışların BSMEFFGS alt-havzalarında alansal dağılımı	26
Şekil 14.	Kızılot mevkiinde DSİ tarafından yapılan Kuşluhan Mahallesi'ne geçişi sağlayan menfez imalatı	28
Şekil 15.	Taşkından sonraki gün Akkaya Deresi ile Aksu Deresi'nin birleştiği yerde yapılan rüsubat temizliği çalışmaları	28
Şekil 16.	Dere malzemesinden numune alma işlemi	31
Şekil 17.	Elek analizi grafiği	31
Şekil 18.	Aksu Deresi sediment anahtar eğrisi	33
Şekil 19.	Klasik tersip bendi ölçüleri	34
Şekil 20.	Yarı geçirgen tersip bendi ölçüleri	34
Şekil 21.	Ayaklı geçirgen tersip bendi ölçüleri	34
Şekil 22.	Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi ölçüleri	34
Şekil 23.	Çalışma alanının hâlihazır ve üçgen model haritası	35
Şekil 24.	ArcGis üzerinde oluşturulan 'shp' uzantılı dosyanın koordinat sisteminin belirlenmesi	36

Şekil 25. ArcGis üzerinde çalışma dosyasının eklentileri oluşturma.....	36
Şekil 26. ArcGis üzerinde tin uzantılı dosya oluşturulması	37
Şekil 27. ArcGis üzerinde tiff uzantılı dosya oluşturulması	37
Şekil 28. Çalışma alanının haritası – tiff dosyası formatında	38
Şekil 29. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper tiff dosyası ile arazi topoğrafyasının tanımlanması	38
Şekil 30. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper geometrilerin düzenlenmesi bölümü	39
Şekil 31. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper çalışma alanının ve ağların (mesh) düzenlenmesi.....	39
Şekil 32. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper 2B çalışma yapılacak alanın düzenlenmesi	40
Şekil 33. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper memba ve mansap su giriş çıkışlarının belirtilmesi	40
Şekil 34. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper sediment tabakası (a) oluşturulması (b) tanımlanması	41
Şekil 35. HEC-RAS 6.3.1 ‘Geometric Data’ bölümünden tersip bendi oluşturulması.....	42
Şekil 36. Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi modeli	42
Şekil 37. HEC-RAS 6.3.1’e işlenen tiff dosyasında dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin görünüşü.....	42
Şekil 38. HEC-RAS 6.3.1 oluşturulan tersip bendinin boyutlandırma işlemi	43
Şekil 39. HEC-RAS 6.3.1 oluşturulan tersip bendinin kesit değişim noktalarının kot ve koordinatlarının işlenmesi	43
Şekil 40. HEC-RAS 6.3.1 oluşturulan tersip bendinin dip savaklarının oluşturulması	44
Şekil 41. HEC-RAS 6.3.1 kararsız akış verilerinin programa tanımlanması.....	45
Şekil 42. HEC-RAS 6.3.1 analizlerde kullanılacak hidrografın programa tanımlanması	45
Şekil 43. HEC-RAS 6.3.1 sediment verilerinin tanımlanması.....	46
Şekil 44. HEC-RAS 6.3.1 yatak malzeme gradasyonunun tanımlanması	46
Şekil 45. HEC-RAS 6.3.1 sediment sınır değerlerinin anahtar eğrisi ile tanımlanması	46
Şekil 46. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper Manning pürüzlülük katsayısının tanımlanması	47
Şekil 47. Çalışma alanının Manning pürüzlülük katsayısının belirlenmesi	47
Şekil 48. HEC-RAS 6.3.1 kararsız akış analizi.....	48
Şekil 49. Ras Mapper kullanılarak oluşturulan profil çizgileri	49
Şekil 50. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 1 nolu memba kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	50
Şekil 51. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 2 nolu memba kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	50

Şekil 52. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 3 nolu memba kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	51
Şekil 53. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 1 nolu mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	52
Şekil 54. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 2 nolu mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	52
Şekil 55. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 3 nolu mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	53
Şekil 56. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 1 nolu memba-mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	54
Şekil 57. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 2 nolu memba-mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	55
Şekil 58. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 3 nolu memba-mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	55
Şekil 59. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda memba kurp kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	56
Şekil 60. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda mansap kurp kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler	57
Şekil 61. Çalışma alanının memba bölgesinde belirlenen 1 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri	58
Şekil 62. Çalışma alanının memba bölgesinde belirlenen 2 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri	58
Şekil 63. Çalışma alanının memba bölgesinde belirlenen 3 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri	59
Şekil 64. Çalışma alanının mansap bölgesinde belirlenen 1 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri	60
Şekil 65. Çalışma alanının mansap bölgesinde belirlenen 2 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri	60
Şekil 66. Çalışma alanının mansap bölgesinde belirlenen 3 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri	61
Şekil 67. Çalışma alanının memba-mansap doğrultusunda belirlenen 1 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri	62
Şekil 68. Çalışma alanının memba-mansap doğrultusunda belirlenen 2 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri	62
Şekil 69. Çalışma alanının memba-mansap doğrultusunda belirlenen 3 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri	63

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Giresun ili Dereli Havzası'nın eğim durumu	22
Tablo 2. Giresun ili Dereli ilçesi yağış havzasının genel erozyon durumu	23
Tablo 3. 15 gün süreli AGİ verileri.....	29
Tablo 4. 59 saat süreli Q_{50} taşkın hidrografı	30
Tablo 5. Elek analizi sonucu	32
Tablo 6. Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografın sonucunda memba profil çizgilerinde meydana gelen maksimum birikme ve oyulmalar	64
Tablo 7. Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografın sonucunda mansap profil çizgilerinde meydana gelen maksimum birikme ve oyulmalar	64
Tablo 8. Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografın sonucunda memba-mansap doğrultusundaki profil çizgilerinde meydana gelen maksimum birikme ve oyulmalar	64
Tablo 9. Q_{50} taşkın debisi akışı anındaki memba profil çizgilerindeki su hızları.....	65
Tablo 10. Q_{50} taşkın debisi akışı anındaki mansap profil çizgilerindeki su hızları	65
Tablo 11. Q_{50} taşkın debisi akışı anındaki memba-mansap doğrultusundaki profil çizgilerindeki su hızları.....	66
Tablo 12. Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrograf sonucunda kurp bölgesinde meydana gelen maksimum birikme ve oyulmalar.....	66

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
B	: Kanal genişliği
DSİ	: Devlet Su İşleri
HEC	: Hydrologic Engineering Center
n	: Pürüzlülük katsayısı
Q_s	: Taşınan sediment yükü
RAS	: River Analysis System
SA/2D	: Storage area ve 2 dimensional
Shp	: Shapefile
TIN	: Triangular irregular networks
Tiff	: Tagged image file format
x	: Mesafe
λ_p	: Aktif tabaka gözenekliliği
n	: Kanal yüksekliği
t	: Zaman
1B	: 1 Boyutlu
2B	: 2 Boyutlu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Taşkın; bir akarsuyun çeşitli sebeplerle yatağından taşması veya şehir kanalizasyon şebekelerinden kaynaklananlar hariç olmak üzere, normal şartlar altında kuru olan bir alanın geçici olarak sularla kaplanması sebebiyle arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vererek o bölgedeki ekonomik ve sosyal faaliyetleri kesintiye uğratan bir tabii olaydır (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2020).

Taşkınlar, meydana geldiği bölgenin iklim koşullarına, jeolojik ve topoğrafik özelliklerine bağlı olarak gelişmektedir. Ancak, taşkınların oluşumunda insan faaliyetlerinin de önemli bir etkisi bulunmaktadır. Özellikle taşkın riski taşıyan bölgelerde, önceden alınmayan tedbirlerle devam eden kontrolsüz şehirleşme faaliyetleri ve dere yataklarına yapılan bilinçsiz müdahaleler, taşkın afetlerinin en önemli sebepleri arasında yer almaktadır. Taşkınların temel nedenleri arasında yanlış arazi kullanımları, yukarı havzadan gelen katı maddelerin akarsu yataklarını tıkaması, dere yataklarına yapılan uygunsuz müdahaleler, akarsulardan düzensiz kum çakıl alınması, kapasitesi yetersiz sanat yapıları, izinsiz boru hattı geçişleri, yol yapım çalışmaları, dere yataklarının kapatılması ve akarsulara atık atılması iklim değişikliği yer almaktadır. Bu faktörler, taşkın riskini artırarak daha fazla can ve mal kayıplarına yol açmaktadır (Selek ve Deniz, 2017).

Taşkınlar, doğal afetler arasında önemli bir yer tutan olaylardır ve genellikle çeşitli olumsuz sonuçları beraberinde getirmektedir. Birincil etkiler arasında can kayıpları, evsiz kalmış nüfus, altyapı hasarları, tarım arazilerinde erozyon, su kaynaklarının kirlenmesi ve toplu yerleşim alanlarında su baskınları yer almaktadır. Bu doğrudan etkiler, ev ve iş yerlerinin zarar görmesi, tarım üretiminin azalması ve içme suyu kaynaklarının kirlenmesi gibi sonuçları beraberinde getirir. İkincil etkiler arasında ise sağlık sorunları, su kaynaklarından elde edilen gelir kaybı ve toplumun sosyal yapısında bozulmalar bulunmaktadır. Bu etkiler, taşkınların uzun vadeli etkilerini daha da derinleştirmektedir. Sonuç olarak, taşkınlar sadece anlık zararlara yol açmakla kalmaz, aynı zamanda uzun vadeli sosyo-ekonomik ve çevresel sonuçlarıyla da mücadele edilmesi gereken karmaşık bir probleme işaret eder. Bu nedenle, taşkın riskini azaltma ve etkilerini hafifletme

stratejileri geliştirmek, sürdürülebilir kalkınma ve toplum güvenliği açısından kritik öneme sahiptir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017).

Taşkınlarla mücadelede kullanılan çeşitli stratejiler mevcuttur. İlk olarak, mansap kısmına kontrolsüz akışın engellemesi amacıyla barajlar, göletler ve tersip bendi gibi su biriktirme işlevine sahip yapılar kullanılmaktadır. Bu su depolama yapıları, aşırı yağış dönemlerinde su kütlelerinin mansaba akışını kontrol altına alarak nehirlerin taşma riskini önler ve potansiyel kayıplarını azaltmaktadır. İkinci olarak, dere yatağı eksenine paralel olarak konumlandırılan taşkın kontrol duvarları ve tahkimat yapıları, suyun akışını düzenleyerek taşkın riskini azaltmak için kullanılmaktadır. Bu yapılar, suyun kontrollü bir şekilde tahliye edilmesini sağlayarak taşkın etkilerini sınırlamaktadır. Son olarak, yerel yönetimlerin ve toplulukların acil durum planları ile erken uyarı sistemleri gibi organize önlemler alması, taşkın riskini azaltma açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu çeşitli yöntemlerin entegrasyonu, taşkınların etkilerini en aza indirerek çevresel sürdürülebilirliği arttırabilmektedir.

11 Ağustos 2021 tarihinde Kastamonu ili Bozkurt ilçesinde meydana gelen taşkın felaketi, Türkiye’de son yıllarda gerçekleşen doğal afetler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu trajik olay sonucunda Kastamonu il genelinde toplam 70 kişi hayatını kaybetmiş ve 1480 kişi afetzede olarak tahliye edilmiştir (URL-1, 2023). Yoğun yağışların etkisiyle ilçe merkezlerine yakın konumdaki tomruk depolarındaki odun malzemenin taşkın suları tarafından sürüklenerek akışa kapılması, yıkıcı bir etki yaratmıştır. Ayrıca, yetersiz kesitlere sahip dere geçiş yapılarının tıkanması nedeniyle dere yatağından taşan Ezine Çayı, yerleşim yerlerine zarar vermiştir (Bilgen vd., 2021).

İnsan müdahalesi ile yıkıcı boyutu artarak can ve mal kayıplarına sebep olan taşkınlardan yakın zamanda yaşanan biri ise 22 Ağustos 2020 tarihinde Giresun ilinin çeşitli ilçelerinde gerçekleşen taşkınlardır. Şekil 1’de sunulan Aksu Çayı ile Akkaya Deresi’nin birleşim yerinde bulunan menfez ve köprünün, yukarı havzadan gelen malzemelerle tıkanması sonucunda su dere yatağının dışına taşmış ve taşınan bu malzemeler Dereli ilçe merkezinde hasarlara yol açmıştır. Bu felaketlerden maddi olarak en çok etkilenen ilçe olan Dereli’de, 1 kişi hayatını kaybetmiş, 3 bina yıkılmış ve tüm dükkânlar ile işyerleri su ve suyun getirdiği sediment malzeme ile dolmuş, bu nedenle kullanılamaz hale gelmiştir (Apaydın, 2021).



Şekil 1. 22 Ağustos 2022 tarihinde Dereli ilçesinde meydana gelen taşkın

Türkiye'de son yıllarda yaşanan taşkın afetlerin incelendiğinde, sediment ve odunsu materyallerin akış sırasında sergilediği hareketlerin, taşkının neden olduğu hasar miktarında belirgin bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Taşkın afetleri, canlılara, yerleşim alanlarına, tarım arazilerine ve altyapı tesislerine zarar verebilecek bir tehlike arz etmektedir. Bu nedenle, risk haritaları ve raporlarının hazırlanması bir zorunluluktur. Risk haritaları ve taşkın raporlarına dayanarak, gerekli önlemlerin alınması kritik önem taşır. Bu haritalar ve raporlar oluşturulurken, taşkın modelleme çalışmalarında sediment faktörünün titizlikle ele alınması gerekmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışması, Giresun ili, Dereli ilçesinde 22 Ağustos 2020 tarihinde meydana gelen taşkın afetini incelemeyi ve Aksu Havzası'nda belirlenen çalışma alanında gerçekleştirilen taşkın ve rüsubat modelleme çalışmalarını ele almaktadır. Çalışma kapsamında, Hydrologic Engineering Center's River Analysis System (HEC-RAS) yazılımının iki boyutlu (2B) taşkın ve sediment modellemesi kullanılarak, çeşitli tersip bendi tipleri kararsız akış şartları altında karşılaştırılmıştır. Analizlerde kullanılan akım verileri, çalışma alanında bulunan Akım Gözlem İstasyonu'ndan (AGİ) alınan debi değerleri ve çalışma alanına özgü taşkın hidrografları temel alınarak oluşturulmuştur. Modelleme sürecinde kullanılan sediment verileri, çalışma havzasına ait sediment anahtar eğrisi ve saha içerisinde toplanan dere yatağı malzemesinin laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilmiştir. Çalışma sahasındaki dere yatağının

pürüzlülük katsayısını belirlemek adına, dere yatağına ait malzeme cinsi, kanal yamaçlarındaki şev yapıları, kanal kesit değişimleri, kanal üzerindeki engel durumları, kanal bitki örtüsü ve kanalın kıvrım parametreleri detaylı bir şekilde belirlenmiştir. Bu veriler, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından belirlenmiş Manning Pürüzlülük Katsayısı Belirleme Tablosu ile uyumlu bir şekilde değerlendirilmiş ve çalışma sahasına özgü pürüzlülük katsayısı elde edilerek HEC-RAS programına tanımlanmıştır. Çalışma sahasının hâlihazır haritası kullanılarak arazinin topoğrafyası HEC-RAS programına aktarılmış ve programa tanımlanması planlanan tersip bendi tiplerine altlık oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan tersip bentleri, HEC-RAS programında tanımlanan klasik, yarı geçirgen, ayaklı geçirgen ve dalgakıran tip geçirgen olmak üzere dört farklı tipte incelenmiştir. Akış ve rüsubat hareketi altında HEC-RAS programına tanımlanan tersip bendi tiplerinin memba ve mansap kısımlarında meydana gelen akış hızı ve arazi topoğrafyasındaki değişimler incelenmiş; ayrıca sonuçlar, çalışma bölgesinde herhangi bir taşkın kontrol tesisi bulunmayan model ile karşılaştırılmıştır.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, genel bilgileri içermekte olup bu bölümde taşkınlar, taşkın kontrol çalışmaları ve taşkın modelleme konularında genel bilgiler sunulmuştur. Taşkın modellemeleri üzerine yapılan literatür çalışmaları incelenmiş ve bu çalışmalar hakkında özet bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde, Giresun ili Dereli ilçesindeki Aksu Havzası tanıtılmış ve yapılan çalışmalar açıklanmıştır. Bu kapsamda, çalışma alanının genel özellikleri ve kullanılan geometri, akım, sediment ve tersip bentleri tiplerine dair veriler sunulmuştur. Ayrıca, HEC-RAS 2B taşkın ve sediment modellemesi oluşturmak için gerçekleştirilmesi gereken işlemlere dair detaylı bilgiler bu bölümde yer almaktadır.

Üçüncü bölümde, taşkın ve rüsubat modellemesi yapılan dere yataklarında, taşkın kontrol tesisi bulunmayan senaryo ile klasik, yarı geçirgen, ayaklı geçirgen ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendi olmak üzere dört farklı tip tersip bendinin araziye tanımlandığı durumlar incelenmiş ve analiz sonuçları sunulmuştur. Bu çerçevede, 2B kararsız akış modellemesi sonuçları açıklanmıştır.

Dördüncü bölüm, araştırmanın sonuçlarını içermekte olup bu bölümde analiz bulguları karşılaştırılarak özetlenmiştir. Beşinci bölüm olan öneriler kısmında ise elde edilen verilerin yorumlanmasıyla birlikte taşkın ve rüsubat kontrolü için tavsiyelerde bulunulmuştur. Altıncı bölümde çalışmada kullanılan kaynak bilgileri sunulmuştur.

1.3. Taşkın Kontrol Çalışmaları

1.3.1. Yapısal Olmayan Taşkın Kontrol Çalışmaları

Yapısal olmayan taşkın kontrol çalışmaları, temelde taşkın risklerinden korunmayı hedeflerken, korunma mümkün olmadığında oluşabilecek zararları en aza indirme, meydana gelen zararların etkilerini azaltma ve tüm bu süreçleri doğal çevreyi koruyan ve geliştiren bir şekilde ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle uyumlu bir biçimde uygulama amacını taşımaktadır.

Yapısal olmayan taşkın kontrol çalışmaları kapsamında, gelişmiş ülkeler; doğru arazi kullanımı, hidro-meteorolojik gözlemler, meteorolojik radarları ve otomatik yağış istasyonlarıyla erken ve doğru tahminleri ve gelişmiş erken uyarı sistemleriyle taşkın riskini minimize ederek, can ve mal kayıplarının azaltılmasını başarmaktadırlar (Kerim ve Süme, 2019). Ayrıca, taşkınlarda her türlü senaryoya hazırlıklı olmak için kamuya bağlı kurum ve kuruluşlarda yazılı ve görsel basında tatbikatlar yapılması ve kriz merkezi oluşturulması da yapısız taşkın kontrolünün önemli bileşenidir. Bunun dışında, taşkın sigortası, riskli bölgelere yerleşim izini verilmemesi, ağaçlandırma, halkın taşkın konusunda bilinçlendirilmesi ve taşkın öncesi, sırasında ve sonrasında kurumların ve yerel yönetimlerin çözüm odaklı çalışmalar yapması ve kurumlar arası koordinasyonun kuvvetli olması da yapısal olmayan taşkın kontrol çalışmalarına örnek verilebilir (Kirmencioğlu, 2015).

1.3.2. Yapısal Taşkın Kontrol Çalışmaları

Taşkın kontrol tesisleri, akarsuların geçtiği güzergâhın özelliklerine bağlı olarak, hidrolik kriterler çerçevesinde farklı taşkın tekerrür debilerinde taşkın kontrolünü sağlayan yapılar olarak tasarlanır. Bu tesisler, taşkın anındaki suyu risk taşıyan alanlardan uzak tutma amacını taşıyan akarsu yatağı düzeltme ve düzenleme çalışmalarını içerir. Ayrıca, taşkın kontrol duvarları, setler, derivasyon kanalları ve şehir yağmur suyu boşaltım sistemleri gibi kontrol amaçlı tesisleri içerirler. Bunun yanı sıra baraj ve sel kapanları gibi suyun akış rejimini düzenleyen depolamalı tesisleri de kapsarlar (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017). Şekil 2’de ülkemizde sıklıkla kullanılan taşkın kontrol yapılarına örnekler gösterilmiştir.



Şekil 2. Giresun Dereli Akkaya Deresi yapılı taşkın kontrol çalışmaları (tersip bendi, brit, taşkın kontrol duvarı)

Taşkın kontrol duvarları (Şekil 3a), akarsuların ıslahı için kullanılan ve akarsu düzenlemesini sağlayan yapı çeşitleridir. Bu duvarlar, üniform kesitler oluşturmanın yanı sıra yerel kıyı koruma yapıları olarak da kullanılabilir. Tasarlanırken, akarsu yönetimi, kıyı koruma stratejileri ve çevresel etkiler dikkate alınmalıdır. Duvar temellerinde hidrolik, yapısal ve geoteknik faktörlerin etkileşimi sağlanarak sürekli ve periyodik taban seviyesi alçalması, oyulma problemleri, şev ve taban stabilitesi gibi önemli hususlar hesaplanmalı ve belirlenmelidir (URL-2, 2023).

Taban kuşakları (Şekil 3b), geniş tabanlı doğal yataklarda malzeme hareketini durdurmak ve mansaba intikalinin devamını önlemek amacıyla inşa edilen enine yapılar olarak işlev görür. Bu yapılar, derelerde sedimentin taşınmasını kontrol eder, oyulmaları engeller ve düzenli bir akım sağlar. Projelendirme sürecinde, yöredeki malzemenin durumuna bağlı olarak kâgir veya beton malzeme kullanılabilir (Dinçsoy, 2008).

Eğer doğal ve düzenlenmiş derelerde rüsubat problemi bulunmuyor ancak dere yataklarında oyulma varsa, eğimi düşürerek dere yatağı erozyonunu önlemek amacıyla britler (Şekil 3b) inşa edilmektedir (Dinçsoy, 2013).



Şekil 3. (a) Artvin Arhavi Lome Deresi taşkın kontrol duvarları ve brit imalatları, (b) Muğla Köyceğiz Çayhisar Deresi taban kuşağı (URL-3, 2023; URL-4, 2023)

Fazla miktarda sediment taşıyan ve bu nedenle mansapta çeşitli problemlere neden olan akarsularda, sediment kaynaklarına yukarı havza erozyon ve sediment kontrol önlemleriyle müdahale olanağı bulunmadığı (sediment oluşumunun kayalık alanlardaki fiziki ayrışma, yol inşaatı artıklarından kaynaklanması vb.), sediment oluşumunun kabul edilebilir ölçüde önlenemediği ya da sedimentin tersip bentleriyle depolanmasının yukarı havza erozyon ve sediment kontrol önlemlerine göre çok avantajlı olduğu durumlarda, sedimentin mansaba taşınmadan kontrolü düşünülmektedir (Dinçsoy, 1991). Yağış havzalarından kaynaklanan sedimenti mansaba intikal etmeden depolamak amacıyla akarsu yataklarında inşa edilen enine yapılara tersip bendi ya da biriktirme barajları denmektedir (Dinçsoy, 2008). Klasik adı altında yapımı gerçekleştirilen ve geleneksel bir yöntem olan tersip bentleri günümüzde ülkemizin çeşitli bölgelerinde bulunmaktadır (Şekil 4a).

Dere yatağı boyunca memba kısmından mansap kısmına doğru hareket halinde olan sediment hareketinin kontrolü amacıyla dere yataklarına yapılan enine yapılar olan tersip bentleri yıllar içinde çeşitli ihtiyaçlar karşısında şekil değiştirmiştir. Klasik tip olarak adlandırılan ve ülkemizde de sıklıkla yapımı gerçekleştirilen tersip bentlerinin rezervuar kısımları zaman içinde derelerin taşıdığı sediment malzeme ile dolmakta ve işlevini yitirmektedir. Sıklıkla bu rezervuar alanlarının temizlenmesi gerekmekte, bu da tersip bentlerinin bağlı oldukları kuruluşlara ek bir yük olmaktadır. Yeni ihtiyaçlar karşısında tasarlanan ve inşa edilen geçirgen tersip bentleri (Şekil 4b) olası bir taşkın veya normal bir akıntı halinde odunsu ve kaba malzemeyi tutarak derenin olağan akışını engellememekle birlikte, enerji kırıcı görevi de görmektedirler (Akçalı, 2018). Geçirgen tersip bentleri ile ilgili detaylı bilgi Bölüm 1.4.'de verilmiştir.



Şekil 4. (a) Muğla Ula Turgut Köyü tersip bendi, (b) Trabzon Akçaabat Kof Deresi geçirgen tersip bendi (URL-5, 2023; URL-6, 2023)

1.4. Geçirgen Tersip Bentleri

Ülkemizde ve dünyada, fiziksel ve sayısal taşkın modelleme çalışmalarında genellikle su akışı ve sediment hareketine odaklanılmıştır. Ancak, yukarı havzalarda ormanlık alanlara sahip nehir yataklarındaki taşkın olaylarında, su ve sedimentin yanı sıra mansap yönünde hareket eden odunsu materyaller de önemli bir parametre olarak göze çarpmaktadır (Ruiz-Villanueva vd., 2019; Piton vd., 2020). Odunsu materyal ve sediment hareketlerinin akış ile aynı anda gerçekleşmesi taşkın yönetimini zorlaştırmaktadır. Bu ihtiyaçtan dolayı ortaya çıkan geçirgen tersip bentleri 1970’li yıllardan itibaren ülkemiz dahil dünyanın çeşitli bölgelerinde uygulanmaktadır.

Geçirgen tersip bentleri, gövdesindeki uygun açıklıklar sayesinde taşkın anında ince sedimentin düşük bir hızda geçmesine olanak sağlarken kaba sedimentin ve odunsu materyalin hapsolmasına olanak sağlayan bir tasarıma sahiptir (Maricar ve Hashimoto, 2014; Sun vd., 2018). Geçirgen tersip bentlerinin en kalın sedimenti depolama ve daha ince sedimenti deşarj etme işlemi, temel olarak ayakların arasındaki açıklıklara bağlıdır (Li vd., 2019).

Çeşitli tiplerde yapımı gerçekleştirilen geçirgen tersip bentleri, özellikle büyük taşkınlar sırasında taşınan odunsu malzeme, sediment vb. rüsubi malzemeleri kontrol ederek bir nehir havzasının yönetimi ve geliştirilmesinde önemli rol oynarlar (Akçalı vd., 2016). Geçirgen tersip bendi tiplerine örnek olarak ayaklı (enerji kırıcı), dozlayıcı (ızgaralı), sel kapanı (dip savaklı), yarı (kompozit) ve dalgakıran tip örnek verilebilir. Son yıllarda dünya genelinde geliştirilen yapılar genellikle, demir profilli ızgara ve beton

ayaklardan oluşan geçirgen tersip bendi tipleridir. Bu yapılar, özellikle filtreleme yetenekleri ile dikkat çekmektedir. Çeşitli geçirgen tersip bendi tiplerine ait detaylı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

1.4.1. Ayaklı (Enerji Kırıcı) Tersip Bentleri

Ayalı veya bir diğer adıyla enerji kırıcı tersip bentleri (Şekil 5) dere akışlarındaki suyun kinetik enerjisini absorbe etmek ve aynı zamanda büyük kaya bloklarını ve ağaçları etkili bir şekilde tutmak için inşa edilmektedir. Betonarme ayaklar, su akışına dik bir tarak şeklinde konumlandırılarak oluşturulur. Bu ayaklar, çelik saç levhalar ile kaplanarak kaya bloklarının çarpma etkilerinden korunmaktadır. Bentler, sistemli bir düzen içinde yerleştirilmiş olup genellikle akışın en zayıf noktasında konumlandırılır. Ayak aralıkları, havzanın özelliklerine bağlı olarak belirlenir ve tutma işlevini yerine getirecek kaya bloğu ve ağaç uzunluğu dikkate alınarak ayarlanır (Akçalı ve Anılan, 2021). Doğu Karadeniz Havzası'nda son yıllarda sayıları artan yenilikçi taşkın kontrol yapıları arasındadır.



Şekil 5. (a) Ayaklı geçirgen tersip bendi, (b) Giresun Dereli Akkaya Köyü ayaklı geçirgen tersip bendi (URL-7, 2022)

1.4.2. Dozlayıcı (Izgaralı) Geçirgen Tersip Bentleri

Dozlayıcı veya bir diğer adıyla ızgaralı geçirgen tersip bentleri dere akışlarıyla taşınan ve enerji kırıcı bentleri aşabilen kaya blokları, küçük taşlar, çakıllar ve görece küçük ağaçlar, dallar ve köklerin tuzaklanmasını sağlamak üzere tasarlanılmışlardır. Enerji kırıcı geçirgen tersip bendi benzeri bir ayak yapısına sahiptir ve ek olarak, ayak aralarında

aralıklı ızgaralar bulunmaktadır. Izgara aralıkları, havza karakteristiklerine bağlı olarak tutulması amaçlanan kaya bloğu ve ağaç uzunluğunun boyutuna göre belirlenir. Ayaklı bendin mansabında, sistemli bir uygulama ile yer alırlar (Akçalı ve Anılan, 2021). Doğu Karadeniz Havzası'nda son yıllarda sayıları artan yenilikçi taşkın kontrol yapıları arasındadır. Şekil 6'da gösterilen dozlayıcı (ızgaralı) geçirgen tersip bendi Giresun ili Dereli ilçesi Akkaya Köyü'nde bulunmaktadır.



Şekil 6. Giresun Dereli Akkaya Köyü ızgaralı geçirgen tersip bendi

1.4.3. Dip Savaklı (Sel Kapanı) Geçirgen Tersip Bentleri

Dip savaklı geçirgen tersip bentleri (Şekil 7), taşkın suyu miktarının düzenlenmesi, taşkın sularının enerjisini kontrol altına alma, akarsuyun doğal ekosistemini koruma ve balık geçişlerine imkân tanıma amacıyla tercih edilen geçirgen tersip bendi tiplerinden biridir.



Şekil 7. (a) Dip açıklıklı geçirgen bent tipi, (b) Dip açıklıklı süzücü bent tipi (Akçalı, 2018; Çelik vd., 2017)

1.4.4. Yarı (Kompozit) Geçirgen Tersip Bentleri

Doğu Karadeniz Havzası'nda uygulanan bir diğer geçirgen tersip bendi tipi ise yarı geçirgen (Şekil 8) adı verilen klasik ve geçirgen tersip bendi karışımı olan bent tipidir. Bu tip tersip bendinin belli bir yüksekliğe kadar enine boşluksuz bir kütle, bu yükseklikten üstünde de ayaklı geçirgen tersip bentlerinde görülen tırmıklar bulunmaktadır. Bu tersip bendi tipinin alt kısmı taşkın sırasında akışla birlikte gelen kum, çakıl gibi rüsubi malzemenin tutulmasına, üst kısmı ise odunsu malzemenin mansaba akışını engellemeye fayda sağlamaktadır.



Şekil 8. Rize ili Paşakuyu Deresi yarı geçirgen tersip bendi (URL-8, 2023)

1.4.5. Dalgakıran Tip Geçirgen Tersip Bentleri

Geçirgen tersip bentleri, taşkın sırasında odunsu materyallerin mansap bölgesine akışını engelleyerek kritik bir rol oynamaktadır. Ancak taşkın esnasında akışın aşırı artması durumunda, sediment ve odunsu malzemenin birleşmesi sonucu geçirgen tersip bentlerinin tıkanması ve malzeme tuzaklama verimliliğinin düşmesi mümkündür. Geçirgen tersip bentleri sediment, odunsu materyal ve diğer artıklar tarafından tıkanıldığında sediment taşıma işlevlerini kaybetmekte ve klasik tersip bendi gibi davranmaktadırlar (Xie vd., 2017). Bu durum, deşarj kapasitelerini önemli ölçüde etkileyebilmekte ve sonrasında gelen moloz akışları barajlara zarar verebilecek silt birikimine neden olabilmektedir (Chen vd., 2020).

Bu sorunları aşmak amacıyla Anılan ve Akçalı (2023) tarafından Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü Laboratuvarında yapılan deneysel çalışmalarla dalgakıran tipi geçirgen tersip bendi tasarlanmıştır. Bu tip geçirgen tersip bendi, akış halindeki odunsu malzemeyi bendin sağ ve sol taraflarına biriktirerek bendin ön kısmını açık tutma özelliğine sahiptir. Bu sayede taşkın sırasında kısa vadede odun tıkanması önlenmekte ve taşkın kontrol tesisi etkili bir şekilde çalışmaya devam etmektedir.



Şekil 9. (a) Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi modeli, (b) Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi biriktirme profili (Akçalı ve Anılan, 2021)

1.5. HEC-RAS 6.0.3 ile 2B Sediment Taşınımı Modellemesi

Nehirlerdeki sediment taşınımını analiz etmek için deneysel ve analitik yöntemler bulunmaktadır. Deneysel yöntem, hidrolik özellikler ile sediment davranışı arasındaki ilişkiyi fiziksel deneyler veya saha ölçümleriyle analiz eder. Deneysel analizin sonuçları gerçekçi olduklarından güvenilirdir, ancak dezavantajları vardır. Verilerin toplanması önemli bir çaba gerektirir ve fiziksel model kullanıldığında deformasyon veya ölçek etkisi ortaya çıkmaktadır. Analitik yöntem ise, akış ve sediment taşınımının korunum denklemlerini kullanarak matematiksel çözümler elde etmektedir.

Doğada akış özellikleri oldukça karmaşıktır ve sürekli olarak türbülans, dikey akış hızı dağılımı ve birçok diğer etkenlerin etkisiyle değişmektedir. Akış özelliklerinin karmaşıklığı ve sürekli değişimi, sediment taşınımının analizini de zor hale getirmektedir. Bu nedenle, sediment taşınım hesaplamasının doğruluğunu artırmak için çeşitli yaklaşımlar uygulanmıştır.

HEC-RAS modeli, modelin performansını artırmak için sürekli olarak güncellenmiştir. Nehir yatağı değişimini simüle edebilen en sık kullanılan sayısal modellerden biridir. Genel olarak havzanın büyüklüğüne ve simülasyon süresine göre 1B ve 2B modeller ayrı ayrı kullanılmaktadır. Genellikle oyulma süreci nehir yatağının memba kısmından başlamaktadır. HEC-RAS modeli, sediment taşınım hesaplaması sırasında nehir yatağını aktif ve pasif tabaka olarak ayırır. Aktif tabaka sediment taşınımının gerçekleştiği bölge iken, pasif tabakada sediment taneciklerinin hareketi yoktur (Lee ve Ahn, 2023).

Hidrolojik Mühendislik Merkezi, 2B sediment taşınım analizi özelliğini 6.0 sürümünde beta olarak sunmuş ve 6.1 sürümünde resmi olarak yayınlamıştır. HEC-RAS 6.1 sürümü, sediment verilerini programa tanımlayarak sediment akışını ve yatak değişikliklerini başarıyla simüle etme imkânı sunmaktadır. 2B sediment taşınım analizi, suyun akış hızı, yönü ve yatağın eğimi gibi çeşitli faktörleri göz önüne alarak suyun akışı sırasında su yatağında ve çevresindeki sedimentlerin hareketini detaylı bir şekilde modelleme olanağı sağlamaktadır. Detaylı arazi verilerini kullanarak her ızgara hücresinde topoğrafya ve yatak granülasyon bilgilerini entegre etmektedir. Bu yaklaşım, model doğruluğunu artırırken nispeten kaba hesaplama ızgaralarını kullanarak hesaplama sürelerini optimize etmektedir. 2B morfodinamik alt ızgara modelleme yaklaşımı, 1B simülasyonlarla benzerlik gösterir; ancak ıslanma ve kuruma, yatak pürüzlülüğü, erozyon, çökme, yatak kompozisyonu ve katmanlama gibi birçok 2B özgül süreci alt ızgara düzeyinde çözmektedir. Kullanıcılar, yatağı dikey katmanlara bölebilmekte ve HEC-RAS, 2B alan boyunca yatak sıralama, katmanlama ve stratigrafiyi hesaplamaktadır. 2B sediment yaklaşımı, hidrodinamik ve morfodinamikleri yüksek çözünürlükte ve düşük çözünürlükte özellik tablolarını kullanarak ayrı ayrı simüle etmektedir (Sanchez ve Gibson, 2022).

1.5.1. 2B Sediment Taşınım Adımları

HEC-RAS 2B sediment taşınım analizi yapmak için şu adımları takip etmek gerekmektedir:

- Proje hazırlığı: Çalışma alanının geometrisini ve özelliklerini içeren bir HEC-RAS projesi oluşturulması gereken ilk adımdır.
- Sınır koşulları ve parametre ayarları: Akış koşulları, zemin özellikleri ve diğer parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

- Ağ modelleme: Çalışma alanındaki nehir yataklarını ve nehir yataklarına bağlanan su kaynaklarını içeren bir ağ modeli oluşturulur.
- 2B sediment taşınım ayarları: HEC-RAS'ta 2B sediment taşınım analizi için gerekli ayarlar ve veriler tanımlanmalıdır.
- Analiz yürütme: Oluşturulan taşkın modeli çalıştırıldıktan ve analiz tamamlandıktan sonra suyun akışı ve sediment taşınımıyla ilgili çeşitli sonuçlar elde edilmektedir.
- Sonuçların değerlendirilmesi: Elde edilen sonuçlar, nehir yatağındaki akış ve sediment taşınımıyla ilgili kapsamlı bir değerlendirme yapılmasına yardımcı olmaktadır.

1.5.2. 2B Sediment Taşınım Denklemleri

Sığ su, Navier-Stokes momentum ve taban sürtünme katsayısı denklemleri HEC-RAS 2B sediment analizinde kullanılan başlıca hidrolik denklemlerdir. Sığ su denklemleri, hidrostatik dengede sığ bir sıvı katmanını tanımlayan ve üç boyutlu analizin basitleştirilmesine olanak tanıyan bir denklemler bütünüdür. Bu yaklaşım, dikey uzunluk ölçeğinin yatay ölçekten çok daha küçük olduğunu varsaymaktadır. Diğer varsayımlar arasında sıkıştırılamaz akış, homojen yoğunluk ve hidrostatik basınç bulunmaktadır. Navier-Stokes momentum denklemi, basınç hidrostatik olduğunda ve yatay ölçek dikey ölçekten büyük olduğunda kullanılabilir. Taban sürtünme katsayısı Manning formülü kullanılarak elde edilmektedir (Brunner, 2022; Shrestha, 2022).

HEC-RAS sediment taşıma ve biriktirme modellemesi yaparken, sediment süreklilik denklemi olarak da bilinen Exner denklemini kullanmaktadır.

$$(1 - \lambda_p) * B * \frac{\delta n}{\delta t} = - \frac{\delta Q_s}{\delta x} \quad (1)$$

Bu formülde B kanal genişliği, n kanal yüksekliği, λ_p aktif tabaka gözenekliliği, t zaman, x mesafe ve Q_s taşınan sediment yüküdür.

Exner denklemi, tipik süreklilik denklemleri gibi, bir kontrol hacmine giren ve çıkan sediment arasındaki farkın depolanması veya depodan çıkarılması gerekliliğini ifade eder. Exner denkleminin özgün özelliği, sediment depolamanın su ile çok fazlı bir karışım olarak

yatağa depolanması ve kütle değişimini hacim değişimine çevirmek için gözenekliliğin kullanılması gerekliliğidir. Exner denklemi, akışa giren ve çıkan yükler arasındaki farkı yatak değişimine dönüştürerek, sedimentin erozyonla ortamdan uzaklaştırılmasını veya biriktirilmesini sağlar.

HEC-RAS, her bir en kesite ilişkin bir kontrol hacmi için (Q_{s-out}), bu hacme giren ana akış hacmi veya yerel kaynaklardan (yan sediment yükleri vb.) gelen sediment girişine (Q_{s-in}) karşı bir sediment taşıma kapasitesi hesaplayarak sediment süreklilik denklemini çözer. Eğer kapasite, arzdan büyükse, HEC-RAS bu farkı erozyon yoluyla karşılamaktadır. Eğer arz, kapasiteyi aşıyorsa, HEC-RAS sediment fazlasını biriktirmektedir (Lee ve Ahn, 2023).

1.6. Literatür Taraması

Aşağıda, bu tez çalışmasının konusu kapsamında yapılmış araştırma ve çalışmaların özet bilgileri yıl sırasına göre sunulmuştur.

Baeza (2008), Amerika Birleşik Devletleri Teksas eyaletinde bulunan El Paso şehrindeki drenaj havzasının hidrolojik özelliklerini incelemiş, doğal arroyolardaki (dik kenarlı oyuk) sediment birikimini analiz etmiş ve mevcut drenaj yapılarının performansını değerlendirmiştir. HEC-RAS yazılımıyla gerçekleştirilen 1B modelleme çalışmaları, 01 Ağustos 2006 tarihli fırtına olayı sırasında kanalların ve yapısal bileşenlerin hidrolik performansını kararlı durum ve yarı kararsız akış koşulları altında karşılaştırmak amacıyla yürütülmüştür.

Thierumaran (2009), Amerika Birleşik Devletleri Nevada eyaletinde bulunan Walker Gölü'ndeki su kalitesinin azalmasına yol açan su seviyesi düşüşü, artan ince taneli sediment miktarı ve sediment birikiminin sorunlarına dikkat çekerek, Walker Gölü Havzası'nda sediment taşınımı ve su kalitesinin korunmasını hedefleyen çeşitli çalışmalar yürütmüştür. Çalışmada HEC-RAS modeli, akışların artışlarına bağlı olarak erozyon ve sediment taşınımının potansiyelini tahmin etmek için kullanılmıştır.

Ghimire (2016), Amerika Birleşik Devletleri Kentucky eyaletinde yer alan Ohio Nehri üzerine inşa edilen Olmsted Barajı bölgesindeki sediment birikimlerini ve nehir tarama sorunlarını HEC-RAS'ın 1B analizini kullanarak araştırmıştır. Bu çalışmada, baraj membası ve kanal havuzundaki nehir yatağında gerçekleşen sediment birikiminin uzun vadeli etkileri incelenmiştir.

Mohammed vd. (2016), Irak'ın kuzeyinde bulunan Dicle Nehri üzerinde konumlanan Musul Barajı'nın ve çevresindeki Al-Jazeera sulama projelerine su temin eden pompalama istasyonunda yaşanan sediment birikmesi sorununu ele almak amacıyla baraj rezervuarına akış sağlayan on yan vadinin akım, pürüzlülük ve sediment verilerini kullanarak HEC-RAS programı 4.1 sürümü ile 1B sediment analizi gerçekleştirmişlerdir. Bu analizler, rezervuardaki sediment hareketlerini yıllar içinde incelemeyi amaçlamaktadır.

Mustafa vd. (2017), Irak'ın Fırat Nehri üzerinde yer alan Haditha Barajı'nın havzasındaki 124 kilometrelik bir bölgede sediment taşıma ve su kalitesini incelemeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, gözlemlenen ve hesaplanan pürüzlülük ve hidrolik verileri kullanılarak, HEC-RAS modelinin 4.1.0 sürümünün 1B sediment analizi bölümü ile gerçekleştirilmiştir.

Dahl vd. (2018), Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Mississippi Nehri'ndeki sediment hareketlerinin neden olduğu nehir yatağı morfolojisindeki değişiklikleri incelemek amacıyla, yaklaşık 520 kilometrelik bir hatta HEC-RAS 5.0.3 sürümü ile 1B modelleme gerçekleştirmiş ve bu modelin sonuçlarını çalışma alanındaki gözlemlerle karşılaştırmıştır. Bu bağlamda, HEC-RAS tarafından gerçekleştirilen sediment modellemesinden elde edilen sonuçların, çalışma sahasındaki verilerle ne kadar uyumlu olduğu detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Ducioame (2018), Amerika Birleşik Devletleri Kuzey Dakota eyaletinde yer alan Tongue Nehri üzerine inşa edilen dokuz barajın, Cavalier kentindeki nehir kıyılarının erozyonuna neden olan nehir su seviyesinin düşmesini önlemek amacıyla planlanan inşaatların etkilerini HEC-RAS sediment analizi kullanarak incelemiştir.

Mohammed vd. (2018), Fırat Nehri'nde, yaklaşık 6 km uzunluğundaki bir bölgenin sediment taşıma kapasitesini belirlemek amacıyla HEC-RAS 4.1.0 sürümü ile 1B sediment modellemesi gerçekleştirmiştir. Yapılan bu modelleme çalışması sonucunda, Fırat Nehri'nin düz ve kıvrımlı topoğrafyasının sediment taşınımına olan etkileri hakkında kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Önder (2018), Türkiye'nin Samsun ilinde yer alan Terme Nehri üzerinde, 2014, 2015 ve 2016 yıllarında gerçekleşen taşkın felaketlerinin verilerini kullanarak, nehir morfolojisindeki değişikliklerin hidrodinamik analizlere etkisini incelemek amacıyla MIKE programını kullanmıştır. Bu çalışma, 1B ve 2B sediment analizlerini içermekte olup taşkınlar altında nehir yatağındaki değişikliklerin su hareketleri üzerindeki etkisini araştırmıştır.

Rehman vd. (2018) yaptıkları çalışmada, başarılı bir şekilde boşaltılmış üç farklı rezervuarın sediment birikimi verileri ve bu sedimentin temizlenme süreleri, HEC-RAS 4.1.0 sürümü kullanılarak gerçekleştirilen 1B sediment analizi ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Weise (2018), Kanada'nın Batı Kanada Bölgesindeki British Columbia eyaletinde bulunan Cheakamus Barajı'ndaki sediment hareketlerini, farklı Manning pürüzlülük katsayılarını HEC-RAS 1B sediment analizine tanımlayarak incelemiştir. Bu sediment hareketlerinin zarar, süre ve akış grafiklerini oluşturmaya çalışarak bu grafikler yardımıyla olası tahliye senaryolarının daha verimli olmasını amaçlamıştır.

Joshi vd. (2019), Amerika Birleşik Devletleri Ohio eyaletinde bulunan Maumee Nehri'nde sediment hareketlerinin neden olduğu nehir yatağı morfolojisinin değişikliğini araştırmak amacıyla HEC-RAS 5.0.1 sürümü 1B modelleme kullanmışlardır. Bu çalışma, nehir ve çevresinde yapılacak altyapı ve hidrolik yapı projelerinin uygulanmasına uzun vadeli rehberlik edecek veriler sunmayı hedeflemiştir.

Daham vd. (2020), Irak'ta bulunan Al-Gharraf Nehri'nin Kut ve Hai şehirleri arasında kalan 58 kilometrelik güzergâhındaki akış ve sediment hareketlerini incelemek amacıyla HEC-RAS 5.0.4 sürümü yazılımını kullanmışlardır. Çalışmada, nehrin mevcut durumu ile belirli bölgelere beton kaplama uygulanan durumu karşılaştırarak sediment birikimi ve yatak erozyonu analizi yapılmıştır.

Hussain ve Shahab (2020), Pakistan'ın en uzun nehri olan Indus Nehri'nin yukarı havzasındaki Thakot Hidroelektrik Santrali'nin rezervuarındaki sediment birikiminin, planlanan Diamer Basha ve Dasu barajlarının inşasının ardından nasıl değişim göstereceğini incelemek amacıyla HEC-RAS 5.0.6 sürümü sediment analizini kullanmışlardır. Araştırma, rezervuarlarda biriken sedimentin yapıların depolama ömrünü ve enerji üretim kapasitelerini nasıl etkilediği konusunda sonuçlar elde etmeyi amaçlamıştır.

Ulfiana vd. (2020), Endonezya'nın Cava Adası'ndaki Mrica Gölü yukarı havzasında uygulanan tersip bentlerinin sediment kontrolündeki yetersizliğini öne çıkararak, bu olumsuz etkiyi hafifletmek amacıyla tersip bentlerinin mansap kesimlerindeki akarsu yatağı kesitlerinin genişletilmesiyle meydana gelecek olan sediment taşınımını HEC-RAS kullanarak analiz etmişlerdir.

Wulandari vd. (2020), Endonezya'daki barajlarda yaygın bir sorun olan rezervuarlardaki sediment ve rüsubi malzeme birikiminin önemine vurgu yapmışlardır. Bu

tür malzemelerin kontrol altına alınmasının ve azaltılmasının bir yöntemi olarak tersip bentlerinin inşa edilmesini önerdikten sonra, farklı tersip bent boyutlarının sediment depolanmasına etkilerini değerlendirmek amacıyla HEC-RAS kullanarak 1B sediment analizi gerçekleştirmişlerdir.

Damte vd. (2021), Etiyopya'nın güney kesiminde yer alan Kulfo Nehri'ndeki oyulma ve birikme oluşumlarına bağlı olarak nehir yatağı ve çevresinde meydana gelen değişimleri, HEC-RAS 5.0.7 sürümü ile gerçekleştirilen 1B sediment ve yarı kararsız akış modellemesi kullanarak öngörmeye çalışmışlardır. Bu çalışma kapsamında, nehir yatağının memba ve mansap kısımlarındaki oyulma ve birikme profilleri ile bu bölgelerde oluşan agrega birikim türleri incelenmiştir.

Rahman vd. (2022), Malezya'nın Selangor kentinde yer alan Langat Nehri üzerinde yaptıkları araştırmada HEC-RAS 5.0.1 sürümünü kullanarak yarı kararsız akış altında sediment taşıma analizi gerçekleştirmiştir. Bu çalışma, modelleme sonuçlarına dayanarak, mevsimsel yağışlarla ilişkilendirilen sediment hareketlerini ve nehrin memba ve mansap bölgelerinde meydana gelen oyulma ve birikmeleri değerlendirerek, bu verilerin uzun vadeli nehir yönetim stratejilerinde etkili bir biçimde kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Amini vd. (2022), doğal ve tersip bendi inşa edilmiş nehir yatağındaki akış özelliklerini HEC-RAS 5.0 sürümü akış modellemesi kullanarak karşılaştırmışlardır. İncelenen veriler arasında taşkın anındaki akışın deşarj süresi, akış hızı ve su seviyesi yüksekliği bulunmaktadır. Ayrıca, modelleme sonuçları ile arazide gözlemlenen değerler arasında bir karşılaştırma yapılmış ve bu değerler arasında yüksek bir korelasyon tespit edilmiştir.

Bigham (2022), Amerika Birleşik Devletleri Kansas eyaletinde bulunan Smoky Hill Nehri üzerindeki Kanopolis Barajı'nın 86 kilometre mansabında yer alan bir bölgede meydana gelebilecek nehir erozyonu ve birikmelerini, barajın olup olmaması durumuna göre HEC-RAS 1B sediment analizi kullanarak incelemiştir.

Nama vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Irak'ın Samarra bölgesinde yer alan Dicle Nehri'nin belirli bir kısmında, nehrin hidrolik özellikleri ve sediment taşıma kapasitesinin belirlenmesi amacıyla HEC-RAS 5.0.6 sürümü kullanılarak 2B hidrodinamik modelleme gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, sediment taşıma kapasitesi ve sediment taşıma potansiyelleri detaylı bir şekilde incelenmiş, akışla taşınan malzemenin askıda mı yoksa yatak malzemesi mi olduğu ve hangi tip agregadan oluştuğu üzerine analizler yapılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda, hidrodinamik model tabanlı

yaklaşımın, saha çalışmaları ve laboratuvar araştırmalarıyla birlikte, daha önce araştırılmamış doğal nehirlerin akış ve sediment taşıma kapasiteleri hakkında bilgi sağlamada önemli bir katkı sunabileceği sonucuna varılmıştır.

Nasir vd. (2022), Mersing Nehri üzerindeki Congok Barajı ve sediment birikmesi nedeniyle Malezya'nın Johor eyaletinde bulunan Mersing şehrinde yaşanan su krizinin, çevresel ve bölgesel zararlara yol açtığını vurgulamışlardır. Bu bağlamda, HEC-RAS yazılımının 1B sediment analizi kullanılarak nehrin davranışını kontrol ve tahmin etmek amacıyla sonuçlar elde etmeye çalışmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına dayanarak, şehrin kalkınmasıyla ilgili kurumların, sediment taşınımı üzerine bir araştırma programı oluşturması, kıyı bölgelerinin ve nehir giriş-çıkışlarının uzun vadeli stratejilerle geliştirilmesi, aynı zamanda vatandaşların nehir bakımı ve değeri konusundaki farkındalıklarını artırmayı amaçlayan politikaları benimsemeleri önerilmektedir.

Nelson vd. (2022), Amerika Birleşik Devletleri Wisconsin eyaletinde bulunan Chippewa Nehri'nin Mississippi Nehri ile birleşme noktasında meydana gelen sediment hareketleri sonucunda meydana gelen nehir yatağı morfolojisinin değişimini HEC-RAS 6.0 sürümü 2B modelleme ile incelemiş ve gelecekteki nehir yatağının dip kısmındaki rüsubat temizliği planlarına yol gösterebileceğini belirtmişlerdir.

Noor vd. (2022), Malezya'nın Pahang eyaletinde bulunan Bertam Nehri'nde akış, sediment ve geometrik verilere dayalı HEC-RAS 1B sediment analizi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve nehir morfolojisinde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir.

Pondaag vd. (2022), sıklıkla taşkın olayı meydana gelen Endonezya'nın Semarang şehrinde afetlerin önlenmesi amacıyla Bringin Nehri üzerine yapılan taşkın kontrol yapılarının (sedde, beton duvar ve palplanş) nehir yatağında meydana getireceği değişimleri HEC-RAS'ta modelleme yaparak incelemişlerdir.

Setiawan vd. (2022), Endonezya'da bulunan Batu Merah Nehri'nin neredeyse her yıl Ambon şehrinde taşkına sebebiyet verdiğini ve bu taşkınların bölgede toprak kaymalarını da artırdığını belirtmiştir. Rinjani tersip bendi yükseltme inşaatının etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, nehir yatağı morfolojisinde ortaya çıkan değişiklikler, HEC-RAS 6.0 sürümü 1B akış ve sediment analizi kullanılarak detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Shretsha (2022), HEC-RAS programı 6.2 sürümü 2B modellemesi yapılan nehir yataklarındaki sediment ve yatak yükü taşıma analizlerinin kullanılabilirliği ve meydana gelen talveg değişimlerini gösteren analizlerinin ne ölçüde uygun olduğunu incelemiştir.

Ayrıca, nehir yataklarında yapılan çeşitli kanal sistemlerinin kesitlerini programa tanımlayıp farklı kesitlerin verimliliğinin incelenmesini amaçlamıştır.

Lee ve Ahn (2023), Güney Kore'deki Geum Nehri üzerinde yaptıkları araştırmada, HEC-RAS 5.0 sürümü 1B sediment taşınımı modellemesinde kullanılan yatak sıralama yöntemlerinin ayrı ayrı tanımlandığı sayısal modellemeler oluşturmuştur. Sediment taşınım modelinin yatak sıralama yöntemi performansı, çeşitli durumlar için detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Ayrıca, yöntemlerin uygulanabilirliği, yatak kaplama sürecini simüle etme kabiliyeti ve zaman içindeki yatak malzeme boyutu değişikliklerini dikkate alarak değerlendirilmiştir.

Marx (2023), Amerika Birleşik Devletleri California eyaletinde bulunan Klamath Nehri üzerindeki Iron Gate Barajı'nın kaldırılması sonucunda, Klamath Nehrinde meydana gelecek nehir morfolojisi değişimlerini incelemek için 2B HEC-RAS sediment modelinin sonuçlarına dayalı olarak bir değerlendirme çalışması yapmıştır.

Raji vd. (2023), Kabil Nehri'nin Afganistan'ın başkenti Kabil şehrine taşıdığı sediment ve rüsubi malzemenin şehir için önemli bir sorun teşkil ettiğini vurgulayarak nehrin 40 kilometrelik bölümünde, HEC-RAS 5.0.7 sürümü kullanılarak sediment taşıma analizleri gerçekleştirmiştir. Sediment taşıma analizi için HEC-RAS'a, çalışma sahasının geometrik, hidrolik ve sediment verileri tanımlanmış; ardından nehirdeki oyulma ve birikme profilleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu araştırmanın, Kabil Şehri'nin altyapı planlaması açısından büyük bir öneme sahip olduğunu belirtmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanı

Dereli İlçesi, Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan Giresun ilinin güneyinde, Giresun-Şebinkarahisar karayolunun 32. kilometresinde, Karadeniz sahilinden ise 28 kilometre güneyde Aksu Vadisi üzerinde kurulmuş bir ilçedir (URL-9, 2022). Aksu Çayı'na bağlanan yan dereler ile birlikte Dereli halkının büyük bir bölümü akarsu, dere gibi doğal su kaynakları ile iç içe yaşamaktadır. Su kaynaklarının çevresine konumlanmış Dereli halkı için taşkınlar sıkça karşılaşılan doğa olaylarından biri olmuştur. 1965, 2010, 2020 ve son olarak da 2022 yılında gerçekleşen taşkın felaketleri ilçe merkezinde can kayıpları ve maddi hasarlara sebep olmuştur (Apaydın, 2021).



Şekil 10. Giresun ili ve ilçeleri bulduru haritası (DSİ, 2020)

2.1.1. Dereli İlçesinin Topoğrafik Özellikleri

Aksu Çayı Havzası içinde bulunan Dereli Havzası, engebeli ve eğimli bir topoğrafyaya sahiptir. Ortalama kotun 1050 m olduğu havzada Aksu Çayı'na birleşim yerinde 243 m olan kot, havzanın en yüksek noktası olan Çal Dağı'nda 2030 m'ye çıkmaktadır. Havzanın en uzun eksen (yaklaşık 11 km) boyunca ortalama eğim %15'tir. Havza geneli için ortalama eğim %27'dir. Havza alanının %40'ında %30'un üzerinde olan eğim, bazı yerlerde %50'nin (45°) üzerine çıkmaktadır. Havzanın yüzeysel akışını Aksu Çayı'na taşıyan Dereli Deresi ve onun iki ana kolu olan Akkaya Deresi ve Büyük Dere Vadisi boyunca değişik yerlerden alınan enine topoğrafik kesitlere göre mansap tarafına doğru gidildikçe vadi kesiti daralmakta ve yamaç eğimleri artmaktadır (Apaydın, 2021). Havzada özellikle derelerin yan yamaçlarında yüksek eğimli alanların bulunduğu ve bu durumun derelerdeki rüsubi malzemenin taşınımına katkıda bulunduğu görülmektedir (Tablo 1) (DSİ, 2020).

Tablo 1. Giresun ili Dereli Havzası'nın eğim durumu

Eğim Grupları	Alan (Ha)	Oran (%)
%0-6	2594.19	7.98
%6-12	630.1	1.94
%12-30	8370.95	25.76
%30-45	10861	33.42
>%45	10045.5	30.91
TOPLAM	32501.74	100.00

2.1.2. Dereli İlçesinin Meteorolojik Özellikleri

Doğu Karadeniz Havzası'nda gerçekleşen yağışların aylara göre dağılımına bakıldığında, kıyı kuşağındaki bölgelerin en fazla yağışı sonbahar mevsiminde aldığı görülmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarları Giresun'da 1268.9 mm, Ordu'da 1045.7 mm ve Trabzon'da 821.7 mm'dir. Dereli (Yavuzkema) Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonunun rasat sonuçlarına göre Dereli'nin yıllık ortalama yağış miktarı 693.90 mm'dir. Dereli'nin yıllık ortalama yağış miktarının aylara göre dağılımı incelendiğinde ise, en fazla yağış 148.23 mm ile Mayıs ayında düşerken, en az yağışın ise 15.53 mm ile Ocak ayında düştüğü görülmektedir (Kaymaz, 2019).

2.1.3. Dereli İlçesinin Erozyon ve Rüşubat Durumu

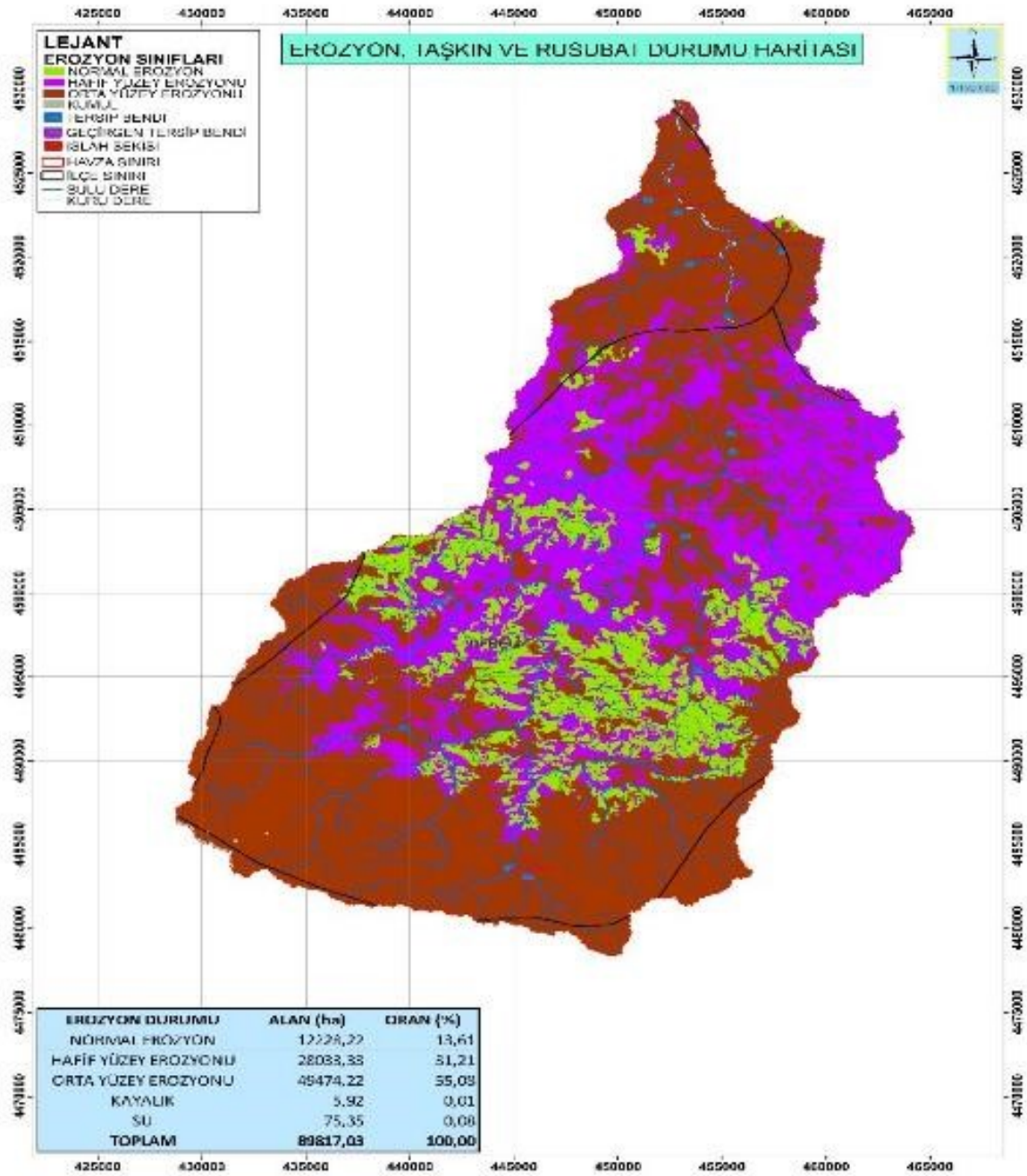
Dereli ilçesi yağış havzasının erozyon durum tablosu incelendiğinde, toplam havza alanının %55.08'inde orta yüzey erozyonu, %31.21'inde hafif yüzey erozyonu ve %13.61'inde ise normal erozyon olduğu Tablo 2'de sunulmuştur (DSİ, 2020).

Tablo 2. Giresun ili Dereli ilçesi yağış havzasının genel erozyon durumu

Erozyon Durumu	Alan (Ha)	Oran (%)
Normal erozyon	12228.22	13.61
Hafif yüzey erozyonu	28033.33	31.21
Orta yüzey erozyonu	49474.22	55.08
Kayalık	5.92	0.01
Su	75.35	0.08
TOPLAM	89817.03	100.00

Giresun ili Dereli ilçesi yağış havzasının fizyografik değişenleri ve toprak yapısı etkisiyle havzanın yüzey akımlarının oluşmasına ve erozyona karşı tepkisi dirençlilik yönündedir. Ancak, havzada fiziki ayrışım ve kitle hareketleriyle rüşubat oluşmakta ve taşınmaktadır.

Erozyona yatkın olduğu gözlemlenen yukarı havzalarda meydana gelen toprak hareketlenmeleri, dere yataklarında malzeme yığılmasına yol açmaktadır. Akışla birlikte bu malzemeler mansaba taşınıp taşkınını şiddetini ve vereceği hasarı arttırmaktadır.



Şekil 11. Dereli ilçesi erozyon taşkın ve rüsubat durumu haritası (DSİ, 2020)

2.1.4. 22 Ağustos 2020 Tarihinde Yaşanan Dereli Taşkınına Genel Bakış

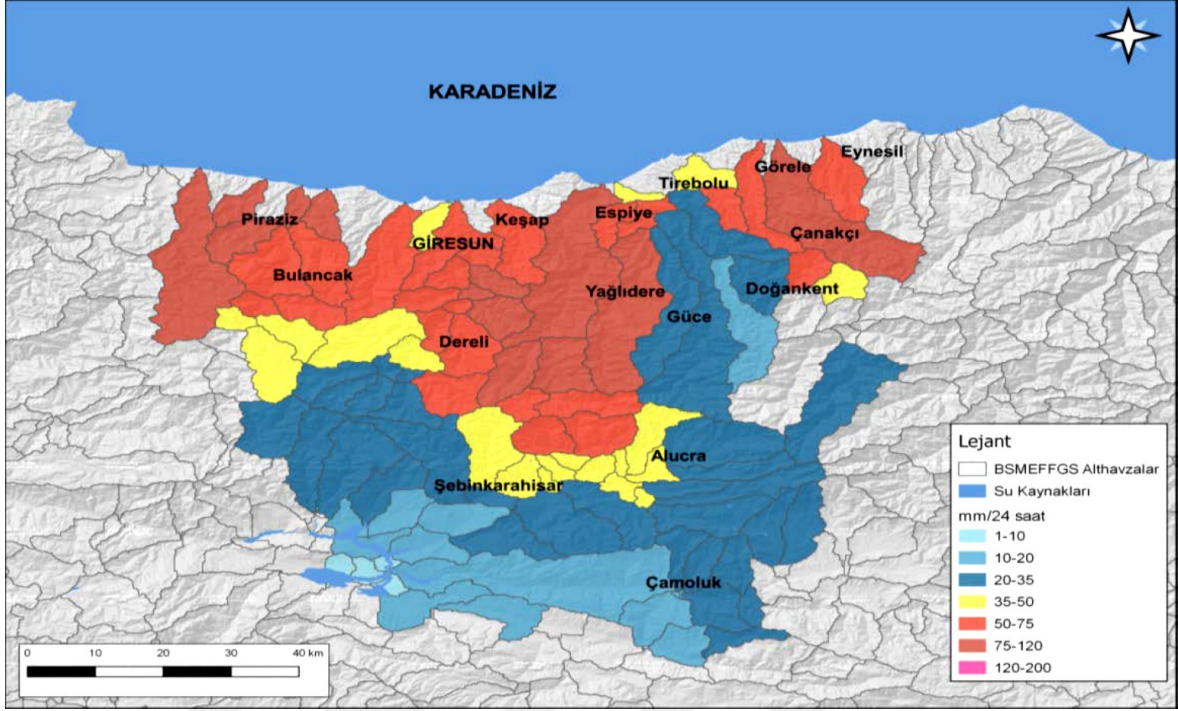
22 Ağustos 2020 tarihinde Dereli ilçesinde meydana gelen taşkın sonucunda 1 kişi hayatını kaybetmiş, 246 işyeri Akkaya Deresi'nden gelen rüsubi malzeme ile dolarak kullanılamaz hale gelmiştir. 407 konut hasar görmüş, 6 bina ile 6 işyeri yıkılmış, birçok

köprü, menfez, istinat yapısı, köy yolları ve karayolu hasar görmüş ve kullanılamaz hale gelmiştir (Mülkiye Teftiş Kurulu Başkanlığı, 2020).

Taşkın felaketinin meydana geldiği 22 Ağustos 2022 tarihinde Giresun'da bulunan başlıca istasyonlarda ölçülen yağış miktarları ve bu yağışların havzadaki alansal dağılımları Şekil 12 ve Şekil 13'te gösterilmiştir (Apaydın, 2021; Kömüşcü vd., 2021). 22 Ağustos 2022 tarihinde il genelinde ölçülen yağış miktarları incelendiğinde, taşkında en fazla maddi hasar alan ilçe olarak yorumlanan Dereli ilçesinden daha fazla yağış alan ilçeler de olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, taşkınların verebileceği zararın boyutunda, sadece yağışın değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir. Dereli özelinde ilçe merkezinin giriş kısımlarında bulunan kesiti yetersiz menfez ve köprülerin rüsubat ve odunsu malzeme ile tıkanması ilçe merkezindeki maddi hasarın artmasında etkili olmuştur.



Şekil 12. Taşkının meydana geldiği 22 Ağustos 2020 tarihindeki yağış değerleri (Apaydın, 2021)



Şekil 13. Giresun ve çevresinde gözlenen 24-saatlik toplam yağışların BSMEFFGS alt-havzalarında alansal dağılımı (22.08.2020, 00:00-24:00 UTC) (Kömüşcü vd., 2021)

DSİ Giresun Şube Müdürlüğü yetkililerince taşkın sonrası sahada yapılan incelemeler sonucunda il genelinde 18 adet köprü ve menfez, 800 metre taşkın kontrol duvarı ve taş tahkimat imalatlarında hasarlar meydana gelmiştir (DSİ, 2020).

Dereli ilçe merkezinde Aksu Deresi ile birleşen ve taşkın sonucu oluşan maddi hasarın ana nedeni olan rüsubatın taşındığı yan dere olan Akkaya Deresi üzerinde yapılan incelemelerde aşağıdaki hususlar tespit edilmiştir (Mülkiye Teftiş Kurulu Başkanlığı, 2020):

- Akkaya Deresi'ne bağlanan akarsu drenaj ağlarının (piramit) şekli, suların ve sürüntü maddelerinin daha hızlı bir şekilde toplanmasına sebep olmuştur.
- Bölgedeki şiddetli ani yağışların ardından, yamaçlardan, yan derelerden ani olarak gelen ve fazla miktarda katı materyal (asılı yük ve yatak yükü halinde sürüntü) ihtiva eden büyük su kütleleri dere yatağında, vadi yamaç ve tabanlarında ve kıyılarda, kontrolsüz bir şekilde mansaba doğru şiddetini ve yoğunluğunu artırarak akmış ve yayılmıştır.
- Dere üzerinde Akkaya Köyü içinde birçok yerde dere mevcut yatağa sığmamış, membaya doğru rüsubat birikimleri, taş, moloz, bitki kök ve gövde vb. atık

yığınları olmuş ve bu birikmeler ile dere yatağı kapanmış ve taşkına sebep olmuştur.

- Dere üzerine taşkın kontrolü amacı ile sadece tahkimat duvarları yapılmış, enine yapılar olan tersip bentleri, ıslah sekileri gibi taşkın önleme yapıları bulunmamaktadır.
- Mansap yönünde merkez Kızılot mevkiinde DSİ tarafından yapılan Kuşluhan Mahallesi'ne geçişi sağlayan menfez imalatı (Şekil 14) dere yatağında dirsek oluşturmuş, suyun akışını zorlamış ve rüsubat birikmesine sebep olmuştur.
- Dereli ile Akkaya Köyü ulaşımını sağlayan yolun bir bölümünün dereye paralel ve dere kotuna yakın olduğu dolayısıyla yolun dolgu malzemesinin dereye karışarak kaya parçaları ile çamur birikintisi oluşturmak suretiyle Dereli ilçe merkezindeki işyerleri ile binaların bodrum/zemin katlarının zarar görmesine sebep olmuştur.
- Plansız yol çalışmaları, arazi kazanımları ve bina yapımları sebebiyle dere yatakları daraltılmış ve yatağın doğal dengesi değiştirilmiştir.
- Dere yatağı üzerinde, bir kısmı taşkın sonucu yıkılan bir kısmı da ilgili kurumlarca yıkılan binalar bulunmakta ve bu yapılar suyun akışını engellemiştir.
- Dereli ilçe merkezinde yıllardır yapılan yol onarım ve yenileme çalışmaları sebebiyle yol kotu yükselerek iş yerleri ve bina zemin kotlarının üzerine çıkmıştır.
- Akkaya Deresi'nin Aksu Deresi'ne birleştiği konumda (Şekil 15) Akkaya Köprüsü olarak adlandırılan köprünün gelen kaya parçaları, bitki kök ve gövdeleri ile kapanması sonucu derenin akış yönünün Dereli ilçe merkezine yönelerek taşkına sebep olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 14. Kızılot mevkiinde DSİ tarafından yapılan Kuşluhan Mahallesi'ne geçişi sağlayan menfez imalatı



Şekil 15. Taşkından sonraki gün Akkaya Deresi ile Aksu Deresi'nin birleştiği yerde yapılan rüsubat temizliği çalışmaları

2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

2.2.1. Geometrik Veriler

HEC-RAS programı kullanılarak yapılması planlanan akım ve sediment analizlerine başlamadan önce çalışma yapılacak alanın topoğrafyasını içeren dosyanın programa tanımlanması gerekmektedir. Tiff (Tagged Image File Format) arazi topoğrafyasının HEC-RAS'a tanımlanması sırasında kullanılan dosya biçimidir. Etiketlenmiş Görüntü Dosya Formatı sıkça kullanılan bir görüntü veri formatıdır (Acar vd., 2004).

Çalışma yapılacak alanın mevcut durumunu gösteren harita türü olan hâlihazır haritası, çalışma sahasında DSİ'ye bağlı harita ekiplerince yapılan ölçümler sonucunda elde edilmiştir. Arazi topoğrafyası ve bu arazide bulunan doğal ve beşeri oluşumlar dwg formatında oluşturulduktan sonra Autocad ve ArcGis programları kullanılarak tiff dosyası oluşturulmuştur. Tiff dosyası oluşturulmasında uygulanan adımlar hakkında detaylı bilgiler Bölüm 2.3. Çalışmada Kullanılan Yöntem başlığı altında verilmiştir.

2.2.2. Akım Verileri

Çalışmada Aksu Vadisi üzerinde bulunan D22A098 numaralı Aksu D.-Sürmen Akım Gözlem İstasyonu'ndan (AGİ) alınan 2020 yılı mayıs ayının ilk 15 günlük debi değerleriyle (Tablo 3) birlikte 59 saatlik Q_{50} taşkın hidrografi birleştirilerek çalışmaya özgü yapay hidrograf (Tablo 4) oluşturulmuştur. 15 günlük normal akışın devamında meydana gelen 59 saatlik taşkın sediment taşınım sonuçlarını incelemek için oluşturulan hidrografın toplam süresi 419 saat, hidrografta bulunan maksimum taşkın debisi 572.318 m^3/s minimum taşkın debisi ise 17.6 m^3/s 'dir (DSİ 22. Bölge Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü, 2023).

Tablo 3. 15 Gün süreli AGİ verileri

Gün	Debi (m^3/s)
1	17.60
2	19.90
3	18.90
4	24.50
5	25.60
6	28.00
7	25.60
8	27.40
9	24.50
10	21.90
11	19.40
12	18.50
13	20.90
14	21.40
15	21.40

Tablo 4. 59 saat süreli Q₅₀ taşkın hidrografı

Saat	Debi (m ³ /s)	Saat	Debi (m ³ /s)	Saat	Debi (m ³ /s)	Saat	Debi (m ³ /s)
0.00	52.10	15.00	559.96	30.00	270.45	45.00	85.80
0.50	53.17	15.50	566.30	30.50	257.64	45.50	83.63
1.00	54.25	16.00	570.37	31.00	245.63	46.00	81.70
1.50	57.65	16.50	572.32	31.50	234.03	46.50	80.06
2.00	61.95	17.00	572.06	32.00	223.04	47.00	78.45
2.50	67.88	17.50	570.13	32.50	212.70	47.50	76.84
3.00	74.81	18.00	566.01	33.00	203.03	48.00	75.34
3.50	83.97	18.50	561.18	33.50	193.73	48.50	74.06
4.00	95.94	19.00	555.51	34.00	184.92	49.00	72.79
4.50	109.19	19.50	548.15	34.50	176.81	49.50	71.53
5.00	125.11	20.00	538.97	35.00	169.37	50.00	70.36
5.50	143.03	20.50	529.17	35.50	162.31	50.50	69.31
6.00	164.00	21.00	519.96	36.00	155.70	51.00	68.29
6.50	186.65	21.50	509.46	36.50	149.48	51.50	67.28
7.00	211.39	22.00	497.23	37.00	143.67	52.00	66.39
7.50	237.92	22.50	484.50	37.50	138.14	52.50	65.57
8.00	266.78	23.00	472.26	38.00	132.97	53.00	64.75
8.50	293.57	23.50	459.30	38.50	128.13	53.50	63.95
9.00	322.09	24.00	444.92	39.00	123.41	54.00	63.23
9.50	349.83	24.50	430.05	39.50	118.92	54.50	61.56
10.00	378.90	25.00	415.68	40.00	114.77	55.00	60.98
10.50	404.63	25.50	401.32	40.50	111.14	55.50	60.41
11.00	430.01	26.00	385.90	41.00	107.56	56.00	59.91
11.50	454.40	26.50	370.58	41.50	104.13	56.50	58.68
12.00	476.45	27.00	355.68	42.00	100.94	57.00	58.29
12.50	496.22	27.50	341.20	42.50	98.16	57.50	57.91
13.00	513.06	28.00	326.16	43.00	95.42	58.00	57.58
13.50	528.83	28.50	311.46	43.50	92.71	58.50	56.64
14.00	541.82	29.00	297.33	44.00	90.19	59.00	56.36
14.50	552.16	29.50	283.63	44.50	87.98		

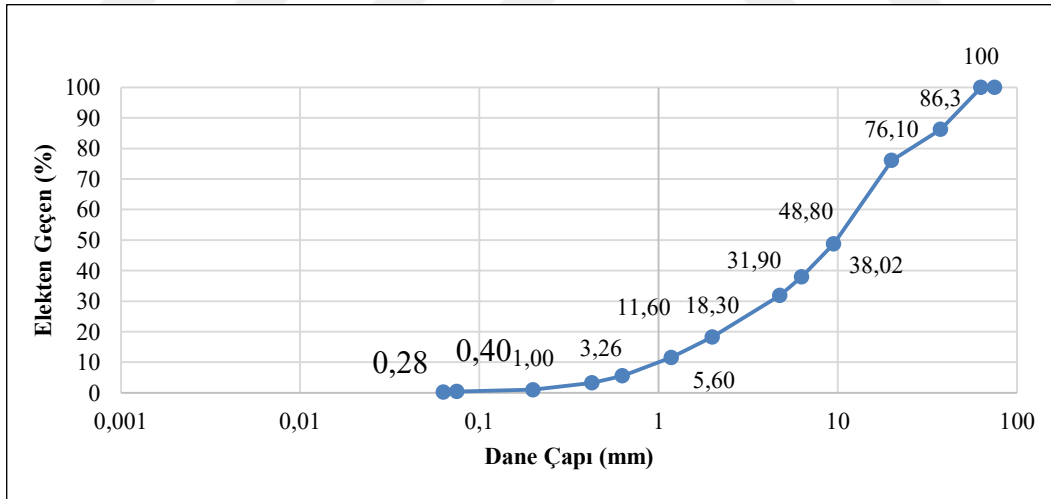
2.2.3. Sediment Verileri

Çalışma alanında bulunan dere yatağı malzemesinin elek analizi sonucunda ortaya çıkan Agregat Gradasyon Tablosu, HEC-RAS programında yapılacak olan sediment analizlerinde programa tanımlanması gereken verilerin başında gelmektedir. Çalışma alanından alınan dere malzemesi numuneleri DSİ 22. Bölge Kalite Kontrol ve Laboratuvar

Şube Müdürlüğü'ne bağlı laboratuvara gönderilmiş ve elek analizi deneyleri yapılmıştır. Bu analiz sonucuna göre (Tablo 5) çalışma alanında bulunan dere malzemesinin çakıl ağırlıklı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 16. Dere malzemesinden numune alma işlemi



Şekil 17. Elek analizi grafiği

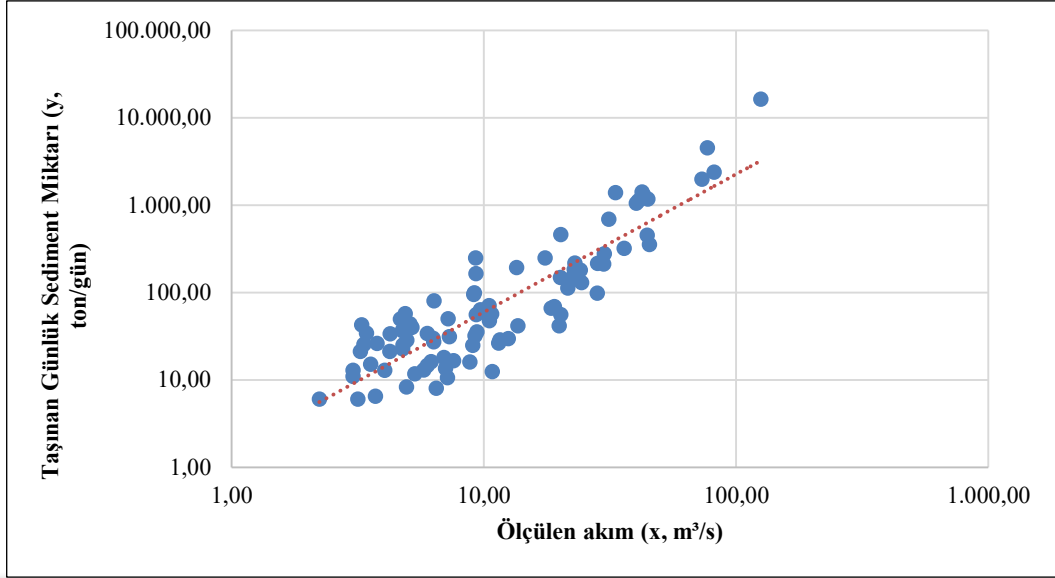
Tablo 5. Elek analizi sonucu

Elek Adı	Elek Göz Açıklığı	Elekte Kalan Numune	Kalan %	Toplam Kalan %	Toplam Geçen %
3"	75.0	0.00	0.0	0.0	100.0
2,5"	63.0	0.00	0.0	0.0	100.0
1,5"	37.5	342.58	13.7	13.7	86.3
4/5"	20.0	254.39	10.2	23.9	76.1
3/8"	9.5	682.96	27.3	51.2	48.8
1/4"	6.3	269.49	10.8	62.0	38.0
No 4	4.75	153.19	6.1	68.1	31.9
No 10	2.0	339.79	13.6	81.7	18.3
No 16	1.18	167.44	6.7	88.4	11.6
ISO	0.63	151.05	6.0	94.4	5.6
No 40	0.425	57.39	2.3	96.7	3.3
ISO	0.20	56.53	2.3	99.0	1.0
No 200	0.075	15.29	0.6	99.6	0.4
No 230	0.063	2.87	0.1	99.7	0.3

Normal akış veya taşkın anında su ile hareket eden sediment parçacıklarının miktarı ve konsantrasyonu, debinin bir fonksiyonu olarak hesaplanabilmektedir. Belirli bir zaman ve alanda ölçülen akım debileri ile sınırlı askıda sediment yükü örneklerinden laboratuvarında hesaplanan konsantrasyonlar arasındaki ilişkiden sediment anahtar eğrisi türetilmektedir (Şarlak ve Üstün, 2020). Çalışma alanındaki sediment anahtar eğrisi kullanılarak debi ve taşınan malzeme miktarı HEC-RAS'ta 'Sediment Boundary Conditions' yani 'Sediment Sınır Değerleri' sekmesine işlenmelidir.

Şekil 18'de gösterilen sediment anahtar eğrisinde ölçülen akım (m^3/s) ile taşınan günlük sediment miktarı (ton/gün) arasında fonksiyonun belirtildiği formül bulunmaktadır. Bu formüle göre;

taşınan günlük sediment miktarı (ton/gün) = $1.5609 \times \text{ölçülen akım}^{1.5811}$ (m^3/s) olarak tanımlanmıştır (DSİ, 2013).



Şekil 18. Aksu Deresi sediment anahtar eğrisi

2.2.4. Tersip Bentlerinin Tasarlanması

Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Yönetmeliği Madde 9’da belirtildiği üzere yerleşim yerleri dışında inşa edilecek ıslah sekisi ve tersip bentlerinin dolusavaklarının boyutlarının 50 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre belirleneceğini belirtilmiştir. Çalışma alanına en yakın yerleşim yeri olan Dereli ilçe merkezi yaklaşık 40 km uzaklıktadır. Bu sebeple dolusavak kesit belirlenmesinde Q_{50} taşkın debisi kullanılmıştır. Q_{50} taşkın debisine göre dolusavak hesabı yapıldığında dolusavak yüksekliğinin minimum 2.06 m olması gerektiği hesaplanmıştır. Taşkın ve rüsubat kontrol yapısı olan tersip bentlerinin arazide uygulanacağı kesit üzerinde modellenmesi yapıldığında talvegden itibaren dolusavak alt kotuna kadar 5 m yüksekliğin uygun olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 19).

Geçirgen tersip bentleri için yapılan dolusavak boyutlandırma çalışmalarında d_{50} (elekten %50 kümülatif geçiş yüzdesine karşılık gelen boyut), Q_{50} taşkın tekerrür debisi, yapının temelden yüksekliği ve savak yüksekliği gerekmektedir. Kıyas yapma açısından yapının talvegden itibaren yüksekliği klasik tersip bendiyle aynı olan 5 m, savak yüksekliği de yine klasik tersip bendiyle aynı olan 3 m olarak alınmıştır. d_{50} ise DSİ Laboratuvar Şube tarafından gerçekleştirilen elek analizi sonucunda yaklaşık olarak 10 mm olarak alınmıştır. Bu veriler sonucunda yapılan hesaplamalarda yarı geçirgen, ayaklı geçirgen ve dalgakıran tip geçirgen tersip bentleri 9 adet ayak olacak şekilde 10 açıklıklı olarak projelendirilmiştir (Şekil 20, Şekil 21, Şekil 22).

kullanılmıştır. Çalışma bölgesinin hâlihazır haritasında bulunan üçgen modeller kullanılarak tiff dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu tiff dosyası yapılacak olan taşkın modellemesinde arazi altlığı olarak HEC-RAS programına tanımlanmıştır.

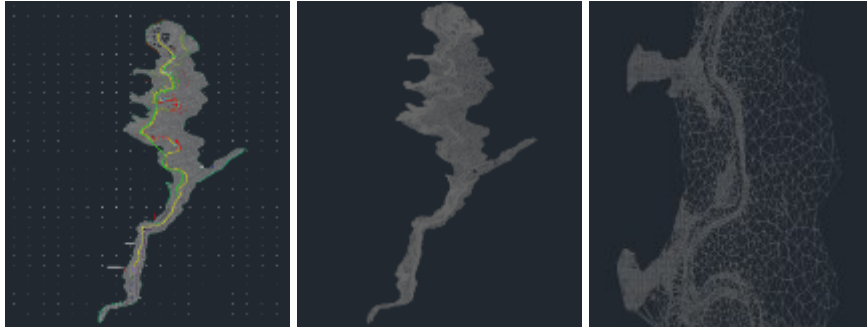
Taşkın modellemede kullanılan akım verisi olarak çalışma bölgesinde bulunan AGİ'den alınan veriler ile Q_{50} taşkın hidrografının birleştirilmesiyle oluşturulan yapay hidrograf kullanılmıştır.

Sediment analizinde programa tanımlanması gereken gradasyon değerleri, çalışma bölgesinden alınan dere yatağı malzemelerinin laboratuvarında elek analizi deneyi yapılması sonucunda elde edilmiştir.

Klasik, yarı geçirgen, ayaklı geçirgen ve dalgakıran tip geçirgen olmak üzere 4 farklı tersip bendi tipi tasarlanmış olup bu modeller HEC-RAS'ta bulunan geometrik veri düzenleme bölümünde taşkın modellemesine tanımlanmıştır. Programa tanımlanan hidrograf sonucunda meydana gelen sediment hareketleri sonucunda bu tersip bentlerinin memba ve mansap bölgelerinde meydana gelen değişimler RAS Mapper bölümünde incelenmiştir.

2.3.1. Arazi Topoğrafyasının Oluşturulması

Autocad üzerinde çalışma yapılacak alanın hâlihazır haritasında bulunan katmanlardan üçgen modeller (Şekil 23) seçilerek ayrı bir dosya olarak kaydedilmiştir.



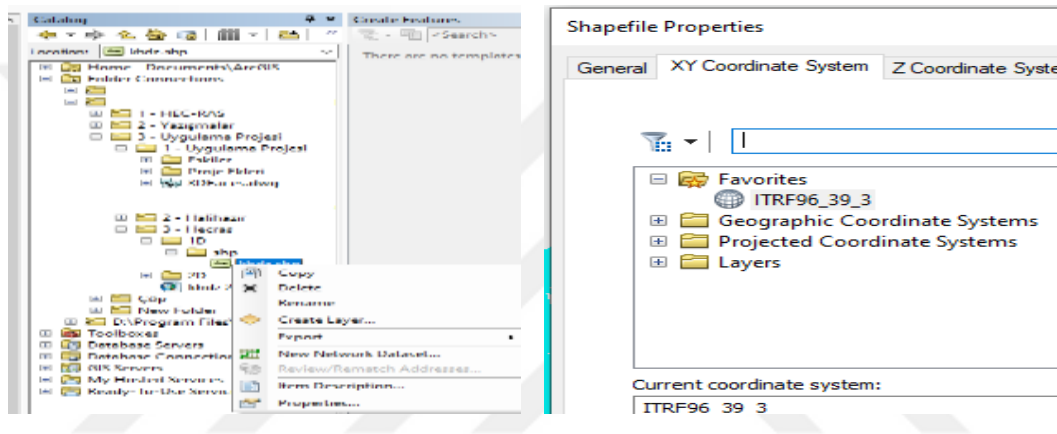
Şekil 23. Çalışma alanının hâlihazır ve üçgen model haritası

ArcGis üzerinde açılan dosyadaki 'Catalog' sayfasından '3DFaces' üçgenlerinin olduğu dosya açılmış ve içindeki 'Polyline' Arcgis çalışma sayfası üzerine sürüklenmiştir.

‘Table of Contents’ sekmesinde eklenen dosyaya sağ tıklayıp, ‘Open Attribute Table’ sekmesine tıklanmıştır. Daha sonra bu tablo içindeki ‘3dFace’ olan bütün çizimler seçilmiştir.

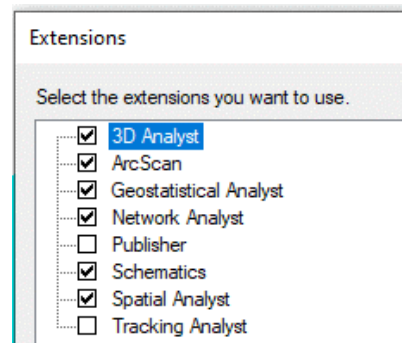
Seçim yapıldıktan sonra ‘Table of Contents’ sekmesinden çalışma dosyasındaki ‘Data’ sekmesinden ‘Export Data’ seçilmiştir. Kaydetme sayfası açılmıştır. Açılan sayfada ‘shp’ klasörü oluşturulmuş ve bu klasör içinde ‘isim.shp’ olarak kaydedilmiştir.

Katalog sayfasından kaydedilen ‘shp’ dosyası bulunmuştur. Şekil 24’te gösterilen ‘Properties’ sekmesinden koordinatlandırması yapılmıştır.



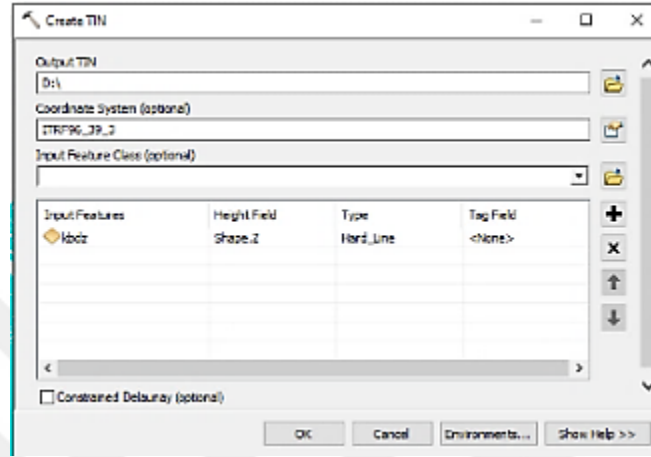
Şekil 24. ArcGis üzerinde oluşturulan ‘shp’ uzantılı dosyanın koordinat sisteminin belirlenmesi

Üst sekmeden ‘Geoprocessing’ bölümünden ‘Options’ sekmesine girilmiştir. ‘Background Processing’ bölümündeki ‘Enable’ tiki kaldırılmıştır. Daha sonra ‘Customize’ bölümünden ‘Extensions’ sekmesi açılmış ve Şekil 25’te gösterilen şekilde işaretlemeler yapılmıştır.



Şekil 25. ArcGis üzerinde çalışma dosyasının eklentileri oluşturma

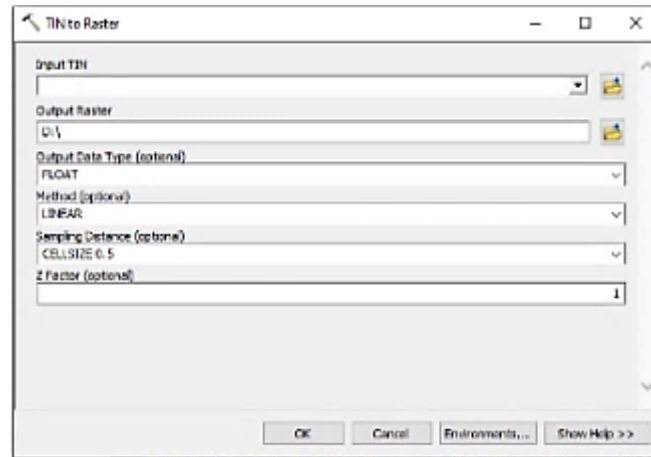
'ArcToolbox' barında 3D Analyst Tools>Data Management>TIN>Create TIN işlemleri takip edilmiştir. Açılan bölmede kaydetme yerine 'tin' klasörü oluşturulmuş ve 'isimtin.tin' olarak kaydedilmiştir (Şekil 26). 2. sekmede koordinat sistemi, 3. sekmede ise oluşturulmuş 'shp' dosyası seçilmiştir.



Şekil 26. ArcGis üzerinde tin uzantılı dosya oluşturulması

'Table of Contents' barında 'dwg' ve 'shp' uzantılı dosyalar silinmiştir. Oluşturulan 'TIN' uzantılı dosya bırakılmıştır.

Oluşturulan tin dosyasını HEC-RAS'da açabilmek için ArcToolbox>Conversion>From TIN>TIN to Raster sıralaması izlenmiştir. Kaydetme yerinde 'tiff' klasörü oluşturulmuştur. Bu klasörün içine "isimtif.tif" olarak kaydedilmiş ve Şekil 27'de gösterilen seçimler yapılmıştır.



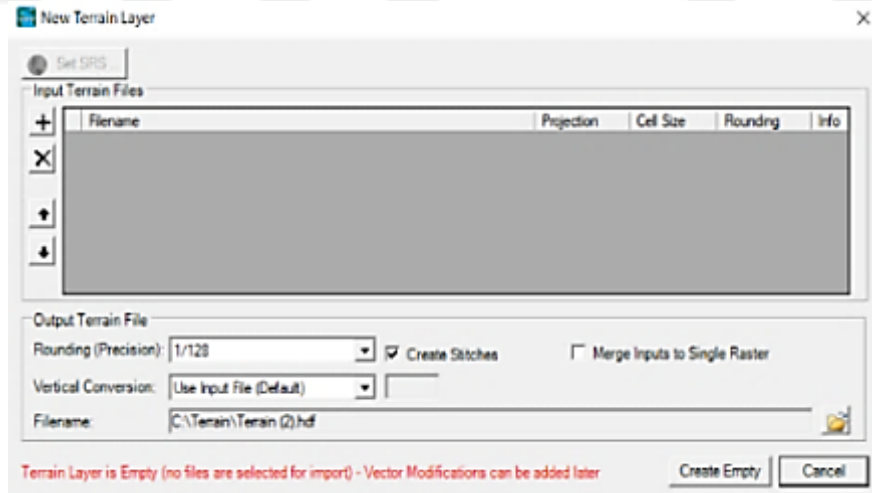
Şekil 27. ArcGis üzerinde tiff uzantılı dosya oluşturulması



Şekil 28. Çalışma alanının tiff dosyası formatında haritası

2.3.2. Nehir Sisteminin Oluşturulması

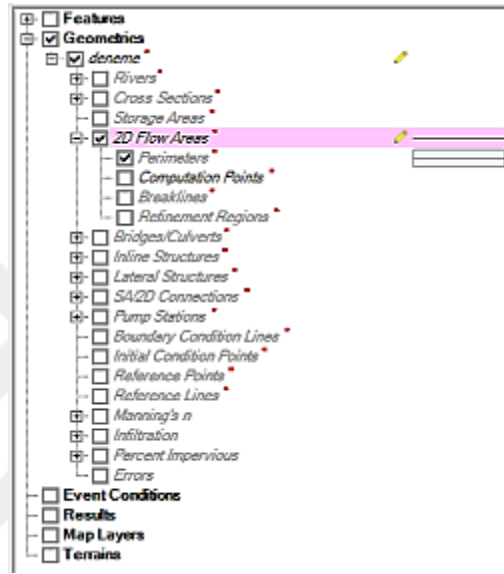
Tiff dosyası Şekil 29’da gösterildiği gibi RAS Mapper’a tanımlanmış ve arazi topoğrafyası HEC-RAS’a işlenmiştir.



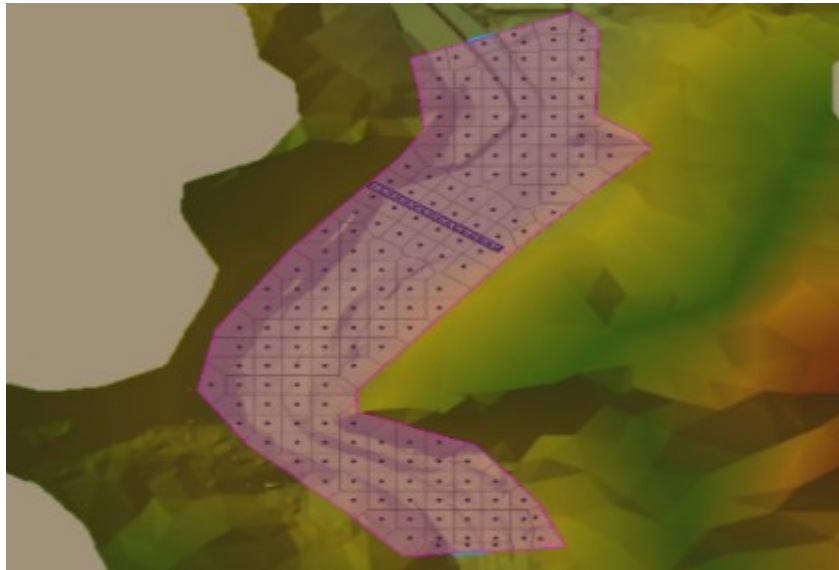
Şekil 29. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper tiff dosyası ile arazi topoğrafyasının tanımlanması

Koordinat sistemi tanımlamaları (Set Projection) yapıldıktan sonra çalışma yapılacak araziye Google Earth üzerinde göstermek amacıyla ‘Map Layers’ satırından web görüntüsü eklenmiştir. Bu eklenen görüntü saydamlaştırılıp çalışma yapılacak arazi ile Google Earth görüntüsü bütünleştirilmiştir.

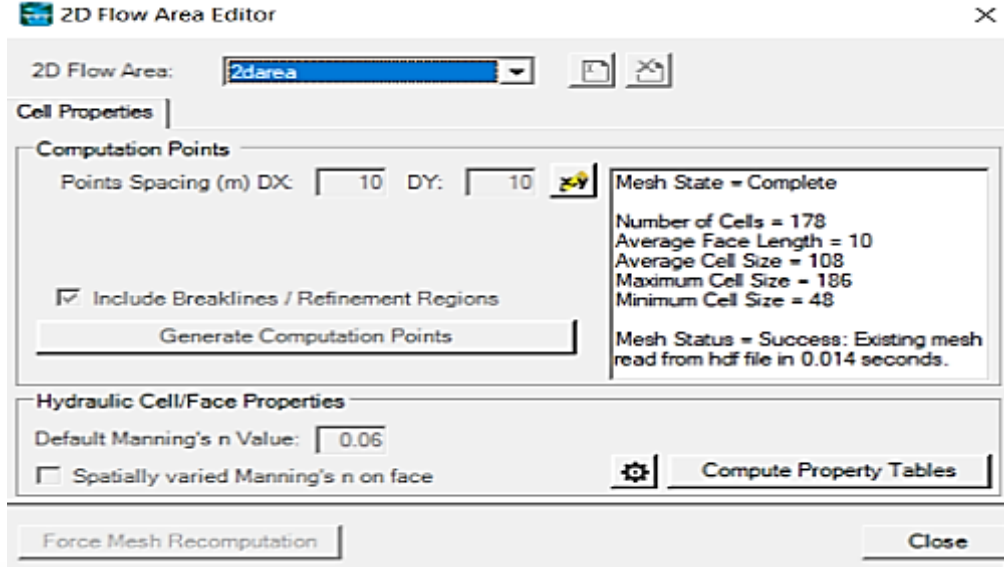
RAS Mapper'a işlenen arazi içerisinde çalışma yapılacak bölgenin geometrisi detaylandırılmıştır. Bu aşamada düzenleme (Edit Editor) seçeneği kullanılarak '2D Flow Areas' bölümünde bulunan 'Perimeters' kısmı tıklanıp çalışma yapılacak alan işaretlenen noktalarla sınırlandırılıp belirlenmiştir (Şekil 30, Şekil 31). Modelleme oluşturulacak arazi belirlendikten sonra '2D Flow Area Editor' sekmesine girilip ağ (mesh) genişlikleri seçilmiştir (Şekil 32).



Şekil 30. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper geometrilerin düzenlenmesi bölümü

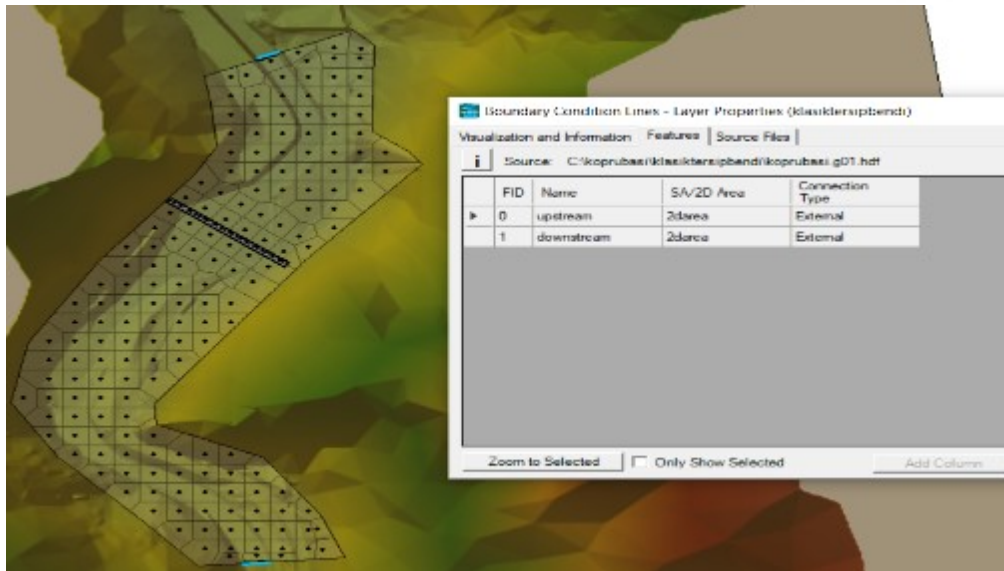


Şekil 31. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper çalışma alanının ve ağların düzenlenmesi



Şekil 32. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper 2B çalışma alanının düzenlenmesi

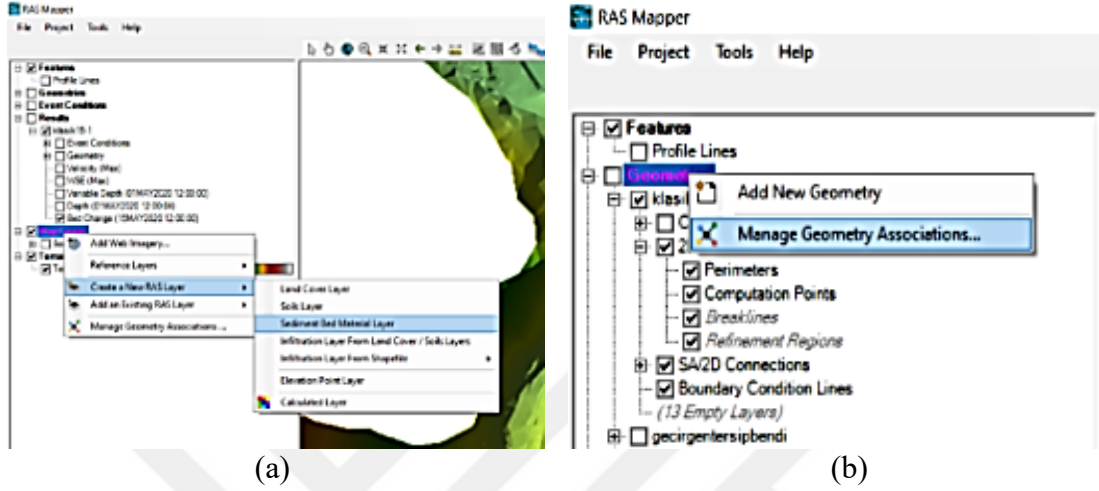
Çalışma yapılacak alan ağlarla belirlendikten sonra suyun giriş ve çıkış yapacağı noktalar tanımlanmıştır. 'Boundary Condition Lines' sekmesi kullanılarak çalışma alanının memba ve mansap kısımları çizgi çizilerek tanımlanmıştır (Şekil 33).



Şekil 33. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper memba ve mansap su giriş çıkışlarının belirtilmesi

Elek analizi sonucunda ortaya çıkan gradasyon değerlerinin tanımlanması ve RAS Mapper'da belirtilmesi amacıyla arazi üzerinde bir sediment alanı tanımlanmıştır. Bu alan daha önce ağlarla belirlenen '2D Flow Area' bölgesini içine almıştır. 'Map Layers'

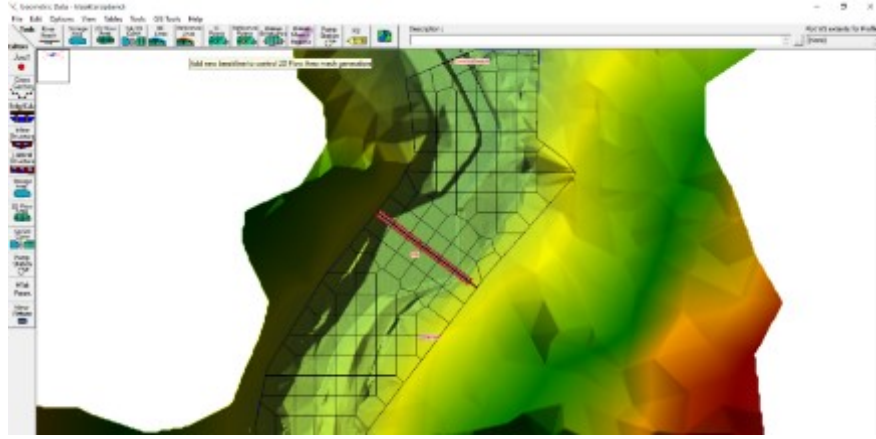
satırında ‘Sediment Bed Materials Layers’ kısmına tıklanarak ‘2D Flow Area’ı içine alan bir tabaka oluşturulmuştur. Bu oluşturulan tabaka geometri kısmında sediment tabakası olarak tanımlanmıştır (Şekil 34).



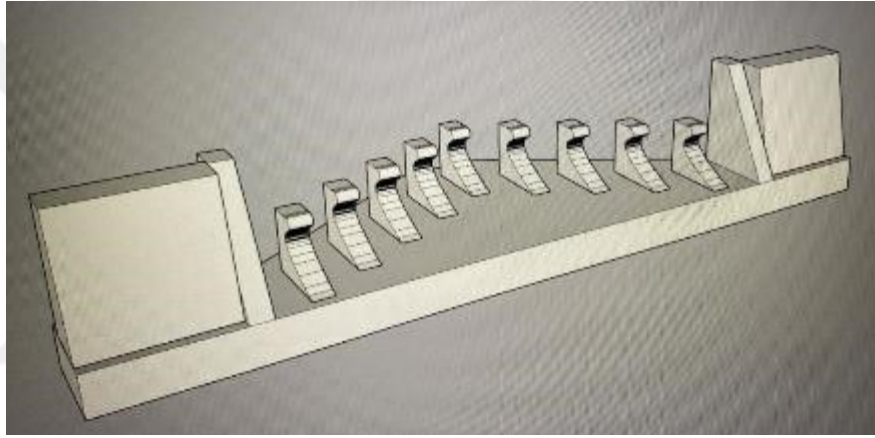
Şekil 34. HEC-RAS 6.3.1 RAS Mapper sediment tabakası (a) oluşturulması (b) tanımlanması

2.3.3. Tersip Bentlerinin Tanımlanması

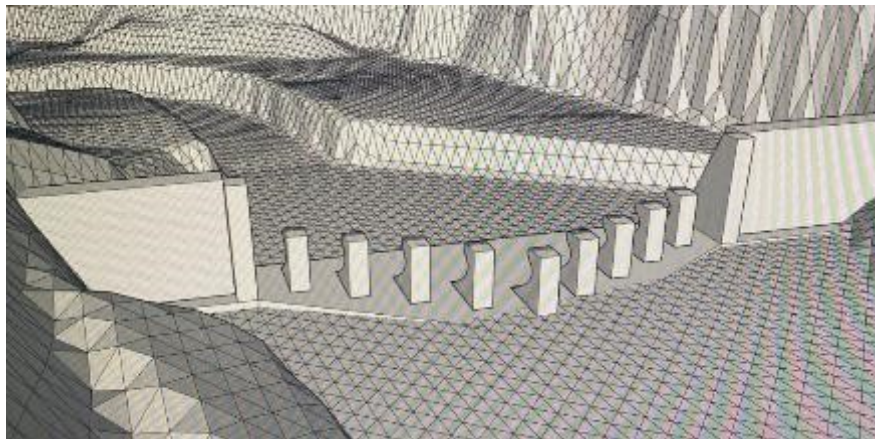
Bu çalışmada farklı tersip bendi tiplerinin rüsubat hareketi altında davranışlarının incelenmesi hedeflendiğinden, ‘Geometric Data’ bölümünde daha önceden tasarlanan klasik, yarı geçirgen ve ayaklı geçirgen tip tersip bentleri tanımlanmıştır. ‘2D Area Breaklines’ sekmesi kullanılarak tersip bendinin konumunun belirlenmesi amacıyla çizgi çekilmiştir (Şekil 35). Bu çizgi çekildikten sonra ‘Convert This Break Line Into a New Interval SA/2D Area Connection’ sekmesi kullanılarak bu çizginin üç boyutlu hale gelmesi sağlanmıştır. Dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin geometrisinden dolayı (Şekil 36) ‘Geometric Data’ bölümünden HEC-RAS’a tanımlanamamış olup Şekil 37’de gösterilen biçimde tiff dosyasına işlenmiştir.



Şekil 35. HEC-RAS 6.3.1 'Geometric Data' bölümünden tersip bendi oluşturulması

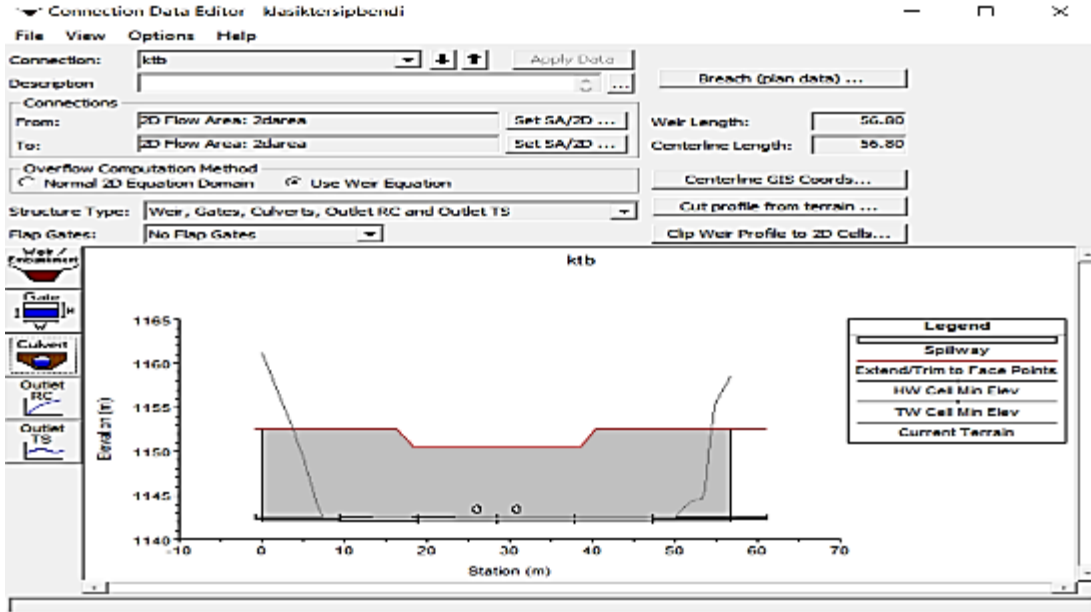


Şekil 36. Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi modeli

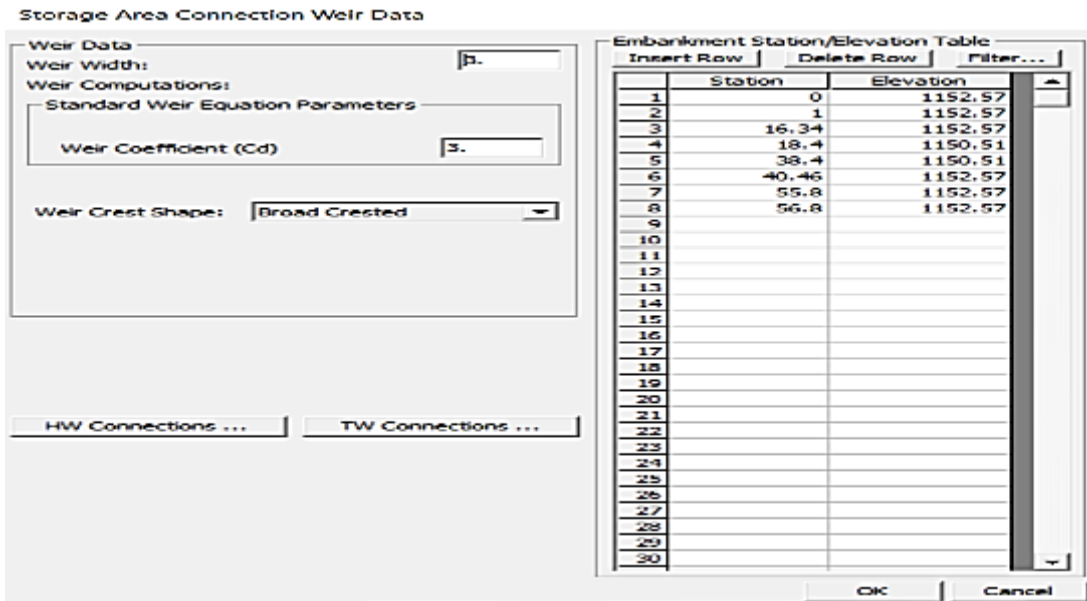


Şekil 37. HEC-RAS 6.3.1'e işlenen tiff dosyasında dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin görünüşü

Üç boyutlu hale getirilen tersip bendinin araziye yerleşimin yapılması için ‘Connection Data Editor’ sekmesinden öncelikle tersip bendinin genişliği belirlenmiştir (Şekil 38). Sonrasında ‘Weir/Embankment’ bölümüne girilip tersip bendinin en kesiti üzerindeki kesit değişim noktalarının kot ve koordinatları düzenlenmiştir. Bu bölümde tersip bendinin kalınlığı da belirtilmiştir (Şekil 39).



Şekil 38. HEC-RAS 6.3.1 oluşturulan tersip bendinin boyutlandırma işlemi



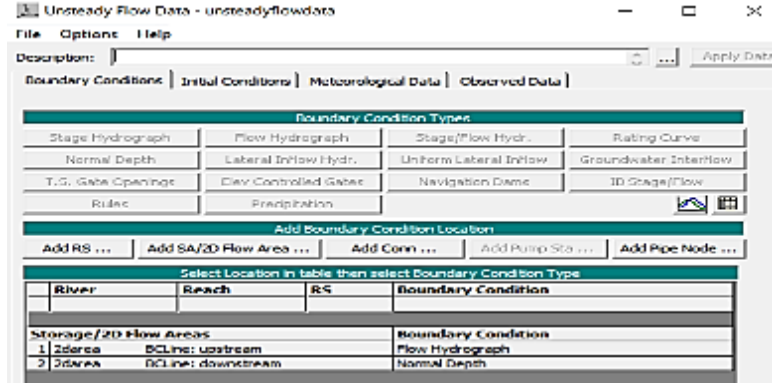
Şekil 39. HEC-RAS 6.3.1 oluşturulan tersip bendinin kesit değişim noktalarının kot ve koordinatlarının işlenmesi

Tersip bendi projelendirmesinde dip savak olduğu durumlarda imalatın içinde bırakılacak olan bu boşlukların belirtilmesi ‘Culvert Data Editor’ sekmesinden yapılmıştır (Şekil 40).

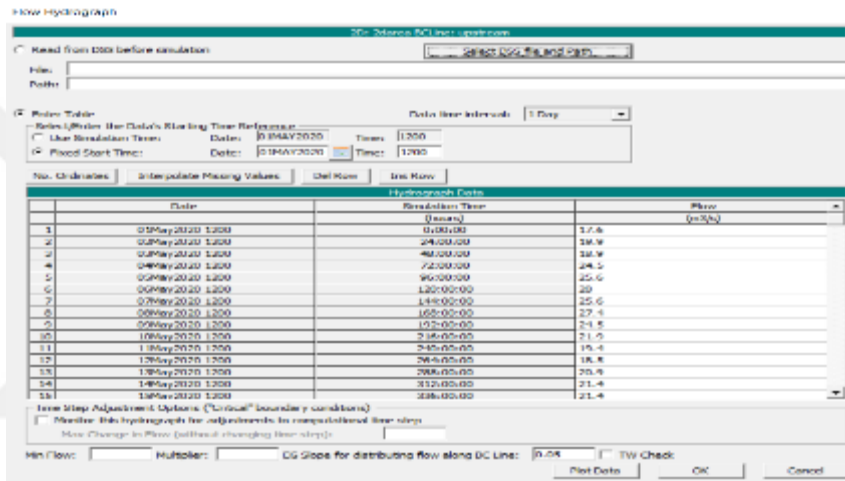
Şekil 40. HEC-RAS 6.3.1 oluşturulan tersip bendinin dip savaklarının oluşturulması

2.3.4. Akım, Sediment ve Pürüzlülük Verilerinin Tanımlanması

Arazi ve sanat yapılarının modellenmesi tamamlandıktan sonra HEC-RAS programına akım ve sediment verilerinin girilmesi gerekmektedir. ‘Unsteady Flow Data’ sekmesinden akım verileri tanımlanmıştır. Suyun giriş ve çıkış çizgilerinde, memba kısmında bulunan sekme için ‘Flow Hydrograph’, mansap kısmında bulunan sekme için ‘Normal Depth’ seçilmiştir (Şekil 41). Mansap kısmında yapılan seçim ile birlikte (Normal Depth) bu kısma mansap çizgisinin arazi eğimi girilmiştir. Memba kısmında yapılan seçimde ise (Flow Hydrograph) bu kısma girildiğinde çalışmada kullanılacak hidrografın süre aralıkları, hidrografın başlangıç zamanı, debi değerleri ve memba çizgisinin arazi eğimi girilmiştir (Şekil 42).



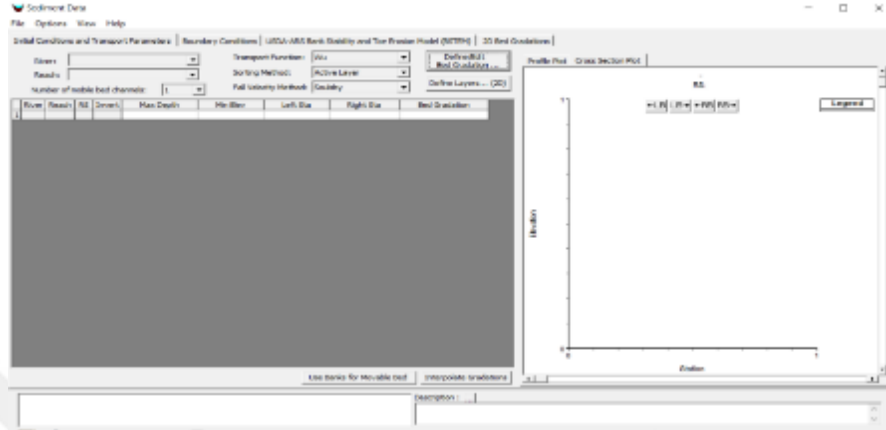
Şekil 41. HEC-RAS 6.3.1 kararsız akış verilerinin programa tanımlanması



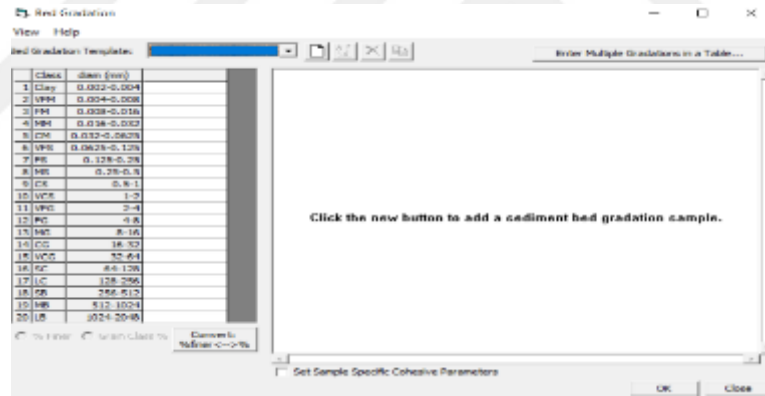
Şekil 42. HEC-RAS 6.3.1 analizlerde kullanılacak hidrografın programa tanımlanması

‘Sediment Data’ sekmesinden ise çalışma alanının sediment verileri girilmiştir. ‘Initial Conditions and Transport Parameters’ sekmesinde çalışmada kullanılacak taşıma metodu, sıralama metodu, düşme hızı metodu seçilmiştir (Şekil 43). Çalışma yapılacak dere yatağındaki malzemenin büyüklüklerinin belirtildiği gradasyon tablosu doldurulmuştur (Şekil 44). 2B analizlerdeki taşıma, sıralama ve düşme hızı metotlarında kullanılacak formüller seçilirken daha modern ve yakın zamanlı olmaları tercih edilir. Bu sebeple 2B analizlerde kullanılacak olan taşıma ve düşme hızı metotları genellikle Soulsby, Van Rijn ve Wu olarak kullanılmaktadır. 2B analizlerde sıralama yönteminde kullanılabilecek tek seçenek ‘Active Layer’ seçeneğidir. ‘Copeland’ ve ‘Thomas’ formülleri 1B analizler için kullanılmaktadır (URL-10, 2023). ‘Boundary Condition’ sekmesinde ise sediment taşınımının sınır değerlerinin tanımlanması gerekmektedir. Bu sekmede bulunan ‘Rating Curve’ yani anahtar eğrisi akışın bir fonksiyonu olarak belirli

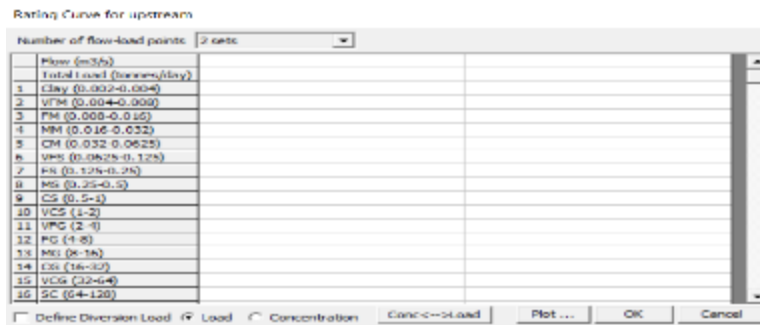
debi değerlerinde taşınan sediment yükünü ve bu yüklerin konsantrasyonunun belirtildiği kısımdır (Şekil 45). '2D Bed Gradations' sekmesinde Ras Mapper'da tanımlanan sediment tabakası seçilmiştir.



Şekil 43. HEC-RAS 6.3.1 sediment verilerinin tanımlanması



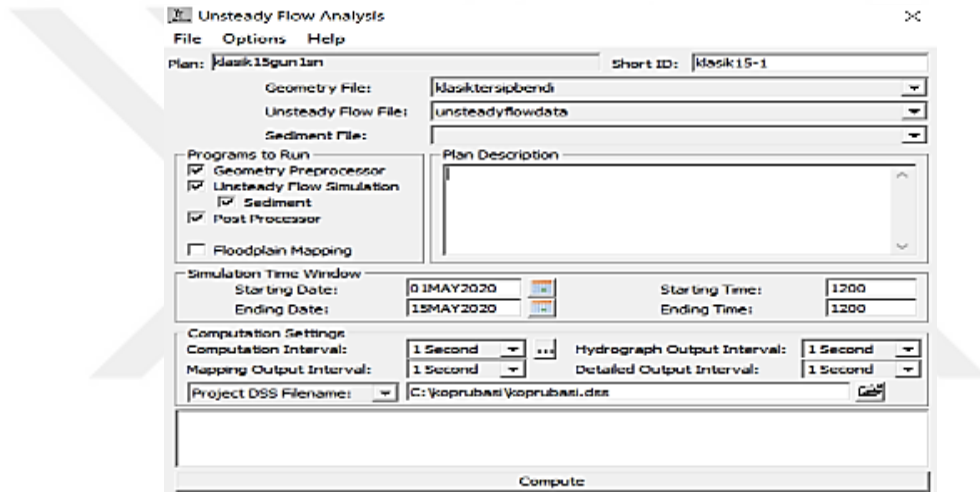
Şekil 44. HEC-RAS 6.3.1 yatak malzeme gradasyonunun tanımlanması



Şekil 45. HEC-RAS 6.3.1 sediment sınır değerlerinin anahtar eğrisi ile tanımlanması

2.3.5. Kararsız Akış Analizi ve Sonuçların Görüntülenmesi

Akım ve sediment verileri HEC-RAS'a işlendikten sonra kararsız akış analizini başlatmak için 'Unsteady Flow Analysis' sekmesine girilmiştir. Çalışmaya özgü programda ayarlanan geometri, akım ve sediment verileri seçilerek kararsız akış ve sediment analizleri başlatılmıştır. Hidrograf oluşturulurken belirlenen söz konusu hidrografın başlangıç ve bitiş tarih ve saatleri 'Unsteady Flow Analysis' sekmesine yazılmıştır (Şekil 48). HEC-RAS programının yapacağı analizde hesaplama ve sonuçların çıktılarının ne kadarlık süre ile olması gerektiğinin seçimi de bu sekmeden yapılmıştır.

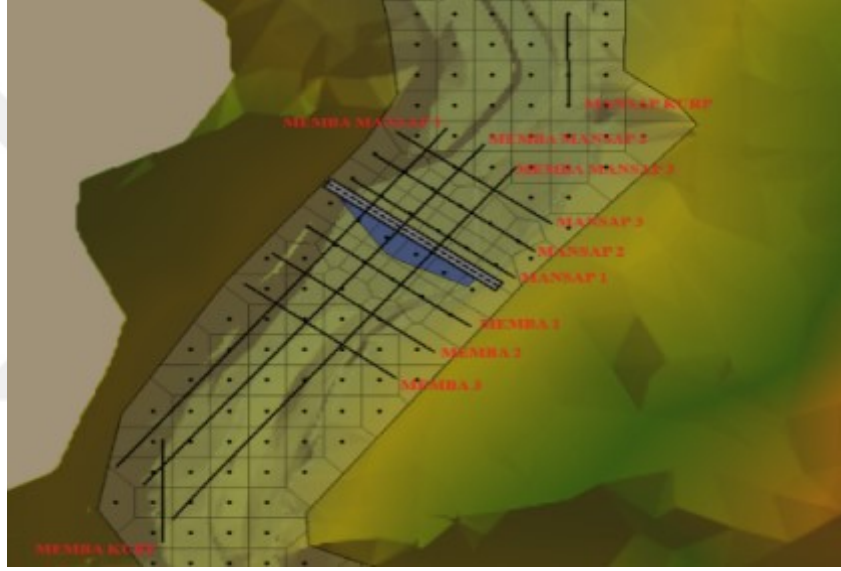


Şekil 48. HEC-RAS 6.3.1 kararsız akış analizi

Analiz sorunsuz bir şekilde tamamlandığında RAS Mapper sekmesinden analiz sonuçları incelenmiştir. Hidrolik ve sediment başlıkları altında bulunan haritalardan incelenmek istenilen veri grubu seçilerek ilgili harita oluşturulmuştur.

3. BULGULAR

Çalışma yapılan dere yatağındaki meydana gelen birikmeler, oyulmalar ve akış hızları, HEC-RAS programı Ras Mapper sekmesinde oluşturulan profil çizgileri (Şekil 49) kullanılarak gözlemlenmiştir. Bu profil çizgileri, tersip bentlerinin inşa edildiği bölgenin memba ve mansap kısımlarında dere yatağı eksenine dik ve memba mansap doğrultusunda olacak şekilde konumlandırılmıştır.

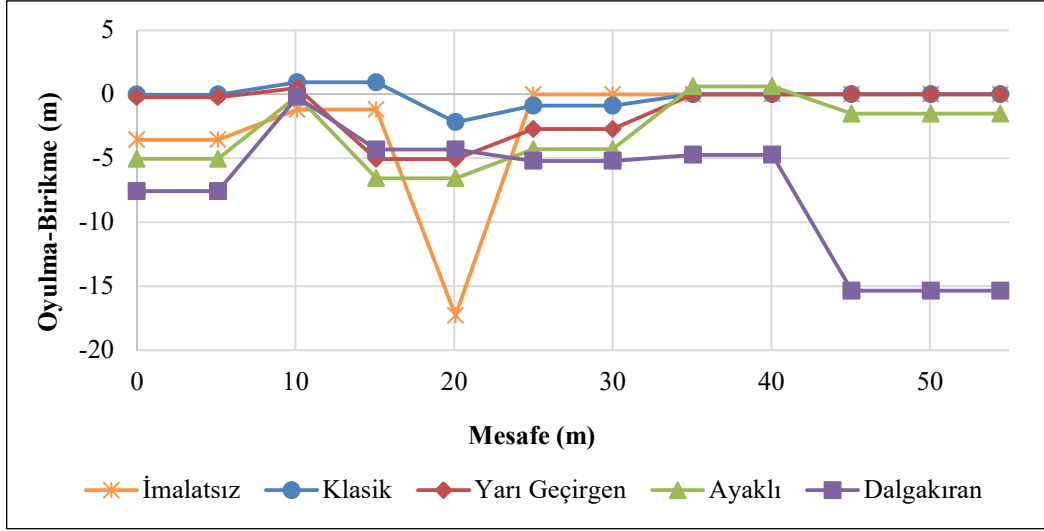


Şekil 49. Ras Mapper kullanılarak oluşturulan profil çizgileri

3.1. Dere Yatağı Değişimlerini Gösteren Analizler

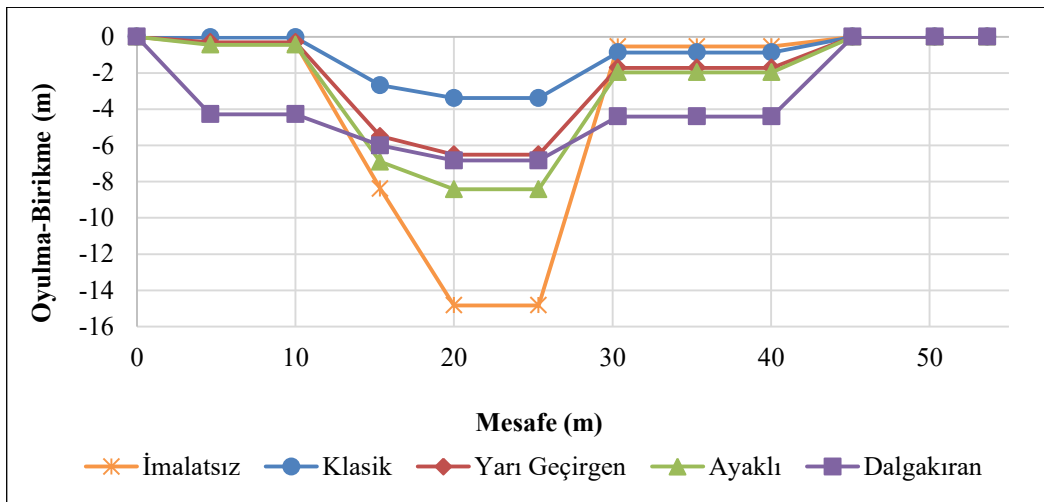
3.1.1. Memba Profilleri

Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografın ve farklı tip tersip bentlerinin HEC-RAS'a tanımlandığı modellerde tersip bentlerinin membasında meydana gelen dere yatağındaki oyulmaları ve birikmeleri gösteren grafikler Şekil 50-52'de verilmiştir.



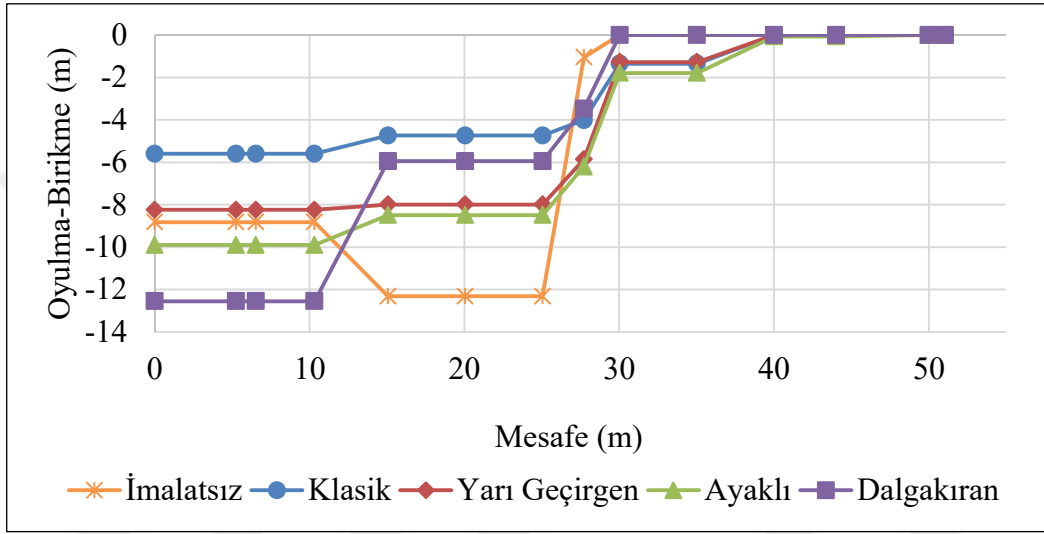
Şekil 50. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 1 nolu memba kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Şekil 50 incelendiğinde, programa tanımlanan taşkın süresi 59, toplam süresi 419 saat olan hidrograf sonucunda, 1 nolu memba kesitinde; imalat tanımlanmayan durumda 17.295 metreye ulaşan oyulmalar, klasik tersip bendinin tanımlandığı durumda 0.932 metreye ulaşan rüsubat birikimleri, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 0.486 metreye ulaşan rüsubat birikimleri, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 6.560 metreye ulaşan oyulmalar ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda ise 15.363 metreye ulaşan oyulmalar gözlemlenmiştir.



Şekil 51. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 2 nolu memba kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Şekil 51 incelendiğinde, 2 nolu memba kesitinde; imalat tanımlanmayan durumda 14.834 metreye ulaşan oyulmalar, klasik tersip bendinin tanımlandığı durumda 3.384 metreye ulaşan oyulmalar, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 6.509 metreye ulaşan oyulmalar, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 8.425 metreye ulaşan oyulmalar ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda ise 6.836 metreye ulaşan oyulmalar gözlemlenmiştir.

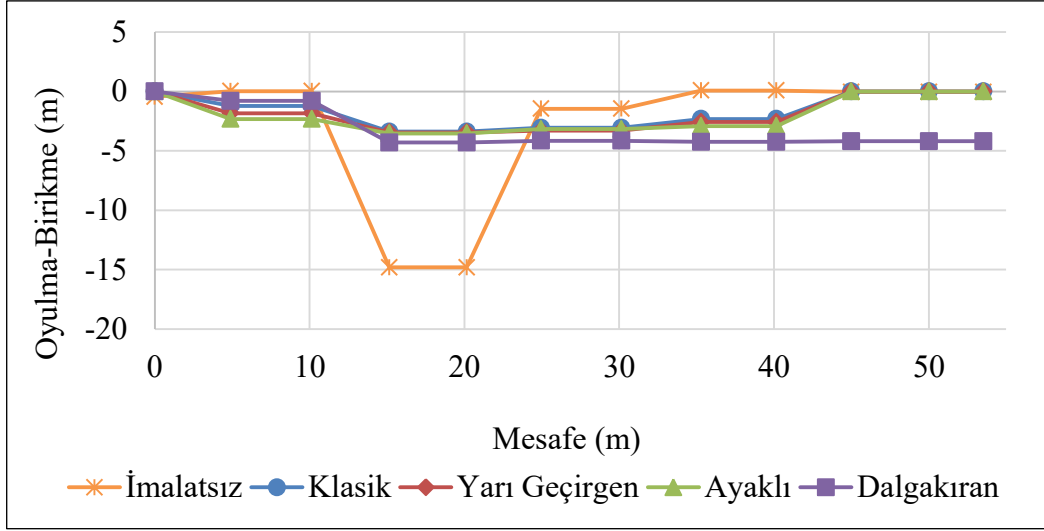


Şekil 52. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 3 nolu memba kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Şekil 52 incelendiğinde, 3 nolu memba kesitinde; imalat tanımlanmayan durumda 12.316 metreye ulaşan oyulmalar, klasik tersip bendinin tanımlandığı durumda 5.602 metreye ulaşan oyulmalar, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 8.246 metreye ulaşan oyulmalar, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 9.901 metreye ulaşan oyulmalar ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda ise 12.552 metreye ulaşan oyulmalar gözlemlenmiştir.

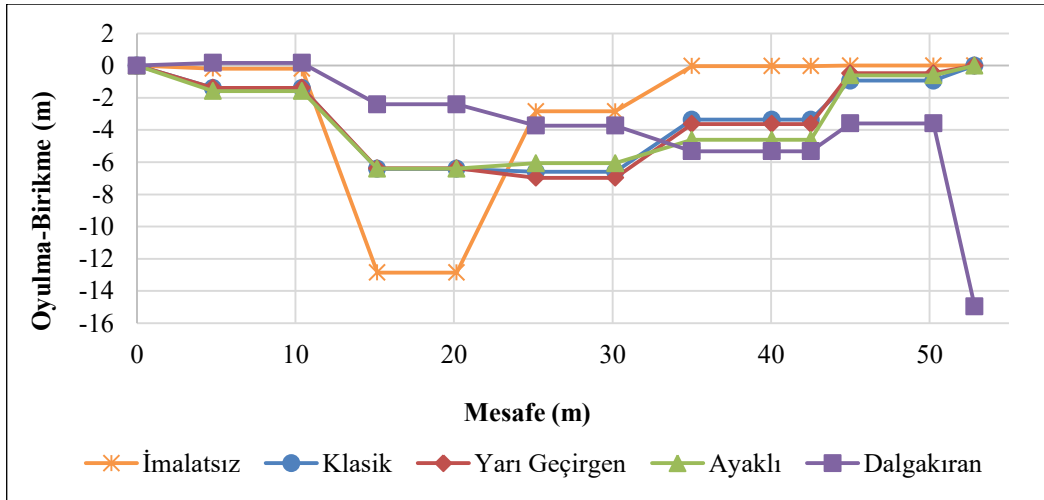
3.1.2. Mansap Profilleri

Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografın ve klasik, yarı geçirgen, geçirgen ve dalgakıran tip tersip bentlerinin HEC-RAS'a tanımlandığı modelde tersip bentlerinin mansabında meydana gelen dere yatağındaki oyulmaları ve birikimleri gösteren grafikler Şekil 53-55'de verilmiştir.



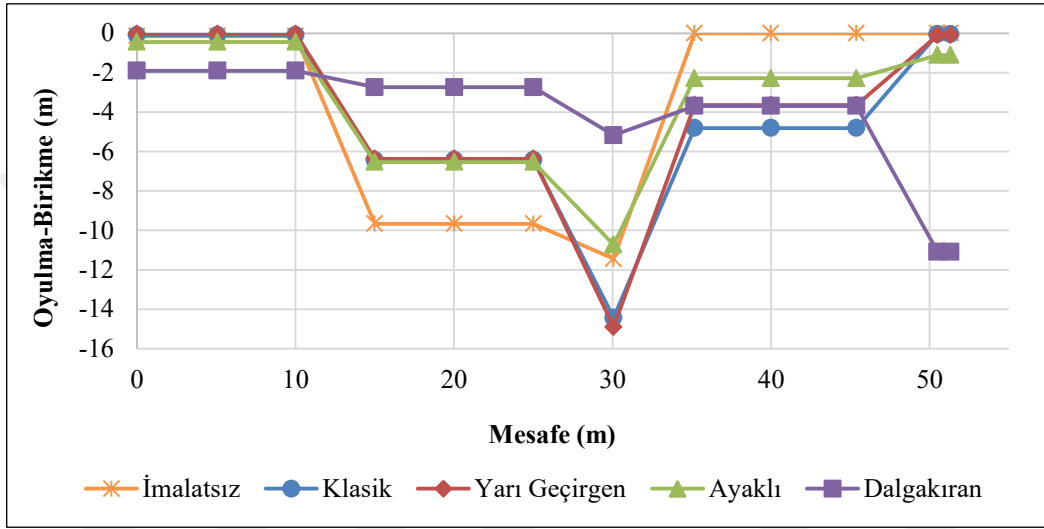
Şekil 53. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 1 nolu mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Şekil 53 incelendiğinde, 1 nolu mansap kesitinde; imalat tanımlanmayan durumda 14.812 metreye ulaşan oyulmalar, klasik tersip bendinin tanımlandığı durumda 3.385 metreye ulaşan oyulmalar, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 3.452 metreye ulaşan oyulmalar, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 3.541 metreye ulaşan oyulmalar ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda ise 4.308 metreye ulaşan oyulmalar gözlemlenmiştir.



Şekil 54. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 2 nolu mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Şekil 54 incelendiğinde, 2 nolu mansap kesitinde; imalat tanımlanmayan durumda 12.856 metreye ulaşan oyulmalar, klasik tersip bendinin tanımlandığı durumda 6.599 metreye ulaşan oyulmalar, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 6.969 metreye ulaşan oyulmalar, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 6.407 metreye ulaşan oyulmalar ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda ise 14.952 metreye ulaşan oyulmalar gözlemlenmiştir.



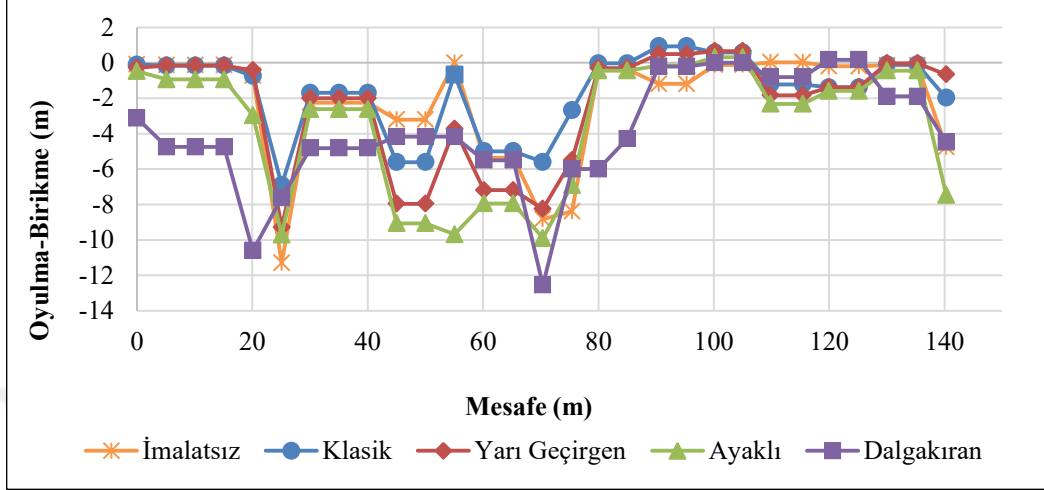
Şekil 55. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 3 nolu mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Şekil 55 incelendiğinde, 3 nolu mansap kesitinde; imalat tanımlanmayan durumda 11.443 metreye ulaşan oyulmalar, klasik tersip bendinin tanımlandığı durumda 14.428 metreye ulaşan oyulmalar, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 14.902 metreye ulaşan oyulmalar, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 10.721 metreye ulaşan oyulmalar ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda ise 11.086 metreye ulaşan oyulmalar gözlemlenmiştir.

3.1.3. Memba Mansap Profilleri

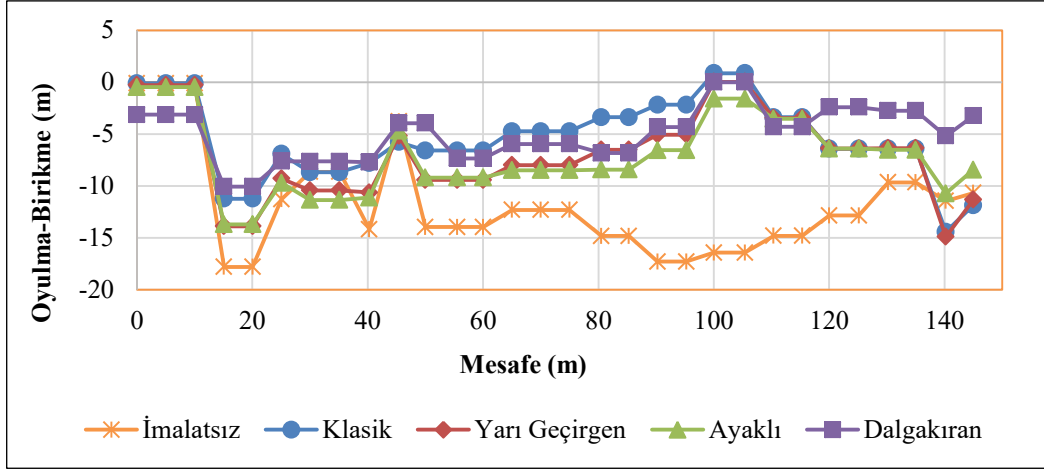
Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografın ve klasik, yarı geçirgen, geçirgen ve dalgakıran tip tersip bentlerinin HEC-RAS'a tanımlandığı modelde tersip

bentlerinin memba mansap doğrultusunda meydana gelen dere yatağındaki oyulmaları ve birikimleri gösteren grafikler Şekil 56-58’de verilmiştir.



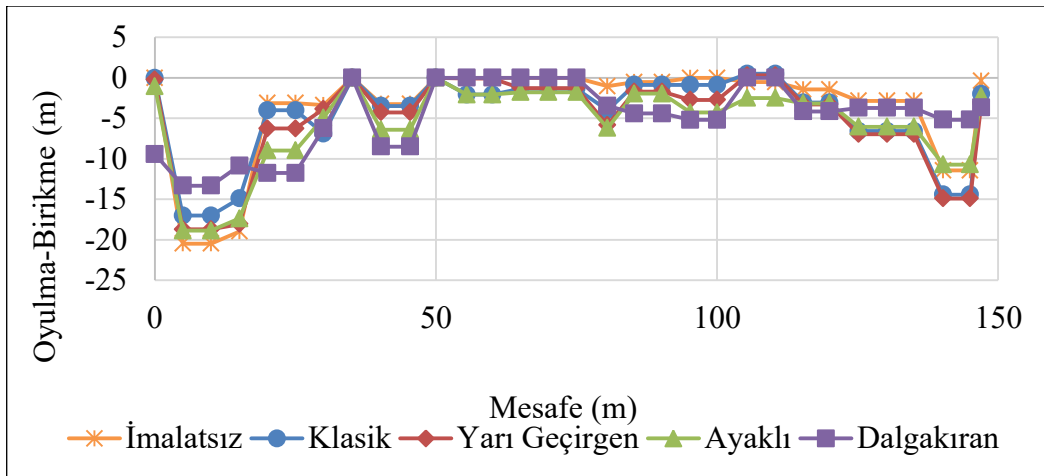
Şekil 56. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 1 nolu memba-mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Şekil 56 incelendiğinde, programa tanımlanan taşkın süresi 59, toplam süresi 419 saat olan hidrograf sonucunda, 1 nolu memba mansap kesitinde; imalat tanımlanmayan durumda 11.302 metreye ulaşan oyulmalar, klasik tersip bendinin tanımlandığı durumda 0.932 metreye ulaşan rüsubat birikimleri, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 0.662 metreye ulaşan rüsubat birikimleri, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 0.304 metreye ulaşan rüsubat birikimleri ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda ise 12.552 metreye ulaşan oyulmalar gözlemlenmiştir.



Şekil 57. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 2 nolu memba-mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Şekil 57 incelendiğinde, 2 nolu memba mansap kesitinde; imalat tanımlanmayan durumda 17.810 metreye ulaşan oyulmalar, klasik tersip bendinin tanımlandığı durumda 0.862 metreye ulaşan rüsubat birikimleri, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 14.902 metreye ulaşan oyulmalar, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 13.698 metreye ulaşan oyulmalar ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda ise 10.055 metreye ulaşan oyulmalar gözlemlenmiştir.



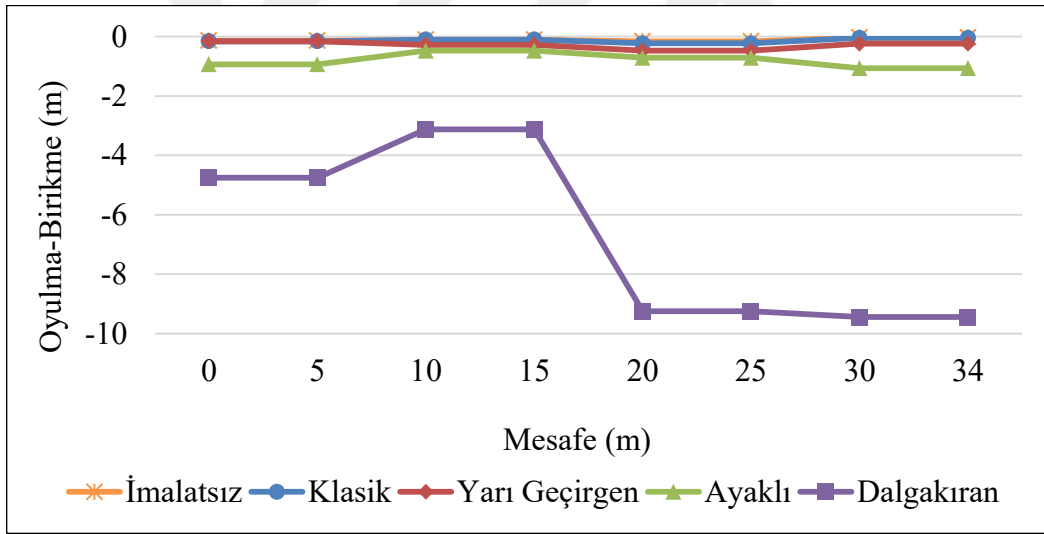
Şekil 58. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda 3 nolu memba-mansap kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Şekil 58 incelendiğinde, 3 nolu memba mansap kesitinde; imalat tanımlanmayan durumda 20.484 metreye ulaşan oyulmalar, klasik tersip bendinin tanımlandığı durumda

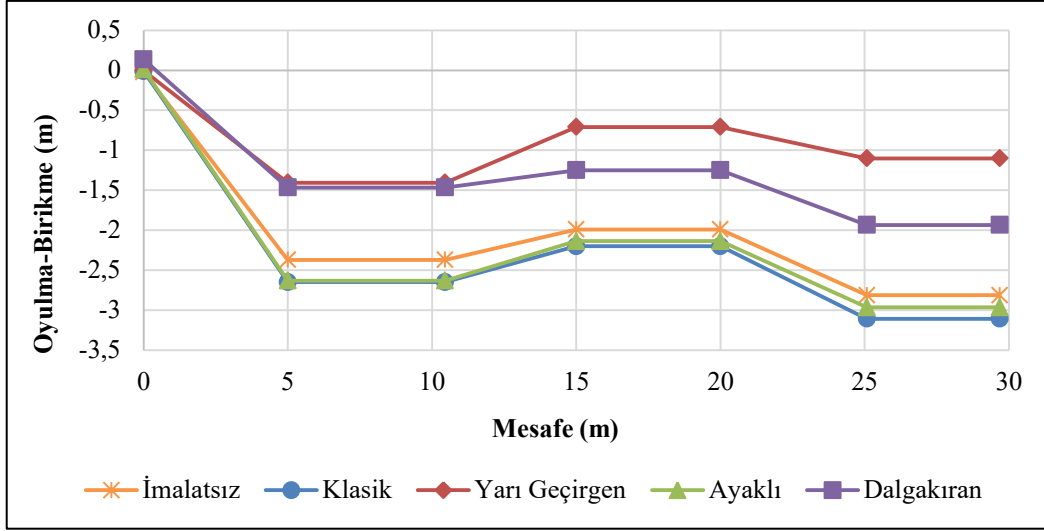
0.478 metreye ulaşan rüsubat birikimleri, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 0.292 metreye ulaşan rüsubat birikimleri, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda 18.889 metreye ulaşan oyulmalar ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı durumda ise 13.333 metreye ulaşan oyulmalar gözlemlenmiştir.

3.1.4. Memba Mansap Kurp Profilleri

Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografen ve klasik, yarı geçirgen, geçirgen ve dalgakıran tip tersip bentlerinin HEC-RAS'a tanımlandığı modelde tersip bentlerinin memba ve mansap kısmında bulunan kurp bölgelerinde meydana gelen dere yatağındaki oyulmaları ve birikimleri gösteren grafikler Şekil 59 ve Şekil 60'da verilmiştir.



Şekil 59. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda memba kurp kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler



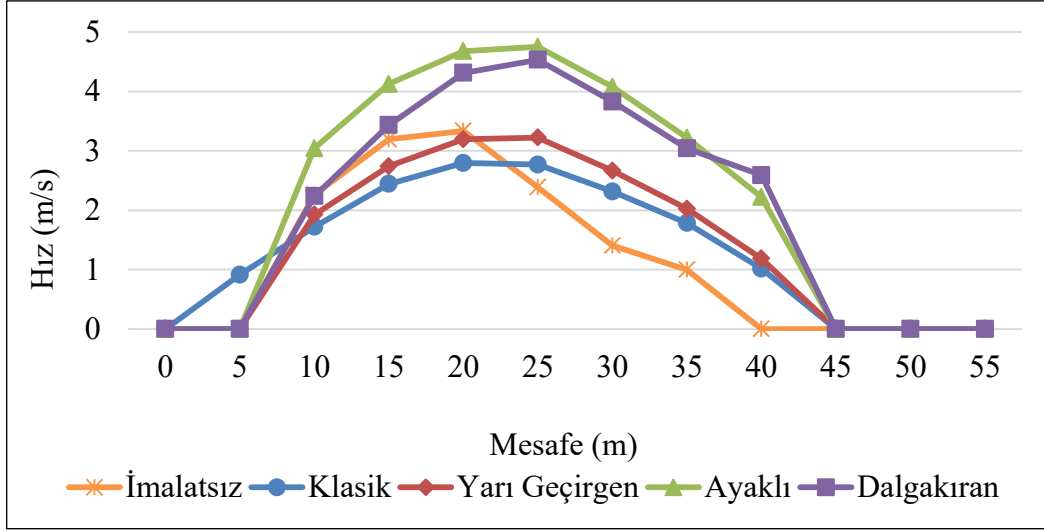
Şekil 60. Kararsız akış altında oluşan sediment hareketi sonucunda mansap kurp kesitinin bulunduğu arazide meydana gelen değişimler

Dere yatağının membasındaki kurp bölgesinde; imalat tanımlanmayan modelde 0.157 metre, klasik tersip bendinin tanımlandığı modelde 0.227 metre, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı modelde 0.478 metre, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı modelde 1.064 metre ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı modelde ise 9.444 metreye varan oyulmalar gözlemlenmiştir. Dere yatağının mansabındaki kurp bölgesinde ise; imalat tanımlanmayan modelde 2.813 metre, klasik tersip bendinin tanımlandığı modelde 3.108 metre, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı modelde 1.407 metre, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı modelde 2.966 metre ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı modelde ise 1.935 metreye varan oyulmalar gözlemlenmiştir.

3.2. Akış Hızını Gösteren Çalışmalar

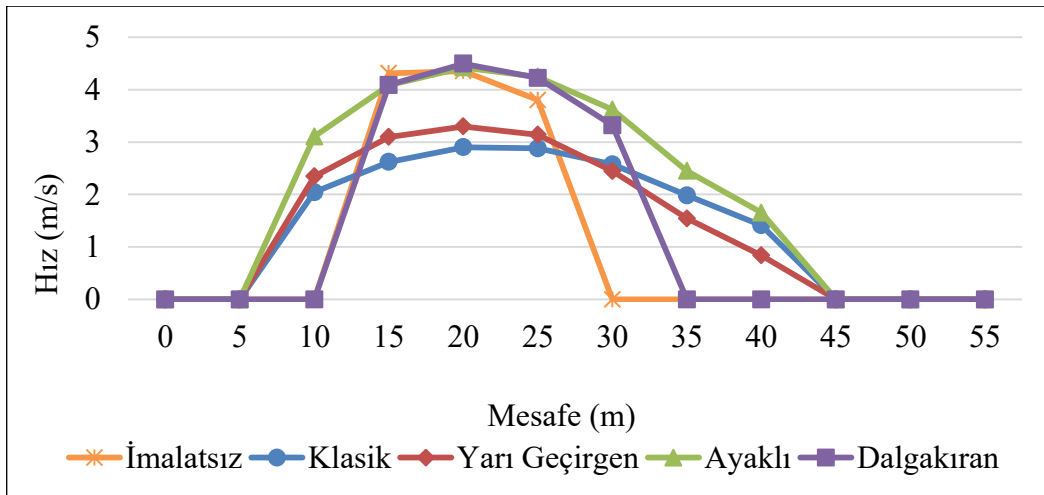
3.2.1. Memba Profilleri

HEC-RAS'a tanımlanan hidrografın pik debisi olan $572.318 \text{ m}^3/\text{s}$ akışın olduğu anda klasik, yarı geçirgen, geçirgen ve dalgakıran tip tersip bentlerinin HEC-RAS'a tanımlandığı modelde tersip bentlerinin membasında meydana gelen dere yatağındaki akış hızı değerlerini gösteren grafikler Şekil 61-63'te verilmiştir.



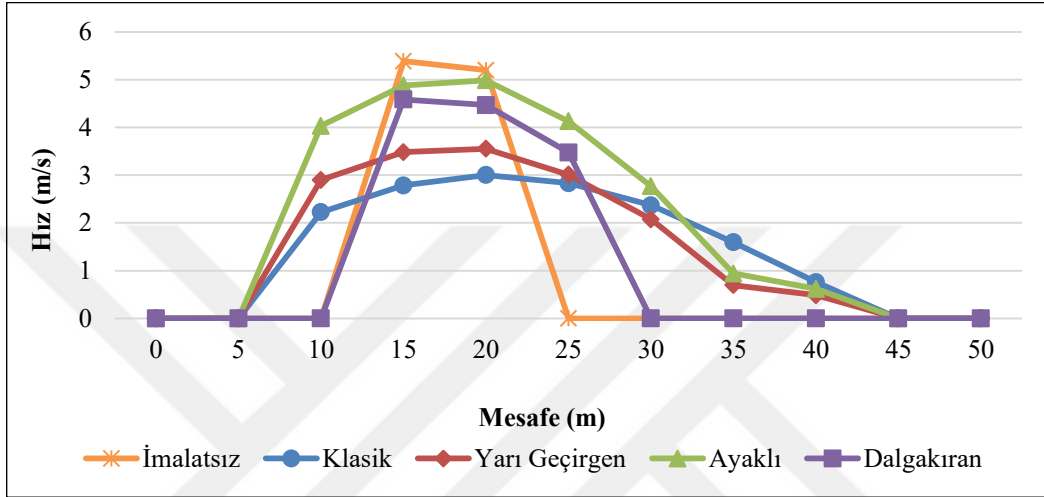
Şekil 61. Çalışma alanının memba bölgesinde belirlenen 1 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri

Şekil 61 incelendiğinde, 1 numaralı memba kesitinde hidrografın pik debisi olduğu an su akış hızları; imalat tanımlanmayan senaryoda 3.337 m/s, klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 2.794 m/s, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.222 m/s, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 4.751 m/s ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise 4.533 m/s olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 62. Çalışma alanının memba bölgesinde belirlenen 2 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri

Şekil 62 incelendiğinde, 2 numaralı memba kesitinde hidrografın pik debisi olduğu an su akış hızları; imalat tanımlanmayan senaryoda 4.354 m/s, klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 2.902 m/s, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.297 m/s, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 4.422 m/s ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise 4.496 m/s olduğu gözlemlenmiştir.

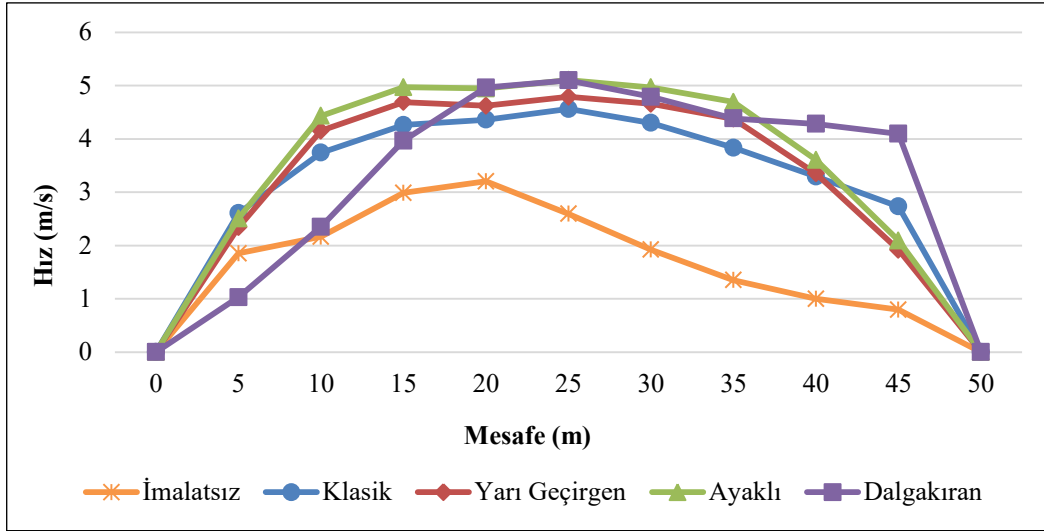


Şekil 63. Çalışma alanının memba bölgesinde belirlenen 3 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri

Şekil 63 incelendiğinde, 3 numaralı memba kesitinde hidrografın pik debisi olduğu an su akış hızları; imalat tanımlanmayan senaryoda 5.386 m/s, klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.005 m/s, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.552 m/s, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 4.988 m/s ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise 4.584 m/s olduğu gözlemlenmiştir.

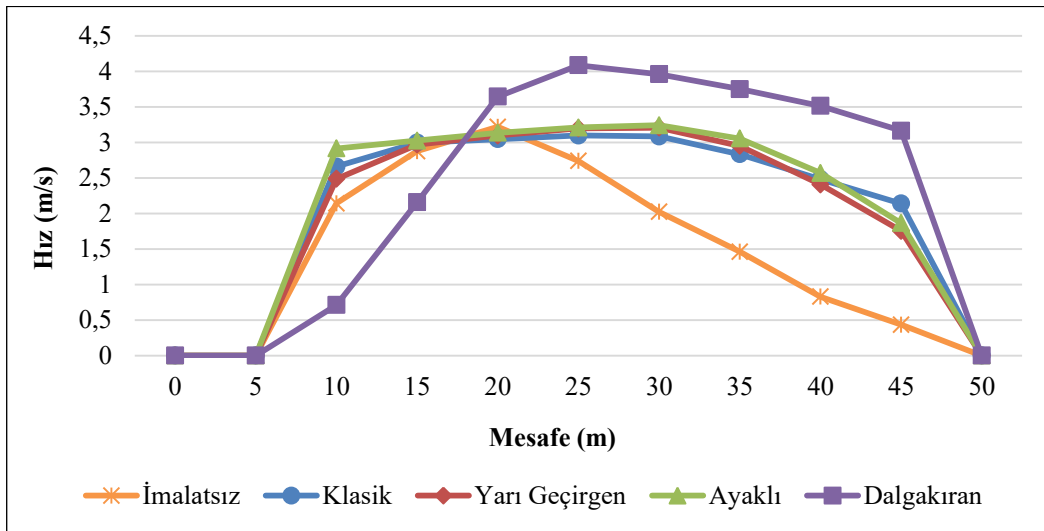
3.2.2. Mansap Profilleri

HEC-RAS'a tanımlanan hidrografın pik debisi olan $572.318 \text{ m}^3/\text{s}$ akışın olduğu anda klasik, yarı geçirgen, geçirgen ve dalgakıran tip tersip bentlerinin HEC-RAS'a tanımlandığı modelde tersip bentlerinin mansabında meydana gelen dere yatağındaki akış hızı değerlerini gösteren grafikler Şekil 64-66'da verilmiştir.



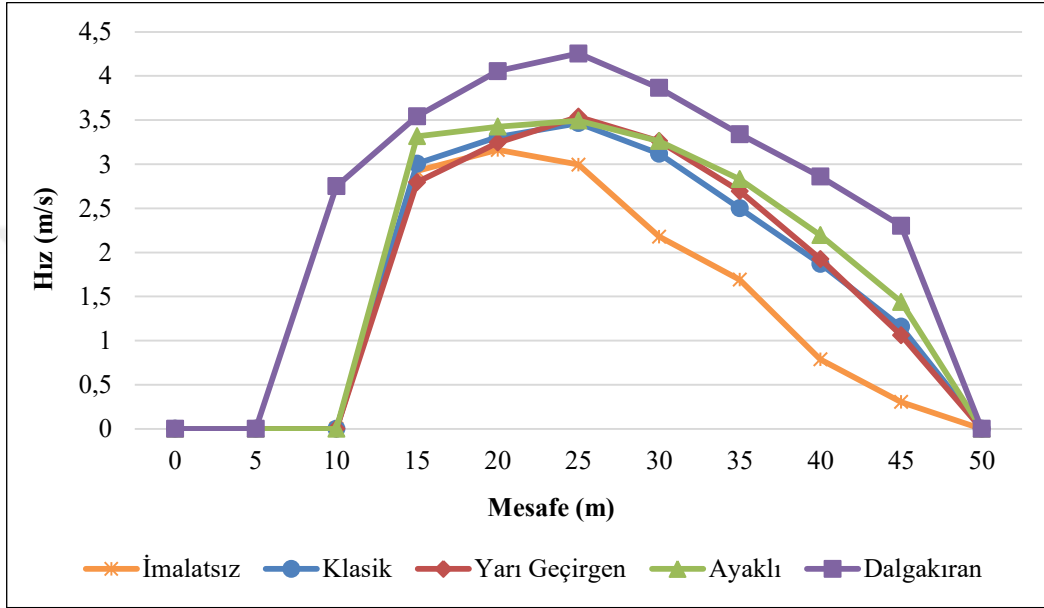
Şekil 64. Çalışma alanının mansap bölgesinde belirlenen 1 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri

Şekil 64 incelendiğinde, 1 numaralı mansap kesitinde hidrografın pik debisi olduğu an su akış hızları; imalat tanımlanmayan senaryoda 3.203 m/s, klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 4.562 m/s, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 4.789 m/s, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 5.105 m/s ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise 5.098 m/s olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 65. Çalışma alanının mansap bölgesinde belirlenen 2 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri

Şekil 65 incelendiğinde, 2 numaralı mansap kesitinde hidrografın pik debisi olduğu an su akış hızları; imalat tanımlanmayan senaryoda 3.218 m/s, klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.097 m/s, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.207 m/s, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.209 m/s ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise 4.086 m/s olduğu gözlemlenmiştir.

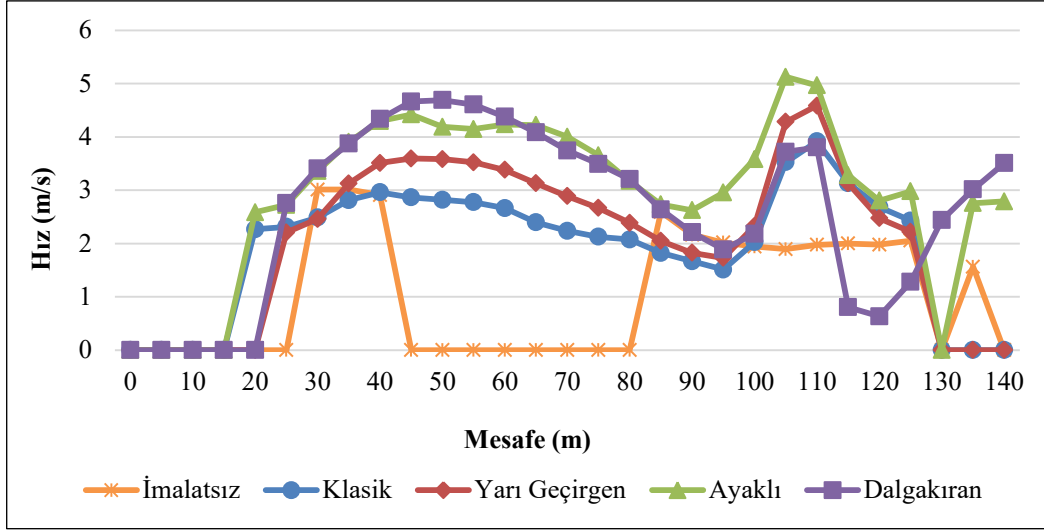


Şekil 66. Çalışma alanının mansap bölgesinde belirlenen 3 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri

Şekil 66 incelendiğinde, 3 numaralı mansap kesitinde hidrografın pik debisi olduğu an su akış hızları; imalat tanımlanmayan senaryoda 3.163 m/s, klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.466 m/s, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.538 m/s, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.495 m/s ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise 4.254m/s olduğu gözlemlenmiştir.

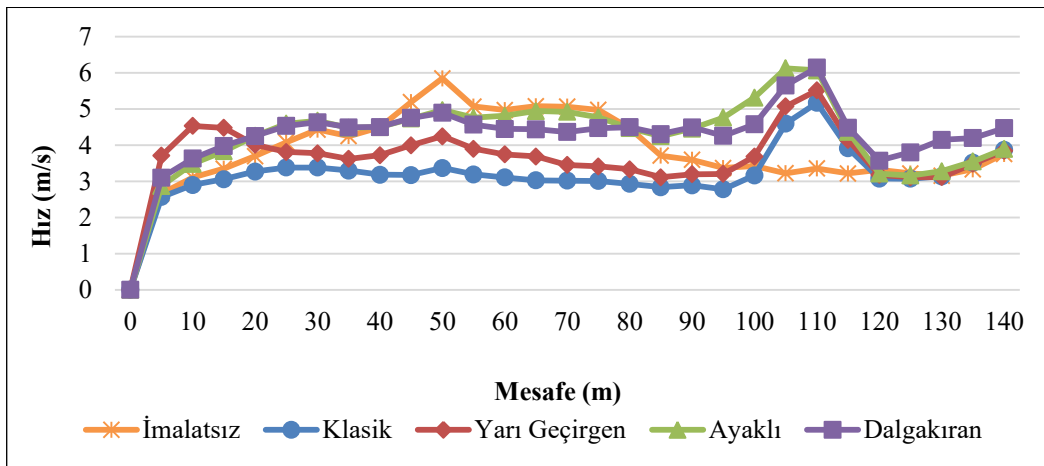
3.2.3. Memba Mansap Profilleri

HEC-RAS'a tanımlanan hidrografın pik debisi olan 572.318 m³/s akışın olduğu anda klasik, yarı geçirgen, geçirgen ve dalgakıran tip tersip bentlerinin HEC-RAS'a tanımlandığı modelde tersip bentlerinin memba mansap doğrultusunda meydana gelen dere yatağındaki akış hızı değerlerini gösteren grafikler Şekil 67-69'da verilmiştir.



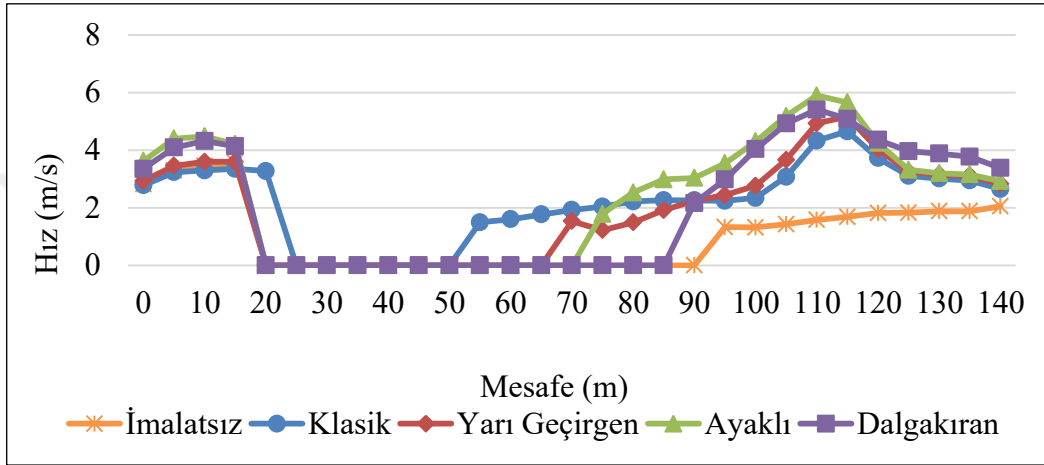
Şekil 67. Çalışma alanının memba-mansap doğrultusunda belirlenen 1 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri

Şekil 67 incelendiğinde, 1 numaralı memba mansap kesitinde hidrografın pik debisi olduğu an su akış hızları; imalat tanımlanmayan senaryoda 3.013 m/s, klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 3.914 m/s, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 4.586 m/s, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 5.126 m/s ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise 4.689 m/s olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 68. Çalışma alanının memba-mansap doğrultusunda belirlenen 2 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri

Şekil 68 incelendiğinde, 2 numaralı memba mansap kesitinde hidrografın pik debisi olduğu an su akış hızları; imalat tanımlanmayan senaryoda 5.846 m/s, klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 5.168 m/s, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 5.512 m/s, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 6.121 m/s ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise 6.143 m/s olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 69. Çalışma alanının memba-mansap doğrultusunda belirlenen 3 nolu profil çizgisindeki akış hızı değerleri

Şekil 69 incelendiğinde, 3 numaralı memba mansap kesitinde hidrografın pik debisi olduğu an su akış hızları; imalat tanımlanmayan senaryoda 3.555 m/s, klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 4.561 m/s, yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 5.171 m/s, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda 5.899 m/s ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise 5.407 m/s olduğu gözlemlenmiştir.

3.3. İmalatsız Dere Yatağı ve Farklı Tip Tersip Bentlerinin Karşılaştırılması

HEC-RAS'a tanımlanan taşkın süresi 59, toplam süresi 419 saat olan hidrograf sonucunda memba ve mansapta belirlenmiş profil çizgilerinin olduğu alanda meydana gelen birikmeler ve oyulmalar Tablo 6-8'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografın sonucunda memba profil çizgilerinde meydana gelen maksimum birikme ve oyulmalar (+ birikme, - ise erozyon eğilimini ifade etmektedir)

Analiz Türü	Memba 1 (m)	Memba 2 (m)	Memba 3 (m)
İmalatsız dere yatağı	-17.295	-14.834	-12.316
Klasik tersip bendi	+0.932, -2.183	-3.384	-5.602
Yarı geçirgen tersip bendi	-5.069	-6.509	-8.246
Ayaklı geçirgen tersip bendi	+0.619, -6.560	-8.425	-9.901
Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi	-15.363	-6.836	-12.552

Tablo 7. Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografın sonucunda mansap profil çizgilerinde meydana gelen maksimum birikme ve oyulmalar (+ birikme, - ise erozyon eğilimini ifade etmektedir)

Analiz Türü	Mansap 1 (m)	Mansap 2 (m)	Mansap 3 (m)
İmalatsız dere yatağı	-14.812	-12.856	-11.443
Klasik tersip bendi	-3.385	-6.599	-14.428
Yarı geçirgen tersip bendi	-3.452	-6.969	-14.902
Ayaklı geçirgen tersip bendi	-3.541	-6.407	-10.721
Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi	-4.308	-14.952	-11.086

Tablo 8. Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrografın sonucunda memba-mansap doğrultusundaki profil çizgilerinde meydana gelen maksimum birikme ve oyulmalar (+ birikme, - ise erozyon eğilimini ifade etmektedir)

Analiz Türü	Memba-Mansap 1 (m)	Memba-Mansap 2 (m)	Memba-Mansap 3 (m)
İmalatsız dere yatağı	+0.024, -11.302	-17.295	-20.484
Klasik tersip bendi	+0.932, -6.907	+0.862, -14.428	+0.478, -14.428
Yarı geçirgen tersip bendi	+0.662, -7.958	+0.024, -14.902	+0.292, -18.729
Ayaklı geçirgen tersip bendi	+0.304, -9.901	-13.698	-18.889
Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi	+0.170, -12.552	-10.055	-13.333

Tablo 6 incelendiğinde, klasik ve ayaklı geçirgen tersip bentlerinin tanımlandığı senaryolarda dere yatağında rüsubat birikimleri gözlemlenmektedir. Tersip bentlerinin çalışma arazisine tanımlandığı durumlarda memba kısmına doğru gidildikçe dere yatağında meydana gelen oyulmaların arttığı gözlemlenmektedir. Bu tablo sonucunda, taşkın anlarında mansap bölgesine ulaşan rusübi malzemenin yayılmasını engelleme amacıyla yapılacak tersip bentlerinin, bu olumsuz etkiyi pozitif yönde etkilediğini göstermektedir.

Tablo 7 incelendiğinde, tersip bentlerinin mansap kısımlarında bulunan arazilerin tamamının oyulmaya maruz kaldığı gözlemlenmektedir. Tersip bentlerinin imalatının yapıldığı bölgeden mansaba doğru gidildikçe tersip bentlerinin oyulmaya karşı olan etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Memba ve mansap doğrultusunda çizilen profil çizgileri sonucunda dere yatağının farklı bölgelerinde birikmeler ve oyulmalar gözlemlenmiş olup bu veriler Tablo 6 ve Tablo 7'de ayrı ayrı sunulmuş, daha kapsamlı bir karşılaştırma için ise Tablo 8'de bir araya getirilmiştir. Tablo 8 incelendiğinde, taşkın kontrol tesislerinin bulunmadığı dere yataklarında oluşan oyulmaların, türüne bakılmaksızın tüm tersip bentlerinin inşa edildikten sonra azaldığı ve klasik, yarı geçirgen ve ayaklı geçirgen tersip bentlerinde kayda değer rüsubat birikmeleri meydana geldiği gözlemlenmiştir.

HEC-RAS'a tanımlanan hidrografın pik debisi olan $572.318 \text{ m}^3/\text{s}$ akışın olduğu anda memba ve mansapta belirlenmiş profil çizgilerinin olduğu alanda oluşan akış hızları Tablo 9-11'de gösterilmiştir.

Tablo 9. Q_{50} taşkın debisi anındaki memba profil çizgilerindeki su hızları (m/s)

Analiz Türü	Memba 1 (m/s)	Memba 2 (m/s)	Memba 3 (m/s)
İmalatsız dere yatağı	3.337	4.354	5.386
Klasik tersip bendi	2.794	2.902	3.005
Yarı geçirgen tersip bendi	3.222	3.297	3.552
Ayaklı geçirgen tersip bendi	4.751	4.422	4.988
Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi	4.533	4.496	4.584

Tablo 10. Q_{50} taşkın debisi anındaki mansap profil çizgilerindeki su hızları (m/s)

Analiz Türü	Mansap 1 (m/s)	Mansap 2 (m/s)	Mansap 3 (m/s)
İmalatsız dere yatağı	3.203	3.218	3.163
Klasik tersip bendi	4.562	3.097	3.466
Yarı geçirgen tersip bendi	4.789	3.207	3.538
Ayaklı geçirgen tersip bendi	5.105	3.209	3.495
Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi	5.098	4.086	4.254

Tablo 11. Q_{50} taşkın debisi anındaki memba-mansap doğrultusundaki profil çizgilerindeki su hızları (m/s)

Analiz Türü	Memba-Mansap 1 (m/s)	Memba-Mansap 2 (m/s)	Memba-Mansap 3 (m/s)
İmalatsız dere yatağı	3.013	5.846	3.555
Klasik tersip bendi	3.914	5.168	4.651
Yarı geçirgen tersip bendi	4.586	5.512	5.171
Ayaklı geçirgen tersip bendi	5.126	6.121	5.899
Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi	4.689	6.143	5.407

Tablo 9 incelendiğinde, çalışmanın memba bölgesinde meydana gelen akış hızlarının, klasik ve yarı geçirgen tersip bentlerinin tanımlandığı senaryolarda belirgin bir şekilde azaldığı gözlemlenmektedir.

Tablo 10 incelendiğinde, tersip bentlerini geçen akışın en hızlı olduğu bölgenin tersip bentlerine en yakın yer olan düşü bölgeleri olduğu gözlemlenmektedir. Dolusavak üzerinden geçen akışın düşü yaptığı kısımda maksimum su hızına ulaştığı gözlemlenmiş olup belli bir mesafede akış hızı azaldıktan sonra tekrar akış hızının arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 11 incelendiğinde, tüm senaryolarda dere ekseninde meydana gelen su akış hızının sağ ve sol sahilde meydana gelen akış hızından fazla olduğu gözlemlenmiştir.

HEC-RAS'a tanımlanan taşkın süresi 59, toplam süresi 419 saat olan hidrograf sonucunda memba ve mansap kısımlarındaki kurp bölgesinde belirlenmiş profil çizgisinin olduğu alanda meydana gelen birikmeler ve oyulmalar Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. Q_{50} taşkın debisi kullanılarak oluşturulan hidrograf sonucunda kurp bölgesinde meydana gelen maksimum birikme ve oyulmalar (+ birikme, - ise erozyon eğilimini ifade etmektedir)

Analiz Türü	Memba Kurp Bölgesindeki Oyulma (m)	Mansap Kurp Bölgesindeki Oyulma (m)
İmalatsız dere yatağı	-0.157	-2.813
Klasik tersip bendi	-0.227	-3.108
Yarı geçirgen tersip bendi	-0.478	-1.407
Ayaklı geçirgen tersip bendi	-1.064	-2.966
Dalgakıran tip geçirgen tersip bendi	-9.444	-1.935

Tablo 12 incelendiğinde tersip bentleri uygulanması planlanan arazinin memba kısmında bulunan kurp bölgelerindeki oyulma değerlerinin dalgakıran tip geçirgen tersip bendinde gözle görülür şekilde yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Mansap kısmında bulunan kurp bölgesinde ise yarı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda en küçük oyulma değerlerine ulaşılmıştır.

3.4. İrdeleme

Bu araştırmanın sonuçları ve literatürdeki çalışmalar (Ducioame, 2018; Hussain ve Shahab, 2020; Ulfiana vd., 2020; Wulandari vd., 2020; Amini vd., 2022; Bigham, 2022; Pondaag vd., 2022; Setiawan vd., 2022) arazide inşa edilen veya ilave imalatla yükseltilen tersip bentlerinin, çalışma alanlarında bulunmadığı durumlara göre nehir yatağı morfolojisinde çeşitli değişikliklere sebep olduğunu göstermektedir. Genellikle üst havzadan taşınan rüsubi malzemenin mansaba akışının engellenmesi amacıyla yapılmış olan tersip bentlerinin yapım amaçlarına uygun bir şekilde çalıştıkları bu çalışmalar sonucunda gözlemlenmektedir.

Sabit dere yatağına sahip olan akarsularda yapılan HEC-RAS 1B sediment taşınımı analizleri (Ghimire, 2016; Mohammed vd., 2016; Mustafa vd., 2017; Dahl vd., 2018; Mohammed vd., 2018; Joshi vd., 2019; Damte vd., 2021; Noor vd., 2022; Setiawan vd., 2022), akarsu yatağının eğimi ve taşınan yükselti boyunca değişiklikleri incelemektedir. Bu tür analizler, sediment taşınımı, taşkın modellemesi ve erozyon kontrolü gibi projelerde kritik önem taşımaktadır. Aynı zamanda, HEC-RAS 2B sediment taşınımı analizi (Nama vd., 2022; Nelson vd., 2022; Marx, 2022; Shretsha, 2022), akış hızı ve yataktaki su derinliği gibi temel hidrolik özelliklerin yanı sıra akışa dik olarak taşınan yükselti bileşenlerini de dikkate almaktadır. Bu analizlerin amacı, akarsuyun alt ve üst kısmındaki çeşitli alanlarda değişken yüzey seviyelerine sahip akarsuların, çeşitli akış koşulları altında değişen yatak yüksekliklerini ve sediment yükünü incelemektir.

Amini vd. (2022) çalışmasında, dere yataklarına yerleştirilen tersip bentlerinin suyun tutulmasını sağlayarak akış hızını düşürdüğünü ve taşkın olaylarının şiddetini azalttığını belirtmişlerdir. Tersip bentlerinin, suyun belirli bölgelerde birikmesini ve yavaşça salınmasını sağlayarak taşkın olaylarında enerji kırıcı bir rol oynayacağından bahsetmişlerdir. Ayrıca, tersip bentlerinden geçen akışın, bentlerin dolusavaklarının üzerinden geçerken arttığını vurgulamışlardır. HEC-RAS kullanılarak yapılan taşkın ve

rüsubat modellemesiyle ilgili bu çalışmada da; Şekil 57 incelendiğinde dere yatağı boyunca akış ekseninde meydana gelen oyulmaların gösterildiği ve dere yatağına imalat tanımlanmayan durumun, diğer tüm senaryolardan daha fazla oyulmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, Amini vd.'nin (2022) çalışmasıyla uyumlu veriler elde edilmiştir. Ayrıca, Şekil 67, Şekil 68 ve Şekil 69'dan da görülebileceği üzere, tersip bentlerinin üzerinden geçen akışın hızlandığı gözlemlenmiş ve yine Amini vd.'nin (2022) çalışmasıyla benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Ulfiana vd. (2020), çalışmasında bent sonrasındaki kanal genişliği arttıkça akış hızının azaldığını ve su yüksekliğinin arttığını, dar kanal genişliklerinde ise akış hızının artarak daha fazla sediment taşınımına yol açtığını belirtmişlerdir. Geniş kanallarda, akış hızının düşmesi ve suyun yayılması nedeniyle daha fazla sediment birikimi sağlanmakta; dar kanalların sebep olduğu yüksek akış hızları ise sedimentin rezervuara taşınmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, imal edilen bentler sonrasındaki genişletilmiş kanalların, sedimentin rezervuara ulaşmadan önce birikmesini sağlayarak rezervuarın kullanım ömrünü uzattığı vurgulanmıştır. Buna ilaveten, Nama vd. (2022) ve Nelson vd. (2022) çalışmalarında yüksek akış hızlarında sediment taşınım kapasitesinin arttığını, düşük akış hızlarında ise sediment birikiminin daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

HEC-RAS kullanılarak taşkın ve rüsubat modellemesi yapılan bu çalışmada da, dere yatağına tanımlanan tersip bentlerinin memba kısmında birikmelerin meydana geldiği gözlemlenmiş olup Ulfiana vd.'nin (2020) çalışması ile tutarlı veriler elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada kanal genişliğinin artması ile birlikte akış hızının azalacağı ve mansap bölgesine sediment taşınımının azalacağı belirtilmiştir. Tez çalışmasındaki sonuçlar incelendiğinde (Şekil 67, Şekil 68), tersip bendinin hemen memba kısmında bulunan dere yatağının geniş arazisinde akış hızlarının azaldığı ve birikmelerin meydana geldiği gözlemlenmiş olup Ulfiana vd.'nin (2020), Nama vd.'nin (2022) ve Nelson vd.'nin (2022) çalışmaları ile uyumlu veriler elde edilmiştir.

Hussain ve Shahab (2020) çalışmalarında, baraj rezervuarında inşa edilecek olan enine yapıların, baraj rezervuarına sediment girişini önemli ölçüde azaltacağı ve enerji projelerinin sürdürülebilirlik işletiminde önemli bir rol oynayacağı sonucuna varmışlardır. HEC-RAS kullanılarak yapılan taşkın ve rüsubat modellemesiyle ilgili bu çalışmada; Tablo 6 ve 8 incelendiğinde, rüsubat kontrol amacıyla yapılan tersip bentlerinin memba bölgelerinde kayda değer rüsubat birikimleri gözlemlenmiş olup Hussain ve Shahab'ın (2020) çalışması ile uyumlu veriler elde edilmiştir.

Setiawan vd. (2020), çalışmalarında mevcut tersip bendinin 10 metre yükseltilmesinin, çalışılan nehirdeki sediment birikimi üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Yükseltilecek tersip bendinin nehir yatağındaki akış hızını ve sediment taşınımını azalttığını ve sediment birikimine neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Oluşan sediment birikiminin, tersip bendinin suyun akışının yavaşlamasına sebep olması dolayısıyla meydana geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, nehir yatağında meydana gelen erozyon hacminde %5.23 azalma gözlemlenmiştir.

HEC-RAS kullanılarak yapılan taşkın ve rüsubat modellemesiyle ilgili bu çalışmada; Şekil 57 incelendiğinde dere yatağı boyunca akış ekseninde meydana gelen oyulmaların gösterildiği ve dere yatağına imalat tanımlanmayan durumun, diğer tüm senaryolardan daha fazla oyulmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu gözlem, Setiawan vd.'nin (2020) nehir yatağındaki erozyon ile ilgili verileri elde ettiği çalışmasıyla uyumlu çıkmıştır. Tez çalışmasındaki sonuçlar incelendiğinde (Şekil 67, Şekil 68), tersip bendinin hemen memba kısmında bulunan dere yatağında akış hızlarının azaldığı ve birikmelerin meydana geldiği gözlemlenmiş olup Setiawan vd.'nin (2020) çalışması ile uyumlu veriler elde edilmiştir.

Yenilikçi taşkın kontrol yöntemlerinden ve geçirgen tersip bendi türlerinden olan dalgakıran tip geçirgen bendi son yıllarda literatürde (Anılan ve Akçalı, 2023) ve taşkın ve rüsubat kontrolü envanterinde kendine yer bulmuş olup bu çalışmada HEC-RAS programına tanımlanmıştır. Memba mansap doğrultusunda çizilen ve dere akış ekseninde bulunan profil çizgisinin oyulma ve birikme sonuçları incelendiğinde mansaba doğru gidildikçe dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda meydana gelen oyulmanın diğer tüm senaryolara göre az olduğu gözlemlenmektedir. İmalat bölgesinin mansap kısmındaki kurp bölgesinde meydana gelen oyulma ve birikimler incelendiğinde, dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin, imalat tanımlanmayan durum, klasik tersip bendi tanımlanan durum ve ayaklı geçirgen bendi tanımlanan duruma göre daha az oyulmaya sebebiyet verdiği gözlemlenmiştir.

Anılan ve Akçalı'nın (2023) çalışmasında gerçekleştirilen laboratuvar modelleri sonucunda, dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin geometrisi gereği odunsu materyal ve rüsubat birikmesi dere yatağının sağ ve sol sahilinde gerçekleşmiştir. Bu durum dere akış ekseninde suyun akışının devamlılığını sağlarken dere eksenindeki akış hızının artabileceği öngörülebilir. HEC-RAS kullanılarak taşkın ve rüsubat modellemesi yapılan bu çalışmada, dere yatağına tanımlanan dalgakıran tip tersip bendinin bulunduğu senaryoda yapılan analizler sonucunda (Tablo 9, Tablo 10, Tablo 11) akış hızının diğer senaryolara göre

kayda değer oranda yüksek olduğu gözlemlenmiş olup bu durumun öngörülen düşünce ile uyumlu olduğu görülmektedir. Dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda akış hızının artmasıyla birlikte çalışma alanının memba kısmında bulunan kurp bölgesinde meydana gelebilecek oyulmaların da diğer senaryolara göre yüksek olabileceği öngörülebilir. Yapılan analizler sonucunda (Şekil 59) çalışma alanının membasında bulunan kurp bölgesinde diğer senaryolara göre daha yüksek oranda oyulmalar gözlemlenmiş olup öngörülen düşünce ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Anılan ve Akçalı (2023), çalışmalarında dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tek dezavantajının, yapının kavisli tasarımıyla kaynaklanan inşa zorluğu olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, bu durumun çözülebilecek bir sorun olduğuna da değinmişlerdir. Zaman içerisinde gelişen teknoloji ile birlikte, dalgakıran tip tersip bentlerinin kavisli ayak şekline uygun endüstriyel kalıpların ve gerekli olan donatıların makine üretimiyle imalatının mümkün olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, bahsedilen sorunun zamanla ortadan kalkacağı tahmin edilmektedir. Anılan ve Akçalı (2023) ve bu çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde bahse konu olan dezavantaja rağmen patenti de tescillenmiş olan (KTÜ, 23 Mayıs 2022) dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin imalatı önerilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan HEC-RAS 2B taşkın modellemesinin 1B modellemelere göre avantajları bulunmaktadır. 2B bir hidrolik model, 1B modele göre daha kolay ve hızlı hazırlanabilmektedir. Çalışma yapılacak arazinin hesap ağları ile tanımlanması ve suyun giriş ve çıkış sınır şartlarının belirlenmesi sonucunda taşkın modellemesinin kritik adımları büyük ölçüde tamamlanmaktadır. 2B modelin sonuçlarının taşkın modellemesinin başlangıcından bitişine kadar geçen süre içinde giriş sınır şartının tipine göre gerçek zamanlı olarak gözlemlenebilmesi HEC-RAS'ın RAS Mapper arayüzü sayesinde mümkün olabilmektedir. Bir boyutlu modeller çizgisel ölçekte akım özelliklerinin boyuna değişimlerini gözlemlemek amacıyla kullanılırken, iki boyutlu modeller genellikle alan bazında bölgeyi veya bir havzanın tüm yüzeyini kapsayan çalışmalarda kullanılabilmektedir. Bu nedenle, hangi tür modelin daha hızlı olduğu, kullanılan veri, problem ve analizin kapsamına bağlıdır. Ayrıca, güçlü bir bilgisayar altyapısı ve işgücü gerektiren 2B modellemeler yerine, 1B modeller de kullanışlı olmaktadır.

Çelik vd.'nin (2017) çalışmasında, klasik tip tersip bentlerinin aksine, geçirgen bentlerin uygulandığı senaryolarda akışın tamamen kesilmediği belirtilmiş; bu sayede balık göç yollarının zarar görmediği ve ekolojik dengenin sürdürülebilirliğinin sağlandığı vurgulanmıştır. Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Tablo 11), ayaklı ve

dalgakıran tip geçirgen tersip bentlerinin tanımlandığı senaryolarda dere ekseninde meydana gelen akış hızının diğer tersip bendi tiplerine (klasik, yarı geçirgen) kıyasla fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç, geçirgen tersip bentlerinin diğer tersip bendi tiplerine göre akışa daha fazla izin verdiği sonucuna varılmasını sağlamış ve Çelik vd. (2017) çalışması ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Piton (2016), yüksek eğime sahip akarsuların üzerindeki erozyon hareketlerinin incelenmesi amacıyla, imalat tanımlanmayan durum, bir adet tersip bendi imalatının tanımlandığı durum ve üç adet tersip bendinin belirli aralıklarla konumlandırılıp tanımlandığı durumlar arasındaki farkları araştırmıştır. Araştırmanın bulguları, tersip bentlerinin akış yataklarındaki sediment taşınımını düzenleyerek, küçük ve sık erozyon olaylarının birikimli etkilerini kontrol altına aldığını ve nadir olarak gerçekleşen yoğun sediment hareketlerinin etkilerini azalttığını göstermektedir. Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Şekil 7-9), tersip bentlerinin yer aldığı senaryolarda memba kısmındaki dere yatağında sediment birikimlerinin meydana geldiği ve imalat tanımlanmayan durumlara göre erozyon seviyelerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, Piton'un (2016) çalışmasındaki verilerle uyumlu bir şekilde örtüşmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, dere yataklarında imalatları gerçekleştirilen farklı tip tersip bentlerini taşkın ve rüsubat kontrol tesisleri olarak kullanılmasına odaklanarak, kararsız akış koşulları altında sediment ve akış hareketlerinin neden olduğu değişiklikler memba ve mansap bölgelerinde incelenmiştir. Analizlerde, klasik, yarı geçirgen, ayaklı geçirgen ve dalgakıran tip geçirgen olmak üzere dört farklı türde tersip benti incelenmiş ve imalat olmadığı durumla karşılaştırılmıştır. Giresun ili Dereli ilçesinde bulunan çalışma sahasının geometri, akım, sediment ve pürüzlülük verileri HEC-RAS programına tanımlanmış ve taşkın simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda, çalışma sahasındaki dere yatağına tersip bentleri tanımlanmış ve herhangi bir taşkın kontrol tesisi bulunmayan senaryo ile karşılaştırılmıştır.

Taşkın pik debisi anındaki akış hızı değerleri ve tanımlanan taşkın hidrografi sonucunda dere yatağında gerçekleşen sediment birikimi ve erozyonu, HEC-RAS'a tanımlanan sanal profil çizgileri kullanılarak gözlemlenmiştir. Bu profil çizgileri tersip bentlerinin tanımlandığı bölgenin memba ve mansabında dere eksenine dik konumlandırılmış olup memba mansap doğrultusunda oluşturulan profil çizgisi ise dere eksenine paralel şekilde konumlandırılmıştır. Yapılan bir diğer analiz, memba ve mansap bölgelerinde bulunan kurp bölgelerinde meydana gelen oyulma ve birikimleri gözlemlemek amacıyla, kurp eksenine paralel şekilde konumlandırılan profil çizgileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Profil çizgileri kullanılarak gerçekleştirilen analizler sonucunda, çalışma yapılan arazinin memba bölgesinde aşağıda belirtilen başlıca sonuçlar elde edilmiştir:

- Klasik ve yarı geçirgen tersip bentlerinin tanımlandığı senaryoda yer yer, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryoda ise nadir olacak şekilde rüsubat birikimleri gözlemlenmektedir.
- Klasik tersip bendinin tanımlandığı senaryoda, imalat yapılan bölgenin memba kısmında, herhangi bir imalatın tanımlanmadığı duruma, yarı geçirgen tersip bendinin, ayaklı geçirgen tersip bendinin ve dalgakıran tip tersip bendinin tanımlandığı senaryolara kıyasla daha az oyulma meydana geldiği gözlemlenmiştir.

- Klasik tersip bendi ve yarı geçirgen tersip bentlerinin tanımlandığı senaryolarda, imalat yapılan bölgenin memba kısmında, herhangi bir imalatın tanımlanmadığı duruma, ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı duruma ve dalgakıran tip tersip bendinin bulunduğu senaryolara kıyasla suyun akış hızının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.
- Dalgakıran tip tersip bendinin tanımlandığı senaryoda, imalat yapılan bölgenin memba kısmındaki kurp bölgesinde, herhangi bir imalatın tanımlanmadığı duruma, klasik tersip bendinin, yarı geçirgen tersip bendinin ve ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryolara kıyasla daha fazla oyulma meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Profil çizgileri kullanılarak gerçekleştirilen analizler sonucunda, çalışma yapılacak arazinin mansap bölgesinde, aşağıda belirtilen başlıca sonuçlar elde edilmiştir:

- Yatak değişimi ve akış hızı sonuçları birlikte değerlendirildiğinde tersip bentlerini geçen akışın hızının arttığı ve tersip bendinin hemen mansabında oyulmalara sebebiyet verdiği gözlemlenmiştir.
- Yarı geçirgen ve dalgakıran tip geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryolarda, imalat yapılan bölgenin mansap kısmındaki kurp bölgesinde, herhangi bir imalatın tanımlanmadığı duruma, klasik tersip bendinin ve ayaklı geçirgen tersip bendinin tanımlandığı senaryolara kıyasla daha az oyulma meydana geldiği gözlemlenmiştir.

5. ÖNERİLER

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen taşkın olayları incelendiğinde, çoğunlukla rüsubat hareketinin etkisi altında gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, rüsubat kaynaklı taşkınları önleme amacı güden geleneksel taşkın kontrol yöntemlerinin yanı sıra, benzer topoğrafik özelliklere sahip coğrafyalarda yaygın olarak uygulanan çağdaş çözümlerin de uyarlanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Hâlihazırda değişen iklim koşulları ve su yönetimi gereksinimleri, son yıllarda başlatılan yenilikçi stratejilerden biri olan geçirgen tersip bentleri ve moloz bariyeri uygulamalarının, klasik taşkın kontrol yöntemlerine bir alternatif olarak, taşkın ve rüsubat kontrolüne yönelik hayata geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla, mevcut uygulamaların çoğaltılması ve yeni tasarımların geliştirilmesi, bölgesel taşkın riskini minimize etme ve su yönetimi alanında sürdürülebilir çözümler üretme hususunda hayati bir role sahiptir.

Bu çalışmadaki sediment taşınımı simülasyonları, Aksu nehir yatağı çevresindeki riskli alanların tanınmasına önemli katkı sağlamakta, erken uyarı sistemlerinin oluşturulmasını ve bölge sakinleri için güvenli barınma alanlarının belirlenmesini teşvik etmektedir. Yapılan karşılaştırmalı analizler, özellikle yerleşim bölgelerinin memba tarafında geçirgen tersip bentlerinin tasarımı ve uygun tipin seçilmesine, aşırı yağış olaylarından etkilenmeden önce tedbir alınmasına yardımcı olmaktadır.

Çalışma, farklı tip tersip bentlerinin erozyon ve sedimentasyon profillerine odaklanmıştır. Ancak taşkın anında köprü yıkılmasına sebep olabilen sedimentasyonun aşındırıcı etkileri araştırmaya dâhil edilmemiştir. Bu nedenle, belirli bir havzadaki sedimentasyon yataklarını tanımlamak ve bunun köprüler ve insan yaşamı üzerindeki yıkıcı etkisini değerlendirmek sonraki çalışmalarda dikkate alınabilir.

Çalışma, Aksu Nehri Havzası'nın farklı bölgelerindeki sedimentasyon durumunun ilk değerlendirmesi olup, diğer metodolojilerle birleştirilerek daha kapsamlı bir analiz sunabilir. Örneğin, HEC-RAS 2B'nin diğer modelleme programlarıyla entegrasyonu, taşınma modelleriyle ilişkili hidrodinamik verilerin elde edilmesine imkân tanıyabilir. Ayrıca bu yöntemlerin birleştirilmesi, nehir havzalarındaki erozyon, taşınma ve biriktirme süreçlerinin izlenmesinde de faydalı olacaktır.

Farklı tiplerde inşa edilen tersip bentlerinin, dere yataklarında taşınan malzeme türlerine bağlı olarak maksimum fayda sağlama potansiyelleri arttırılabilmektedir.

Özellikle kum ve çakıl gibi agrega ağırlıklı malzeme taşıyan dere yataklarının mansap kısımlarında malzemenin mansaba akışını engelleme amacıyla klasik ve yarı geçirgen tersip bentlerinin imalatı uygunken, yukarı havzalarda ağaç ve orman ağırlıklı arazilere sahip bölgelerde geçirgen tersip bentlerinin odunsu materyallerin mansaba akışını engelleme açısından daha uygun olabilmektedir.

Dere ve nehirlerin ekstrem debili akışları sırasında özellikle kurp bölgelerinde meydana gelen erozyonlar, taşkın kontrol tesislerine ve ulaşım yollarına ciddi zararlar verebilmektedir. Bu nedenle, meydana gelecek erozyon/birikmelerin önlenmesi amacıyla bu bölgelerde hem memba hem de mansap kısımlarına tersip bendi ve seki inşası önerilmektedir. Önerilen tersip bentlerinin yapımı, suyun hızını ve akış gücünü azaltarak kurp bölgelerindeki erozyon miktarlarını en aza indirecektir. Ayrıca bu bölgelerin akışın en hızlı ve şiddetli olduğu, akışa doğrudan maruz kalan alanlar olmalarından dolayı, oyulma olaylarının engellenmesi için beton veya taş tahkimat kullanılması önerilmektedir.

Çalışmada gerçekleştirilen analizlerde, tersip bentlerinin savak kısmından düşen su kütlesinin yapıların mansap kısımlarında da oyulmalara neden olduğu gözlemlenmiştir. Oluşabilecek oyulmaların engellenmesi için, yapıların mansap bölgelerinde suyun düşü alanlarında beton veya taş tahkimat imalatlarının uygulanması yapıların ömrünün uzatılmasına katkı sağlayabilecektir.

Klasik ve yarı geçirgen tip tersip bentlerinin zaman içinde nehir yatağındaki memba bölgelerinde rüsubat biriktirdiği gözlemlenmiştir. Bu bentlerin uzun vadeli etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için, memba kısımlarında biriken rüsubi malzemenin düzenli olarak temizlenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla proje aşamasında tersip bendi membasına ulaşım yolunun kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca, tersip bendi ve ıslah sekisi gibi enine yapıların projelendirilme aşamasında, yapıların imalatının gerçekleştirileceği dere ve bağlantılı yamaçlardaki malzeme türünün değerlendirilmesi ve olası rüsubat hareketlerinin kontrol altına alınması kritik öneme sahiptir. Ormanlık alanlardan geçen veya yamaçlarında toprak ile büyük boyutlu kayaç bulunan bölgelerde gerçekleştirilecek imalatların, bu bölgelerden kaynaklanabilecek odunsu materyal ve kaba rüsubi malzemeye göre planlanması gerektiğinden, bu tip bölgeler için geçirgen tersip bendi tipleri tercih edilebilir bir çözüm sunabilir.

Barajların ömrünü olumsuz etkileyen temel faktörlerden biri, akarsuların ana hatları ile birlikte bu hatlara bağlanan yan kolların taşıdığı rüsubat malzemeleridir. Bu malzemeler, barajların rezervuarını ve ölü hacimlerini doldurarak, tesislerin ömrünü

azaltmaktadır. Özellikle yan derelerden taşınan rüsubi malzemenin baraj havzasına ulaşımını engellemek için, bu hatlara tersip bendi ve seki gibi enine yapıların inşa edilmesi gerekmektedir. Bu sayede, baraj havzasına intikal eden akış ile birlikte taşınan rüsubi malzeme kontrol altına alınabilir ve bu durum barajların ömrünün kısılmasını engelleyebilir. HEC-RAS 2B sediment taşınımı modellemesi kullanılarak rezervuarı besleyen akarsular ve yan derelere tanımlanacak olan farklı tip ve sayıda tersip bentlerinin söz konusu sediment birikimine etkisinin incelenmesi önerilmektedir.

HEC-RAS kullanılarak taşkın ve rüsubat modellemesi gerçekleştirilen bu çalışmanın, laboratuvar ortamında da yapılması ve elde edilen laboratuvar verileri ile HEC-RAS verilerin karşılaştırılması, yapılan taşkın ve rüsubat modelleme sonuçlarının doğruluğunu ve uygulanabilirliğinin incelenmesi açısından literatüre katkı sağlayabilecektir.

Kimura vd. (2014) çalışmalarında, açık kanallardaki köprülerin, artan su seviyeleri ve akış hızları nedeniyle taşıdığı ve köprü membasında biriktirdiği odunsu materyalden kaynaklanan taşkın olaylarının fiziksel mekanizmasını açıklığa kavuşturmak amacıyla laboratuvar deneyi ve sayısal simülasyonlar gerçekleştirmiştir. Bu çalışma neticesinde taşınan odunsu materyallerin akışa karşı engel teşkil ettiği ve su seviyesini yükseltip olumsuz durumlara yol açtığı belirtilmiştir. Bu çalışmadan yola çıkarak taşkın ve rüsubat kontrolü projelerinde odunsu materyalin de değerlendirilmesi ve bu bağlamda sayısal ve deneysel çalışmaların sonuçlarının incelenerek ilgili yönetmeliklerin oluşturulması ve geliştirilmesi önerilmektedir.

Piton (2016) çalışmasında, laboratuvar ortamında oluşturduğu model sayesinde akarsu güzergâhına tanımlanan tek ve sıralı üç adet tersip bendi imalatlarının, imalat tanımlanmayan durum ile karşılaştırmasını yapmış ve tersip bentlerinin akarsu yönetiminde kritik bir rol oynadığını ve akışların çevresel etkilerini azaltmaya yardımcı olduğunu vurgulamıştır. Ülkemizde Doğu Karadeniz Havzası'nda da uygulamaları yapılan aynı dere yatağına uygulanan üçlü sistem tersip bentlerinin taşkın ve rüsubat kontrolünde kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışma ve uygulamalardan yola çıkarak, HEC-RAS 2B sediment taşınımı modellemesi kullanılarak farklı tiplerde ve belirli aralıklarla yerleştirilen birden fazla tersip bendinin dere yataklarında meydana gelen oyulma ve sediment birikimleri üzerindeki etkilerinin detaylı olarak incelenmesi ve imalatların bulunduğu arazilerdeki dere yataklarının morfoloji değişimleri ile karşılaştırılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, U., İnanır, Ö., Turnacılar, P., Helvacı, C., & Bayram, B. (2004). Geotiff Başlık Yapısı ve Arayüz Kullanıcı Yazılımı. *Hrt. Gn. K. lğı. Harita Dergisi*, (131).
- Akçalı, E. (2018). Taşkın ve Rüşubat Kontrolünde Yenilikçi Uygulamalar. In *2nd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management, Sakarya University Culture and Congress Center, Sakarya-Turkey 04-06 May 2018*.
- Akçalı, E., & Anılan, T. (2021). Bölüm IV Doğu Karadeniz Havzası'nda Taşkın ve Rüşubat Kontrolünde Yenilikçi Uygulamalar. *Doğu Karadeniz Doğal*, 67.
- Akçalı, E., Kuduban, H., Efeoğlu, A., Fakraden, E.Ç., & Deniz, S. (2016). Yeni Tip Taşkın Kontrol Sistemleri ve Türkiye'deki Uygulama İmkanları. *4. Ulusal Taşkın Sempozyumu*, 23-25 Kasım 2016, Rize, 335-346.
- Amini, A., Ahmed, K. O., & Parvizi, Y. (2022). The Effects of Check Dams on the Amount and Pattern of Flood Using Hydrological Modeling.
- Anılan, T. (2014). Doğu Karadeniz Havzası'nın L-Momentlere Dayalı Taşkın Frekans Analizinde Yapay Zeka Yöntemlerinin Uygulanması. *Doctoral Dissertation, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.
- Anılan, T., & Akçalı, E. (2023). Fast Clogging Problem of Open Check Dams and a New Type Suggestion: Curved Footed Type Open Check Dam. *Journal of Mountain Science*, 20(5), 1201-1219.
- 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.
- Bacanlı, Ü. (2006). Taşkın Zararlarını Azaltma, Önleme Yöntemleri ve Denizli İli Örneği, *1. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, 10(12), 95-106.
- Baeza, S. (2008). Evaluating the Hydrological Impact of Sediment Deposition on Arroyos and Drainage Structures in El Paso County, Texas. The University of Texas at El Paso.
- Bagnold, R. A. (1966). An Approach to the Sediment Transport Problem from General Physics. *US Government Printing Office*.
- Bigham, K. A. (2022). Streambank Erosion Downstream of a Flood Control Dam: Processes, Rates and Management. *Doctoral Dissertation, Kansas State University*.
- Bilgen, G., Balcı, E., & Kalça, M. Y. (2022). Kastamonu Bozkurt İlçesinde 11.08.2021 Tarihinde Meydana Gelen Sel Felaketinin Yerinde İncelenmesi. *Tasarım Mimarlık ve Mühendislik Dergisi*, 2(1), 20-35.

- Brunner, G. W. (2022). HEC-RAS Hydraulic Reference Manual. *US Army Corps of Engineers*.
- Chaudhry, M. A., Naeem, U. A., & Hashmi, H. N. (2018). Performance Evaluation of 1-D Numerical Model HEC-RAS Towards Modeling Sediment Depositions and Sediment Flushing Operations for the Reservoirs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 1-18.
- Chen, J., Wang, D., Zhao, W., Chen, H., Wang, T., Nepal, N., & Chen, X. (2020). Laboratory Study on the Characteristics of Large Wood and Debris Flow Processes at Slit-Check Dams. *Landslides*, 17, 1703-1711.
- Çelik, H. E., Selek, B., Dağdeviren, M., Demir, E., & Biroğlu, İ. (2017). Yukarı Havza Islah Önlemleri Kapsamında Yeni Bir Uygulama; Süzücü(Geçirgen) Tersip Bentleri. *DSİ Technical Bulletin/DSİ Teknik Bülteni*, (123).
- Daham, M. H., & Abed, B. S. (2020). Simulation of Sediment Transport in the Upper Reach of Al-Gharraf River. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 901, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- Dahl, T. A., Heath, R. E., Gibson, S. A., & Nygaard, C. J. (2018). HEC-RAS Unsteady Flow and Sediment Model of the Mississippi River: Tarbert Landing to the Gulf.
- Damte, F., G_Mariam, B., Ayana, M. T., Lohani, T. K., Dhiman, G., & Shabaz, M. (2021). Computing the Sediment and Ensuing Its Erosive Activities Using HEC-RAS to Surmise the Flooding in Kulfo River in Southern Ethiopia. *World Journal of Engineering*, 18(6), 948-955.
- Dernek, E. (2012). Taşkın Yapıları Tasarımı ve Kayı Deresi Örneği. *Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hidrolik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.
- DSİ. (2013). *Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri (2006-2012)*.
- DSİ. (2016). *Dere Yatakları İçin Pürüzlülük Katsayısı Belirleme Kılavuzu*.
- DSİ. (2020). 22. Bölge Müdürlüğü 226. Şube Müdürlüğü.
- DSİ. (2020). 22. Bölge Müdürlüğü 226. Şube Müdürlüğü. *Giresun İli Yukarı Havza Önlemleri Teknik Raporu*.
- DSİ. (2023). 22. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü.
- Dinçsoy, Y. (1991). Sediment Kontrolünde Tersip Bentleri. *DSİ Erozyon ve Sediment Kontrolü Semineri*, 23-27.
- Dinçsoy, Y. (2008). Islah Sekisi ve Tersip Bentleri. *DSİ, Ankara*.
- Dinçsoy, Y. (2013). Yan Derelerde Erozyon ve Rüsubat Kontrolü. *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Ankara*.

- Ducioame, A. R. (2018). Evaluation of Streambank Stabilization Options on the Tongue River in Cavalier, ND Utilizing Hec-Ras Hydraulic and Sediment Transport Simulations. *The University of North Dakota*.
- Ghimire, G. R. (2016). Seveloping Sediment Transport and Deposition Prediction Model of Lower Ohio River Near the Olmsted Locks and Dam Area. *Southern Illinois University at Carbondale*.
- Hussain, K., & Shahab, M. (2020). Sustainable Sediment Management in a Reservoir Through Flushing Using HEC-RAS Model: Case Study of Thakot Hydropower Project (D-3) on the Indus River. *Water Supply*, 20(2), 448-458.
- Joshi, N., Lamichhane, G. R., Rahaman, M. M., Kalra, A., & Ahmad, S. (2019). Application of HEC-RAS to Study the Sediment Transport Characteristics of Maumee River in Ohio. In *World Environmental and Water Resources Congress 2019* (pp. 257-267). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- KTÜ. (2022). Dalgakıran Modeli Ayaklı Tip Geçirgen Tersip Bendi. Patent. Türk Patent ve Marka Kurumu, No. 2019/20727 B, Tarih 23 Mayıs 2022. <https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT>
- Kaymaz, H. (2019). Dereli İlçe Merkezinin Coğrafyası. *Master's Thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Kerim, A., & Süme, V. (2019). Taşkınlar, Taşkın Koruma ve Kontrol Yapıları; Rize İlinde Alan Çalışmaları. *Türk Hidrolik Dergisi*, 3(1), 1-13.
- Kimura, N., Tai, A., & Hashimoto, A. (2014). Simulation of Driftwood-Induced Flooding During High-Intensity Rainfall Using Smoothed Particle Hydrodynamics Method. *土木学会論文集 A2 (応用力学)*, 70(2), I_777-I_783.
- Kirmencioğlu, B. (2015). Türkiye’de Dere Yataklarına Müdahalelerin Taşkınlar Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı*.
- Kömüscü, A. U., Aksoy, M., Çelik, S., Ciba, Ö. F., Uğurlu, A., Turgu, E., & Emel, Ü. N. A. L. (2021). 22 Ağustos 2020 Tarihinde Giresun ve İlçelerinde Meydana Gelen Şiddetli Yağış ve Sel Olayının Meteorolojik ve Hidrometeorolojik Analizi. *Su Kaynakları*, 6(1), 1-14.
- Lee, J., & Ahn, J. (2023). Analysis of Bed Sorting Methods for One Dimensional Sediment Transport Model. *Sustainability*, 15(3), 2269.
- Li, S., You, Y., Chen, X., Liu, J., & Chen, J. (2019). Regulation Effectiveness of a Window-Check Dam on Debris Flows. *Engineering Geology*, 253, 205-213.
- Maricar, F., & Hashimoto, H. (2014). A Comparison of Wood-Sediment-Water Mixture Flows at a Closed Type and an Open Type of Check Dams in Mountain Rivers. In *River Flow 2014 Conf. Proc., Taylor & Francis Group, London* (pp. 711-716).

- Marx, A. (2023). Development of a Two-Dimensional Hydraulic Model to Evaluate Sediment Deposition After the Klamath Dam Removal.
- Mohammad, M. E., Al-Ansari, N., Issa, I. E., & Knutsson, S. (2016). Sediment in Mosul Dam Reservoir Using the HEC-RAS Model. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 21(3), 235-244.
- Mohammed, H. S., Alturfi, U. A., & Shlash, M. A. (2018). Sediment Transport Capacity in Euphrates River at Al-Abbasia Reach Using Hec-Ras Model. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(5), 919-929.
- Mustafa, A. S., Sulaiman, S. O., & Al_Alwani, K. M. (2017). Application of HEC-RAS Model to Predict Sediment Transport for Euphrates River from Haditha to Heet 2016. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, 20(3), 570-577.
- Mülkiye Teftiş Kurulu Başkanlığı. (2020). *Derele İlçesi Mülkiye Müfettişliği Heyet Raporu*.
- Namaa, A. H., Abbasa, A. S., & Maatooqa, J. S. (2022). Hydrodynamic Model-Based Evaluation of Sediment Transport Capacity for the Makhool-Samarra Reach of Tigris River. *Engineering and Technology Journal*, 40(11), 1573-1588.
- Nasir, M. L. M., & Abustan, M. S. (2022). Modeling of Sediment Transport at Sungai Mersing by Using HEC-RAS. *Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment*, 3(1), 555-561.
- Nelson, A., Gibson, S. A., & Sanchez, A. (2022). Development of a Two-Dimensional HEC-RAS Sediment Model for the Chippewa River, Wisconsin, for Software Development and Sediment Trend Analysis.
- Noor, D. M., & Talib, S. H. A. (2022). Application of HEC-RAS to Estimate the Sediment Transport in Cameron Highlands, Pahang, Malaysia. *Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment*, 3(1), 872-883.
- Önder, G. (2018). Effects of Sediment Transport on 1-D and 2-D Hydrodynamic Modeling and Flood Inundation. *Master's thesis, Middle East Technical University*.
- Piton, G. (2016). Sediment Transport Control by Check Dams and Open Check Dams in Alpine Torrents. *Doctoral Dissertation, Université Grenoble Alpes*.
- Piton, G., Horiguchi, T., Marchal, L., & Lambert, S. (2020). Open Check Dams and Large Wood: Head Losses and Release Conditions. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(12), 3293-3314.
- Pondaag, R., Cahyono, M., Mahfudz, H., & Nugroho, E. O. (2022). The Effect of Staging Development Structural Flood Design On Sediment Transport Process Along Bringin River.

- Rahman, N. F. A., Mohammed, L., Mohammad, M., Khalid, K., Tai, V. C., Sharif, M. S. M., & Haron, S. H. (2022). Modeling of 1D Sediment Transport in the Langat River Using Quasi-Unsteady HEC-RAS. *Journal of Biological Studies*, 5(3 (Special Issue)), 378-387.
- Raji, B. M., Turabi, H., & Nasimi, M. N. (2024). Sedimentation Analysis of Kabul River by Using HEC-RAS. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series A*, 105(1), 229-238.
- Ruiz-Villanueva, V., Mazzorana, B., Bladé, E., Bürkli, L., Iribarren-Anacona, P., Mao, L., ... & Wohl, E. (2019). Characterization of Wood-Laden Flows in Rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 44(9), 1694-1709.
- Sánchez A., & Gibson S. (2022). HEC-RAS Version 6.1 New Feature, 2D Sediment Transport Modeling.
- Sarıbacak, Ü. (2002). Water Surface Profiles in Non Structural Flood Mitigation. *Master's Thesis, Middle East Technical University*.
- Selek, B., & Deniz, S. (2017). Türkiye’de Taşkın Kontrolü Faaliyetlerinin Genel Değerlendirilmesi ve Yeni Çalışmalar. *DSİ Technical Bulletin/DSİ Teknik Bülteni*, (123).
- Setiawan, B., Soeharno, A. W. H., Nugroho, E. O., & Hassan, C. (2022). Sedimentation Study in the Batu Merah River (Check Dam Rinjani) Ambon City.
- Shrestha, R. (2022). 2D Numerical Modelling of Sediment Diversion in a River Bend. *Master's thesis, NTNU*.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2017). Taşkın Yönetimi. *Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2020). Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı. *Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*.
- Sun, H., You, Y., & Liu, J. F. (2018). Experimental Study on Characteristics of Trapping and Regulating Sediment with an Open-Type Check Dam in Debris Flow Hazard Mitigation. *Journal of Mountain Science*, 15(9), 2001-2012.
- Şarlak, N., & Üstün, D. (2020). Sediment Anahtar Eğrisi Türetilmesi: Uygulama Gömelönü İstasyonu. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 5(1), 9-20.
- Thierumaran, Y. (2009). Development of Techniques to Evaluate the Potential for Flooding, Erosion and Sediment Transport Along the Upper Walker River. *University of Nevada, Reno*.
- Ulfiana, D., Wulandari, D. A., & Parmantoro, P. N. (2020). Effect of Change of Channel Width in the Downstream of the Check Dam on Controlling Sedimentation in Mrica Reservoir. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 771, No. 1, p. 012047). IOP Publishing.

- URL-1. (2023, Aralık 1). <https://www.afad.gov.tr> adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2023, Aralık 1). Taşkın Kontrol Duvarları Genel Şartnamesi: www.dsi.gov.tr adresinden alınmıştır.
- URL-3. (2023, Aralık 1). www.goksin.com.tr adresinden alınmıştır.
- URL-4. (2023, Aralık 1). twitter.com/dsi_26_blgmd adresinden alınmıştır.
- URL-5. (2023, Aralık 1). twitter.com/dsi_gn_md adresinden alınmıştır.
- URL-6. (2023, Aralık 1). www.mas2.com.tr adresinden alınmıştır.
- URL-7. (2023, Aralık 1). www.akermusavirlik.com.tr/tr/faaliyet-alanlari adresinden alınmıştır.
- URL 8. (2023, Aralık 1). www.dha.com.tr adresinden alınmıştır.
- URL-9. (2023, Aralık 1). www.dereli.bel.tr adresinden alınmıştır.
- URL-10. (2023, Aralık 1). www.youtube.com/watch?v=Zy52JCLV45w&list=WL&index=9 adresinden alınmıştır.
- Weise, R. (2018). 1-Dimensional Hydraulic and Sediment Transport Modelling of an Emergency Spillway. *Doctoral Dissertation, University of Western Ontario (Canada)*.
- Wulandari, D. A., Ulfiana, D., & Parmantoro, P. N. (2020). Sediment Trap in the Downstream of Check Dam: The Effect of Changes in Channel Depth on Sediment Deposition. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 771, No. 1, p. 012050). IOP Publishing.
- Xie, T., Wei, F., Yang, H., Gardner, J. S., & Xie, X. (2017). A Design Method for a Debris Flow Water-Sediment Separation Structure. *Engineering Geology*, 220, 94-98.

ÖZGEÇMİŞ

Osmancan Nuri KARSLIOĞLU, lise eğitimini 2011 yılında Trabzon Yomra Fen Lisesi'nde tamamladı. 2011-2012 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2016 yılında bu bölümden mezun oldu. 2016 yılından 2021 yılına kadar yurtiçi ve yurtdışında çeşitli projelerde saha mühendisliği ve şantiye şefliği görevlerinde bulundu. 2021 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tezli yüksek lisans programına başladı. 2021 yılından itibaren Devlet Su İşleri Giresun 226. Şube Müdürlüğü'nde inşaat mühendisi olarak görev yapmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.