T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİYARBAKIR İLİ ÇINAR İLÇESİ ÇAKMAK DERESİNİN HEC-RAS İLE TAŞKIN MODELLEMESİ

Yunus TEKTAŞ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET ii
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR iv
ŞEKİL DİZİNİ v
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
SİMGELER DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
1.1. Taşkınların oluşma nedenleri 3
1.1.1. Meteorolojinin taşkınlar üzerindeki etkileri 3
1.1.2. Beşeri faktörlerin taşkınlar üzerindeki etkileri 3
1.1.3. Akarsu yatağı ve arazi yapısının taşkınlar üzerindeki etkileri 4
1.2. Açık kanal akımları 6
1.2.1. Enerji denklemleri 7
1.2.2. Momentum denklemleri 10
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 14
3. MATERYAL ve YÖNTEM 16
3.1. Materyal 16
3.1.1. Çalışma alanı 16
3.1.2. Jeoloji 17
3.1.3. Hidroloji 18
3.1.4. Pürüzlülük 19
3.1.5. Daralma ve genişleme katsayıları 29
3.2. Yöntem 29
3.2.1. HEC-RAS 31
3.2.2. HEC-RAS uygulaması 32
3.2.2.1. Raster verisinin RAS Mapper'de tanımlanması 32
3.2.2.2. Geometrik verinin hazırlanması 33
3.2.2.3. Pürüzlülük değerlerinin girilmesi 34
3.2.2.4. Menfezlerin tanımlanması 36
3.2.2.5. Levee (sedde) noktalarının belirlenmesi 40
3.2.2.6. Sınır koşullarının ve akış verilerinin girilmesi 41
3.2.2.7. Kararsız akım ayarlarının yapılıp hidrolik modelin çalıştırılması 43
3.2.3. Taşkın yayılımı ile arazi kullanım haritasının çakıştırılması 44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 45
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 54
KAYNAKLAR 56
ÖZGEÇMİŞ 58

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİYARBAKIR İLİ ÇINAR İLÇESİ ÇAKMAK DERESİNİN HEC-RAS İLE TAŞKIN MODELLEMESİ

Yunus TEKTAŞ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nizar POLAT
Yıl: 2021, Sayfa: 58

Taşkın: Akarsu yatağında su iletim kapasitesinin çeşitli nedenlerle düşmesi veya akarsu yatağında iletileceğinden daha çok suyun bulunması halinde suyun yatak dışına taşması sonucu can ve mal kaybına neden olabilen ve önlem alınması gereken önemli afetlerdendir. Artış gösteren nüfuslan birlikte plansız gelişen kentleşme ile taşkın meydana gelmesi sonucu can ve mal kayıplarının artması kaçınılmaz hale gelmektedir. Gün geçtikçe önemi artan Coğrafi Bilgi Sistemleri ve hidrolik analiz programlarının beraber kullanılması ile elde edilen taşkın risk ve taşkın tehlike haritalarının kullanımı, yerleşim yeri planlaması ile artmaya başlamıştır. Bu çalışmada Diyarbakır ili Çınar ilçe merkezine ait 1/1000 ölçekli hâlihazır haritası ve dere yatağı üzerindeki menfezlerin röleveleri tedarik edilmiştir. Elde edilen hâlihazır harita ve röleveler HEC-RAS programında işlenerek Çakmak Deresinde 1 boyut ve 2 boyut hidrolik hibrit model çalışılmıştır. Çakmak deresinin 2020 yılına ait Sentinel-2 uydu görüntüsü elde edilip uzaktan algılama ile QGIS SCP eklentisi kullanılarak Sentinel-2 görüntüsünün kontrollü sınıflandırması yapılıp yerleşim yerleri ve tarım arazileri belirlenmiştir. Hidrolik model sonucu oluşan taşkın yayılımı ile uzaktan algılama ile üretilen arazi kullanım durumu çakıştırılıp, taşkından etkilenen yerleşim alanlarının, ağaçlık alanlarının ve tarım arazilerinin yüz ölçümleri belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: HEC-RAS, taşkın analizi, QGIS, SCP, uzaktan algılama

ABSTRACT

MSc Thesis

FLOOD MODELING OF CAKMAK CREEK IN CINAR DISTRICT OF DIYARBAKIR PROVINCE BY HEC-RAS

Yunus TEKTAŞ

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Map Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Nizar POLAT
Year: 2021, Page:58

Flood is one of the important disasters that may cause loss of life and property by spilling the water out of the river bed due to various reasons or if there is more water than the capacity in the streambed. It is inevitable that the loss of life and property will increase as a result of unplanned urbanization and flooding with increasing populations. The use of flood risk and flood hazard maps, which are obtained by the use of Geographic Information Systems and hydraulic analysis programs, whose importance is increasing day by day, has started to increase with settlement planning. In this study, 1/1000 scaled map of Çınar district of Diyarbakır province and the reliefs of the culverts on the stream bed were provided. The obtained maps and relays were processed in the HEC-RAS program and a hydraulic model was studied by integrating 1 dimension and 2 dimensions in Çakmak Creek. Sentinel 2 satellite image of Çakmak stream for the year 2020 was obtained and controlled classification of sentinel 2 image was made using remote sensing method and QGIS SCP plug-in, settlements and agricultural lands were determined. The flood propagation resulting from the hydraulic model and the land use situation produced by remote sensing technique are overlapped; Surface measurements of settlements, wooded areas and agricultural lands affected by floods were determined.

KEY WORDS: HEC-RAS, flood analysis, QGIS, SCP, remote sensing

TEŞEKKÜR

Tezin konusunun seçiminde, uygulamasında ve çalışmamda yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Dr. Nizar POLAT'a ve bu çalışmada kullanılan harita ve hidrolojik verilerin temininde yardımcı olan Devlet Su İşleri 10. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Samsun ili Terme ilçesi Terme Çayı'na ait hibrit model (DSİ, 2019) ……. 2
Şekil 1.2. Rize Karasu köyünde dere yatağına yapılan yapılar (Rizeninsesi, 2021) ……..…. 4
Şekil 1.3. Türkiye'de ilk defa uygulanan geçirgen tersip bendi Rize Güneysu (Ardeşenin sesi, 2021) …. 5
Şekil 1.4. 2012 yılı Samsun il merkezindeki taşkın sonrası kıyı oyulması (Dünya bülteni, 2021) …… 6
Şekil 1.5. Enerji denklemindeki büyüklüklerin grafiksel gösterimi (Ardıçlıoğlu, 2017) ……..... 7
Şekil 1.6. Tanımlanan alt kesitler (Ardıçlıoğlu, 2017) ……... 9
Şekil 1.7. Ortalama enerjinin belirlenmesi (Ardıçlıoğlu, 2017) …….. 9
Şekil 1.8. Momentum yöntemindeki büyüklükler (Ardıçlıoğlu, 2017) ……... 10
Şekil 3.1. Türkiye su kaynakları havzaları haritası (DSİ, 2017) …… 16
Şekil 3.2. Çalışma alanının (Çınar ilçe merkezinin) 2020 Sentinel-2 uydusunun doğal renk görüntüsü 17
Şekil 3.3. Giriş hidrografı ……...…… 18
Şekil 3.4. Çakmak deresinin fiziki durumu ……..... 21
Şekil 3.5. Pürüzlülük katsayı hesap programı ……... 22
Şekil 3.6. Spektral açı haritası algoritması ile kontrollü sınıflandırma ……... 25
Şekil 3.7. HEC-RAS programının ara yüzü ……..... 32
Şekil 3.8. RAS Mapper penceresinde Çınar merkezinin raster verisi …….…… 33
Şekil 3.9. RAS Mapper penceresinde çizilen geometrik veriler …… 34
Şekil 3.10. Dere yatağı için sürtünme katsayıları …….…….... 35
Şekil 3.11. Taşkın alanları için sürtünme katsayıları …….……... 36
Şekil 3.12. Menfez rölevesi ……... 37
Şekil 3.13. Menfez kesiti …….……... 38
Şekil 3.14. Menfez bilgi ve ayarları ……..…….. 39
Şekil 3.15. Levee (sedde) ve kesit ……..……. 40
Şekil 3.16. Mansap koşulu …….……. 41
Şekil 3.17. Memba koşulu giriş hidrografı ……. 42
Şekil 3.18. Kararsız akım analiz penceresi …….…… 43
Şekil 3.19. Kararsız akım analiz ayar ve tolerans penceresi …….……. 44
Şekil 4.1. Maksimum debideki taşkın yayılımının 3 boyutlu harita görseli …….…….. 45
Şekil 4.2. Maksimum debideki taşkın yayılımının 2 boyutlu harita görseli …….…….. 46
Şekil 4.3. Maksimum debideki taşkın su derinliği haritası …….…… 50
Şekil 4.4. Maksimum debideki taşkın su hızı haritası …… 51
Şekil 4.5. Maksimum debideki taşkın su yüzü yükseklik profili haritası ……..…….. 52
Şekil 4.6. Uzaktan algılama kontrollü sınıflandırma haritası ve taşkın yayılım alanı …….……... 53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Genişleme veya daralma kayıp katsayısı (HEC-RAS, 2020) ……. 8
Çizelge 3.1. "Modifiye Cowan Metodu"na pürüzlülük tablosu (DSİ, 2016) …….. 19
Çizelge 3.2. Çakmak deresinin pürüzlülük n değeri …….. 21
Çizelge 3.3. Sentinel-2 uydu görüntülerinin band bilgileri (Esri, 2021) ……. 22
Çizelge 3.4. Doğruluk analizi sonuçları ……...……..……. 24
Çizelge 3.5. Pürüzlülük n değerleri tablosu (Chow, 1959) ……..……. 25
Çizelge 3.6. Açık kanallarda daralma ve genişleme kayıp katsayıları (HEC-RAS, 2020) ……..…… 29
Çizelge 4.1. HEC-RAS hidrolik analiz raporu …… 47

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

α_1, α_2	Hız katsayısı
A	Alt kesit alanı
A_i	1 ve 2 kesitlerindeki kesit ıslak alanı
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
β	Momentum düzeltme katsayısı düzensiz kanallarda hız dağılımındaki değişimin bir ölçütü
℃	Santigrat derece
C	Genişleme veya daralma kayıp katsayısı
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
f	Coriolis etkisi
F_f	1 ve 2 kesitleri arasındaki sürtünme kaybı
G	Yerçekimi ivmesi
h	Metre cinsinden su derinliği
h_e	Enerji kayıp yüksekliğidir
Ha	Hektar alan
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
K	Her bir alt bölge için iletim kapasitesi
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
Km	kilometre
L	Kanal uzunluğu
L	x ekseni boyunca 1 ve 2 kesitleri arasındaki mesafe
L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}	Akım yolu uzunluğu sırasıyla; sol taşkın kanalı, ana kanal ve sağ taşkın kanalı
m	Metre
m	Kanal kıvrımı
mm	Milimetre
n	Her bir alt bölge için pürüzlülük katsayısı
n_1	Kanal şev durumu
n_2	Kanal kesit değişimi
n_3	Kanaldaki engeller
n_4	Kanal bitki örtüsü
nb	Yataktaki malzeme cinsi
P	1 ve 2 kesitleri arasındaki ortalama ıslak çevre
P	Alt kesit ıslak çevre
ρ	Suyun özgül kütlesi
P	Hidrostatik basınç kuvveti
ρ	Su yoğunluğu
$\rho \Delta V_x$	x doğrultusunda 1 ve 2 noktaları arasındaki hızdaki değişim
$p\ ve\ q$	x ve y yönlerindeki akış
Q	Debi
QGIS	Açık kaynak kodlu ve ücretsiz coğrafi bilgi sistemleri yazılımı
Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob}	Kesitler arasındaki ortalama debi; sol taşkın kanalı, ana kanal ve sağ taşkın kanalı
R	Ortalama hidrolik yarıçap
R	Alt kesit hidrolik yarıçapı
S	Saniye
S_f	Enerji çizgisinin eğimi
S_f	İki kesit arasındaki sürtünme eğimi
S_0	Ana kanal taban eğimi

SCP	Automatic classification plugin
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
V_1, V_2	Ortalama hız
W_X	Ağırlık kuvvetinin x bileşeni
Y_1, Y_2	Kesit akım derinliği
$Y_{\ i}$	1 ve 2 kesitlerindeki su yüzü ile kesit merkezi arasındaki derinlik
Z_1, Z_2	Ana kanal taban yüksekliği
$z_{\ i}$	1 ve 2 kesitlerindeki ana kanal yüksekliği
τ	Kayma gerilmesi
$\tau_{xx}, \tau_{yy}\ ve\ \tau_{xy}$	Etkili kayma gerilmesinin bileşenleri
γ	Suyun özgül ağırlığı
ξ	Su yüzey kotu

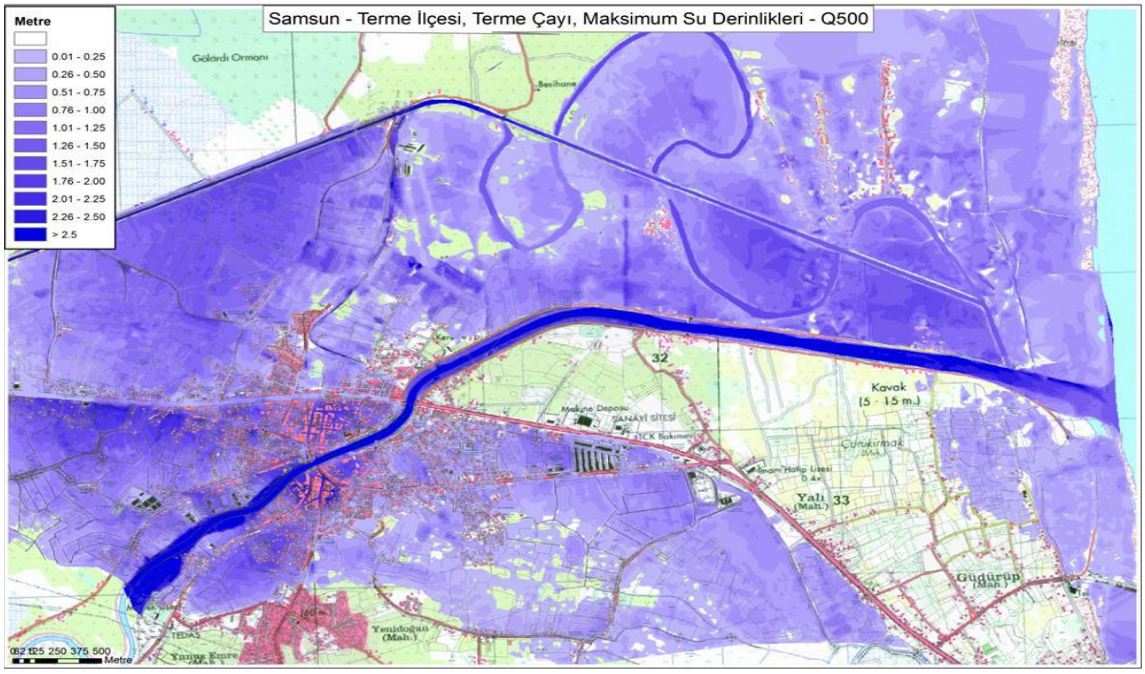
1. GİRİŞ

Taşkın; akarsu yatağında su iletim kapasitesinin çeşitli nedenlerle düşmesi veya akarsu yatağında iletileceğinden daha çok suyun olması durumunda, suyun yatak dışına taşması sonucu can ve mal kaybına neden olabilen ve önlem alınması gereken önemli afetlerdendir (Sargın, 2013). Taşkının doğal afet olduğu bilinmekte olsa da insanların doğaya devamlı etkileri sonucu, her geçen dakika şiddeti ve sayısı yükselmektedir. Ülkemizde; iklim şartları, yağış alanları ve topoğrafya gibi etkenler taşkınların oluşmasına sebep olmaktadır. Doğal afetler her ne kadar engellenemese de sebep olacakları hasarları kontrol etmek ve önlemek için önlemler alınmalıdır. Taşkınların neden olduğu hasarlar dünyadaki gibi ülkemizde de önemli olduğundan, oluşabilecek ekonomik ve sosyal kayıpları en aza indirmek çok önemlidir. Yaşanmış taşkın envanterlerine, hazırlanmış taşkın hidrolik modellerine ve hidrometrik-meteorolojik gözlem verilerine dayanarak akarsuya belli mesafede yapılaşma yapılmaması taşkın riskini en aza indirecektir (Ercan ve ark., 2019).

Taşkınların Meydana gelmesinde yer yüzeyinin pürüzlülüğünün etkisi vardır. Yer yüzeyi üzerinde topografyadan sonra akışlar üzerinde en önemli değişken yüzey pürüzlülüğüdür. Pürüzlülük parametresindeki belirsizlikler su derinliğini belirlemede hatalara neden olmaktadır. Bu nedenle, hidrolik modellerde yer yüzeyinin su akışına karşı direncini tanımlayan Manning'in n veya Chezy'nin C gibi hidrolik sürtünme katsayılarının kullanılmasıyla pürüzlülüğün etkisini parametrelendirmek gerekmektedir. Uzaktan algılama ile yüksek çözünürlükteki uydu görüntülerinden arazi örtüsü/ kullanımı verileri elde edilebilmektedir. Elde edilen bu arazi örtüsü/kullanımı haritaları ile taşkın alanlarının sürtünme katsayıları daha doğru belirlenmekte olup daha gerçekçi hidrolik modellemeler kurulabilmektedir (Bolat, 2019).

Taşkın hidrolik modellemelerinde; bir boyutlu modelleme kolay ve basit olmasına karşın, suyun dere yatağından taşarak geniş alanlara yayılması durumunda, geniş yayılım

alanlarındaki davranışını (taşkın dalgasının, yatay eksendeki davranışının modellenememesi, topoğrafya ve en kesitlerin modele tam olarak yansıtılamaması gibi) gerçekçi bir biçimde yansıtmamaktadır. Bu eksikliklerin giderilebilmesi için 2 boyutlu modelleme tercih edilmektedir. Bu modelleme karmaşık ve zahmetlidir. Dolayısıyla Şekil 1.1.'de görüldüğü gibi taşkını daha iyi modellemek için her iki modelleme birlikte kullanılarak bütünleşik hidrolik modelleme adı verilen hibrit modelleme kullanılmaktadır (DSİ, 2019).



Şekil 1.1. Samsun ili Terme ilçesi Terme Çayı'na ait hibrit model (DSİ, 2019)

Bu bağlamda yapılan bu çalışmada da uzaktan algılama ile 2020 yılına ait Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan kontrollü sınıflandırma ile yerleşim yerleri, tarım arazileri ve ağaçlık alanlar belirlenmiştir. Bu kontrollü sınıflandırması yapılmış uydu görüntüleri sürtünme katsayılarını belirlemede ve taşkının etkilediği alanın türü ve miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. HEC-RAS programıyla Çakmak Deresi üzerindeki menfez yapılarının sebep olduğu kesit değişimlerinin ve mevcut kesit değişimlerinin akıma olan etkisini belirlemekle birlikte

oluşabilecek taşkının güzergâh üzerinde yer alan yerleşim yerlerine, tarım arazilerine ve ağaçlık alanlara olası etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır.

1.1. Taşkınların Oluşma Nedenleri

Taşkınların ortaya çıkmasında genelde akarsu yatağının coğrafik-jeomorfolojik yapısı, beşeri şartlar ve meteorolojik şartlar etkilidir.

1.1.1. Meteorolojinin Taşkınlar Üzerindeki Etkileri

Taşkınlar tüm dünyada yaşanmakla beraber özellikle tropik iklim kuşaklarında daha sık yaşanmaktadır. Taşkınlar üzerindeki meteorolojik etkilerin başlıca nedenleri olarak küresel ısınma, deniz seviyesinin yükselmesi, buzulların erimesi, iklim kuşaklarının kayması, ani kar erimeleri vb. etmenler sayılabilmektedir (Efe, 2014).

1.1.2. Beşeri Faktörlerin Taşkınlar Üzerindeki Etkileri

Dere yataklarına ve etrafına yapılan müdahaleler taşkın olaylarına neden olan beşeri faktörlerdendir. Bu beşeri faktörler nedeni ile oluşan taşkınlar sonucu can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Genelde arazi kazanımı için Şekil 1.2.'de görüldüğü gibi dere yataklarına ve etrafına yapılar yapılmaktadır. Bu nedenle de dere yatakları, yani suyun akacağı alan, daralmaktadır. Yüksek debili su geldiğinde ise daralan dere yatağı gelen suyu geçiremediğinden; su yataktan taşarak tarım arazilerine, yerleşim yerlerine vb. alanlara akarak hasara neden olmaktadır. Dere yataklarına çöp, moloz, vb. atıklar atılmak sureti ile müdahaleler yapılmaktadır. Dere yataklarının etrafı imara açılarak, yapılar yapılarak müdahaleler yapılmaktadır. Derenin debisini karşılamayacak kadar küçük kapasiteli köprü, menfez ve büz yapılması derenin daralmasına neden olmaktadır. Dere yataklarına müdahaleleri engellemek amaçlı her ne kadar çeşitli mevzuatlar çıkartılmış olsa da müdahaleler sonlanmamaktadır.



Şekil 1.2. Rize Karasu köyünde dere yatağına yapılan yapılar (Rizeninsesi, 2021)

1.1.3 Akarsu Yatağı ve Arazi Yapısının Taşkınlar Üzerindeki Etkileri

Derelerin doğduğu yukarı havzalarda zemin jeolojik açıdan suyun aşındırmasına karşı direnci zayıf birimlerden oluşuyorsa; yukarı havzada akan ve kopan rusubatlar, su ile birlikte yerleşim yerlerine ve tarım arazilerine ulaşmaktadır. Rusubatların ulaştığı aşağı havzanın eğimi, yukarı havzaya göre daha düşük olduğundan gelen rusubatın bir kısmı aşağı havzada akmayıp biriktiğinden dere yataklarının kesitleri daralmaktadır. Bazen ağaç gövdesi ve büyük kaya gibi rusubatlar geldiğinde dereleri enine kesen menfez, köprü ve büz gibi yapılara takılarak yapının tıkanmasına, hasar görmesine ve bu şekilde suyun yapının arkasında şişerek çevrede taşkın olmasına neden olmaktadır. Yukarı havzadan gelen rusubatları engellemek için Şekil 1.3.'te görüldüğü gibi geçirgen tersip bendi vb. yapılar tesis edilerek yukarı havza önlemleri alınmalıdır. Bu nedenle taşkın kontrol tesisi yapılacak yerlerde yukarı havza ve aşağı havza bir bütün olarak düşünülüp tesislerin yapılması gerekmektedir.



Şekil 1.3. Türkiye'de ilk defa uygulanan geçirgen tersip bendi Rize Güneysu (Ardeşenin sesi, 2021)

Aşağı havzalarda dere yataklarının etrafındaki zemin, jeolojik açıdan suyun aşındırmasına karşı direnci zayıf birimlerden oluşuyorsa; Şekil 1.4.'te görüldüğü üzere dere yataklarının kenarlarında aşınmalar sonucu kıyı oyulmaları oluşmaktadır. Kıyı oyulması sonucu oluşan rusubat, derenin daha mansaplarında dere kesitlerini daraltarak taşkına neden olmaktadır. Bu tip yerlerdeki kıyı oyulmaları ve arazi kayıplarını engellemek için mahmuz yapıları ve kıyıya taş tahkimat gibi yapılar yapılarak aşınmanın ve taşkının önüne geçilmesi gerekmektedir.



Şekil 1.4. 2012 yılı Samsun il merkezindeki taşkın sonrası kıyı oyulması (Dünya bülteni, 2021)

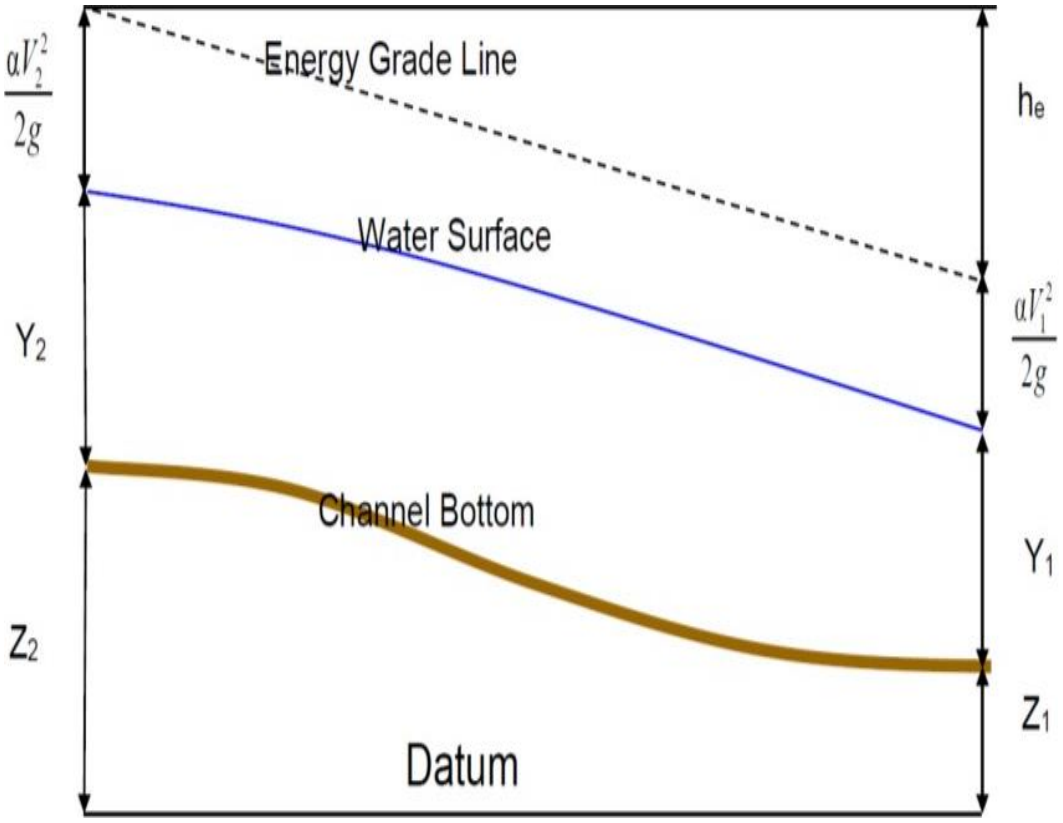
1.2. Açık Kanal Akımları

Kararlı akımlar bir başka deyişle debinin zamanla ve kanal boyunca değişmediği durumlarda enerji eşitliğinin (Backwater) türevine; kararsız akımlar bir başka deyişle debinin zamanla ve kanal boyunca değiştiği durumlarda, Saint Venant (Momentum) eşitliğinin türevine dayanırlar. Aynı zamanda manning formülü gibi amprik formüller de kullanılır. Tüm modeller, verilen bir debi değeri için kanal boyunca hangi yüksekliğe karşılık geldiğini hesaplarken iteratif olarak sayısal yaklaşık bir çözüm üretir. Bu, model hesaplamalarında en büyük belirsizliğin kaynağıdır. Girilen başlangıç koşulları

(Boundary Conditions) kullanılarak akışkanlar mekaniğinin temel prensiplerinden türetilmiş denklemler ile iteratif yöntemle yaklaşık çözümler bulunur.

1.2.1. Enerji Denklemleri

Şekil 1.5.'teki su yüzeyi profilleri, bir enerji kesitini diğerlerinden standart adım yöntemi ile yinelemeli bir şekilde çözerek bir kesitten bir diğerine hesaplar. Bu hesap yapılırken formül (1.1)'deki bir boyutlu Bernoulli Enerji denklemi kullanılır.



Şekil 1.5. Enerji denklemindeki büyüklüklerin grafiksel gösterimi (Ardıçlıoğlu, 2017)

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^1}{2g} + h_e \quad (1.1)$$

Z_1, Z_2 = Ana kanal taban yüksekliği

Y_1, Y_2 = Kesit akım derinliği

V_1, V_2= Ortalama hız (debi/akım alanı)

α_1, α_2 = Hız katsayısı

g = Yerçekimi ivmesi

h_e = Enerji kayıp yüksekliği

$$h_e = LS_f + C\left|\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^1}{2g}\right| \quad (1.2)$$

L = Kanal uzunluğu

S_f = İki kesit arasındaki sürtünme eğimi

C = Genişleme veya daralma kayıp katsayısı (Çizelge 1.1.)

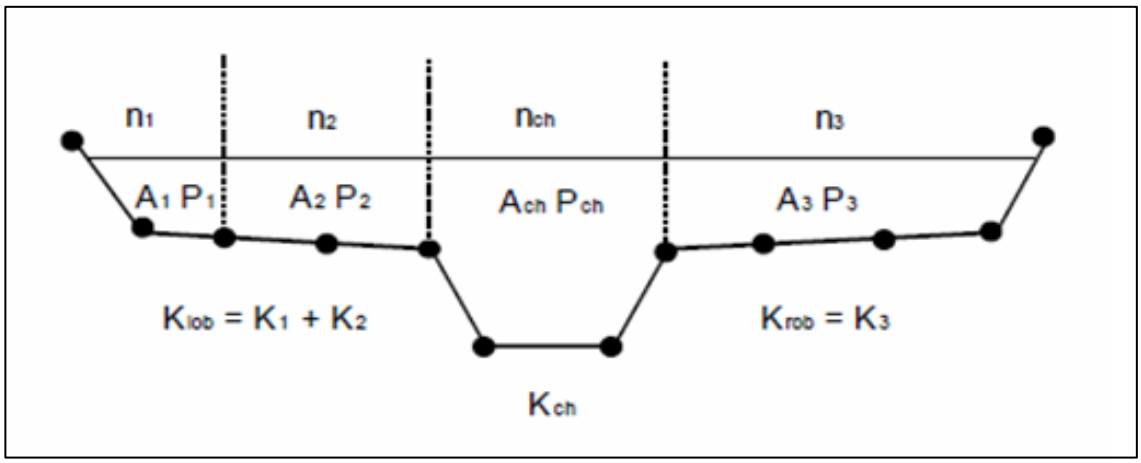
Çizelge 1.1. Genişleme veya daralma kayıp katsayısı (HEC-RAS, 2020)

	Daralma	**Genişleme**
Geçiş kaybı yok	0	0
Yumuşak geçiş	0.1	0.3
Köprü geçişi	0.3	0.5
Ani geçiş	0.6	0.8

$L = \frac{L_{lob}Q_{lob}+L_{ch}Q_{ch}+L_{rob}Q_{rob}}{Q_{lob}+Q_{ch}+Q_{rob}}$ (Şekil 1.6.) (1.3)

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = Akım yolu uzunluğu sırasıyla; sol taşkın kanalı, ana kanal ve sağ taşkın kanalı

Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob} = Kesitler arasındaki ortalama debi sırasıyla; sol taşkın kanalı, ana kanal ve sağ taşkın kanalı



Şekil 1.6. Tanımlanan alt kesitler (Ardıçlıoğlu, 2017)

$$\boldsymbol{S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2} \tag{1.4}$$

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \tag{1.5}$$

K = Her bir alt bölge için iletim kapasitesi

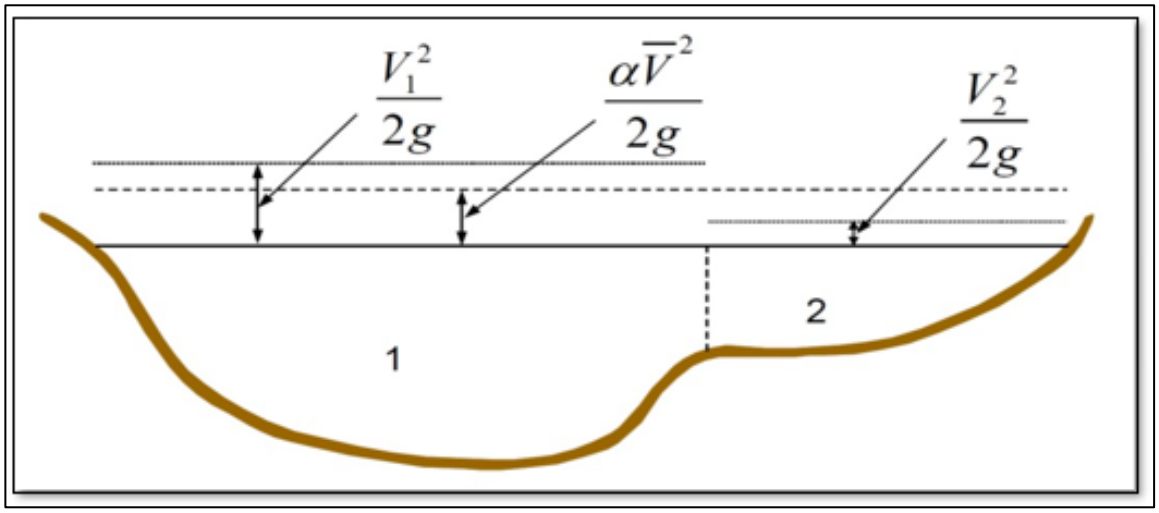
n = Her bir alt bölge için pürüzlülük katsayısı

A = Alt kesit alanı

R = Alt kesit hidrolik yarıçapı (alan/ ıslak çevre)

Q = Debi

P = Alt kesit ıslak çevre



Şekil 1.7. Ortalama enerjinin belirlenmesi (Ardıçlıoğlu, 2017)

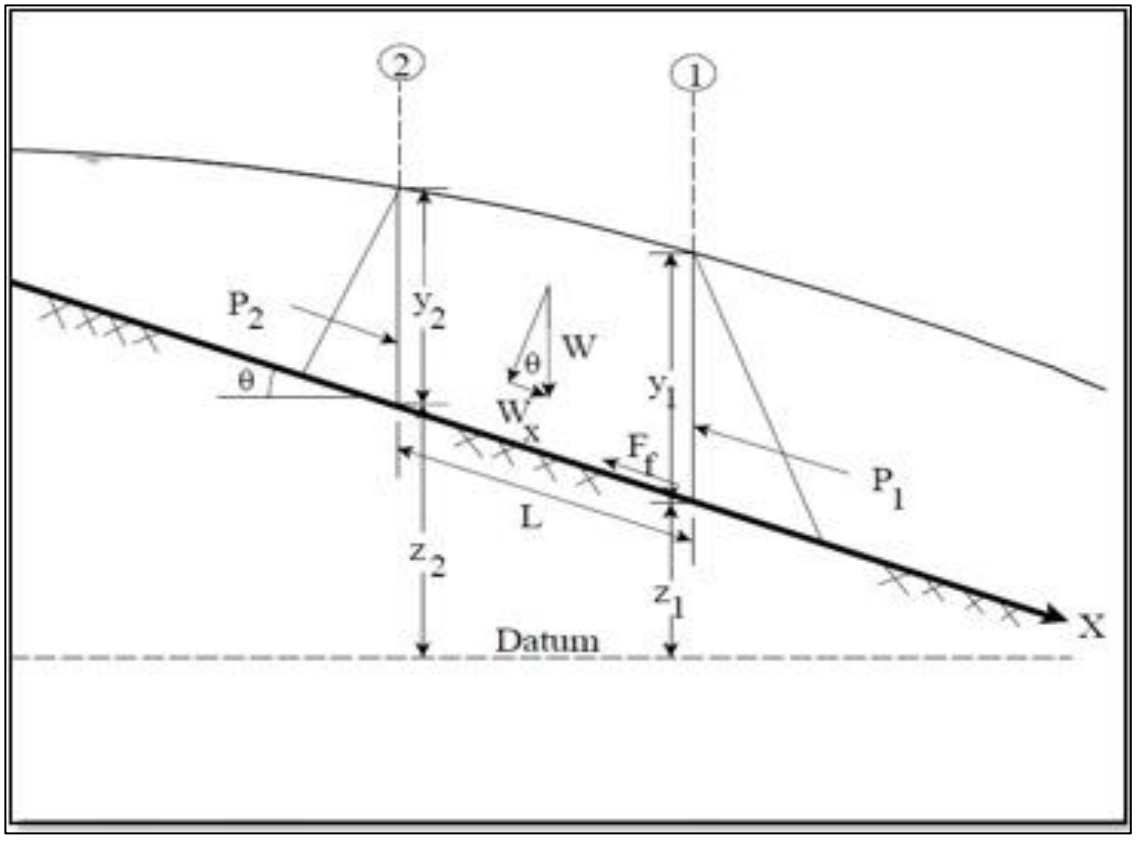
$$\alpha \frac{V^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2} \quad \text{(Şekil 1.7.)} \tag{1.6}$$

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2}\right]}{k_t^3} \tag{1.7}$$

1.2.2 Momentum Denklemleri

Formül (1.8)'deki denklem Newton'un ikinci kanunundan türetilmiştir. Hidrolik modellerin çözdüğü eşitlik sadece formül (1.8)'deki kütlenin korunumu değil; local ve konvektiv ivme terimlerini (hızın zamanla ve kesitten kesite değişimini), basınç, yerçekimi ve sürtünme kuvvetlerinin hesaplandığı terimleri de içerir.

$$\sum F_X = ma \tag{1.8}$$



Şekil 1.8. Momentum yöntemindeki büyüklükler (Ardıçlıoğlu, 2017)

Şekil 1.8.'deki 1. ve 2. kesitleri arasındaki akıma Newton'un ikinci hareket kanununu uygularsak, (1.9)'daki formül yazılabilir:

$$P_2 - P_1 + W_X - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (1.9)$$

P = 1 ve 2 kesitlerindeki hidrostatik basınç kuvveti

W_X= Ağırlık kuvvetinin x bileşeni

F_f= 1 ve 2 kesitleri arasındaki sürtünme kaybı

Q = Debi

ρ = Suyun özgül kütlesi

$\rho\Delta V_x$ = x doğrultusunda 1 ve 2 noktaları arasındaki hız değişimi

$$P = \gamma A\bar{Y}cos\theta \quad (1.10)$$

$$P_1 = \gamma A_1\bar{Y_1} \quad (1.11)$$

$$P_2 = \gamma A_2\bar{Y_2} \quad (1.12)$$

γ = Suyun özgül ağırlığı

$A_{\,i}$ = 1 ve 2 kesitlerindeki kesit ıslak alanı,

$Y_{\,i}$= 1 ve 2 kesitlerindeki su yüzü ile kesit merkezi arasındaki derinlik,

$$W_X = \gamma\left(\frac{A_1 - A_2}{2}\right)L \quad (1.13)$$

$$W_X = W_X sin\theta \quad (1.14)$$

$$sin\theta = \frac{Z_2 - Z_1}{L} = S_0 \quad (1.15)$$

$$W_X = \gamma\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)LS_0 \quad (1.16)$$

L = x ekseni boyunca 1 ve 2 kesitleri arasındaki mesafe

S_0 = Ana kanal taban eğimi

$z_{\,i}$ = 1 ve 2 kesitlerindeki ana kanal yüksekliği

$$F_f = \tau\bar{P}L \quad (1.17)$$

τ = Kayma gerilmesi

P = 1 ve 2 kesitleri arasındaki ortalama ıslak çevre

$$\tau = \gamma\bar{R}\bar{S}_f \quad (1.18)$$

R = Ortalama hidrolik yarıçap (R=A/P)

S_f = Enerji çizgisinin eğimi

$$F_f = \gamma \frac{\bar{A}}{P} \bar{S}_f \bar{P} L \tag{1.19}$$

$$F_f = \gamma \left(\frac{A_1+A_2}{2}\right) \bar{S}_f L \tag{1.20}$$

$$ma = Q\rho \Delta V_X \tag{1.21}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \tag{1.22}$$

$$\Delta V_X = (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2) \tag{1.23}$$

$$ma = Q \frac{\gamma}{g} (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2) \tag{1.24}$$

β = Momentum düzeltme katsayısı

Q'nun 1. ve 2. kesitler arasında değişeceği kabul edilir ve yukarıdaki ifadeler denklem (1.9)'da yerine yazılırsa aşağıdaki momentum (1.25) denklemi elde edilir. HEC-RAS ile 1 boyutlu hidrolik modellemeler yapıldığında, programın arka planında momentum denkleminin kullanıldığı yerlerde (1.25) denklemi kullanılır (Ardıçlıoğlu, 2017).

$$\frac{Q_2^2 \beta_2}{gA_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1+A_2}{2}\right) L S_0 - \left(\frac{A_1+A_2}{2}\right) \bar{S}_f L = \frac{Q_1^2 \beta_1}{gA_1} + A_1 \bar{Y}_1 \tag{1.25}$$

HEC-RAS programında formül (1.26), (1.27) ve (1.28)'deki Saint Venant denklemleri kullanılarak 2 boyutlu hidrolik modellemeler yapılabilir.

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \tag{1.26}$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{p^2}{h}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{pq}{h}\right) = \frac{\dot{n}^2 p g \sqrt{p^2+q^2}}{h^2} - gh\frac{\partial \xi}{\partial x} + pf + \frac{\partial}{\rho \partial x}(h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\rho \partial y}(h\tau_{xy}) \tag{1.27}$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{q^2}{h}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{pq}{h}\right) = \frac{\dot{n}^2 q g \sqrt{p^2+q^2}}{h^2} - gh\frac{\partial \xi}{\partial y} + qf + \frac{\partial}{\rho \partial y}(h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\rho \partial x}(h\tau_{xy}) \tag{1.28}$$

h = Metre cinsinden su derinliği

$p\ ve\ q$ = x ve y yönlerindeki akışı (m²/s)

ξ = Su yüzey kotu (m)

ρ = Su yoğunluğu (kg/m3)

$\tau_{xx}, \tau_{yy}\ ve\ \tau_{xy}$ = Etkili kayma gerilmesinin bileşenleri

f = Coriolis etkisi

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Özcan (2008), uzaktan algılama ile uydu görüntülerini kullanarak sınıflandırma yapıp arazi kullanım durumunu belirlemiş. Bu sınıflandırılmış uydu görüntüleri sürtünme katsayılarının belirlenmesinde ve taşkından etkilenen alanların belirlenmesinde kullanmış. HEC-RAS paket programını kullanarak Sakarya il sınırının bir kısmını da içeren Sakarya Nehri alt havzasının taşkın analizini yapmış, analiz sonucunda 620 ha yerleşim alanı ve 3330 ha tarım arazisinin taşkından etkilendiğini ortaya koymuş.

Efe (2014); HEC-RAS paket programını kullanarak Batman Çayı üzerinde bulunan Batman-Malabadi yolu köprüsü ile Batman-Diyarbakır yolu köprüsü arasındaki kısmının taşkın analizini yapmış, analiz sonucunda çalışma güzergâhında yer alan Şerbet ve Bıçakçı köylerinin tarım arazilerinin taşkından etkileneceğini ortaya koymuş, DSİ tarafından geliştirilen Batman Çayı ıslah projesinin taşkın kontrol kesitini tahkik etmiş, projenin kesitinin yeterli olacağını ortaya koymuş.

Akkaya (2016), HEC-RAS paket programını kullanarak Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne ili sınırları içerisinde yer alan kısımlarında taşkın analizini yapmış; taşkın sularının 1955-1975 yılları arasında seddelenmiş arazide kalan yerleşim yerleri ve sosyal yaşam alanlarının taşkından etkilendiğini ortaya koymuş.

Oğraş (2018), HEC-RAS paket programını kullanarak Dicle Nehri'nin Silvan'dan Diyarbakır'a olan köprüden tarihi On Gözlü Köprüsü arasında kalan kısmın taşkın analizini yapmış. Yapılan taşkın analizi sonucu: On Gözlü Köprü ve Sadi Köprüsü hidrolik açıdan açıklıkların yetersiz olduğunu; tarihi Hevsel Bahçesi, Dicle Üniversitesinin Kaptajı, Arıtma Tesisleri, Taşıt İşletme Şubesi, fidan üretim sahası, Balık üretim tesisleri ve Üniversite Köprüsü membasında bulunan yerleşim yerlerinin taşkından etkilendiğini ortaya koymuş.

Akkoç (2019), HEC-RAS paket programını kullanarak Kars Çayı'nın Kars merkezden geçen kısmın taşkın analizini yapmış; taşkın analizi sonucunda Kars merkezinin taşkından etkilendiğini ortaya koymuştur.

Yıldırım (2020), HEC-RAS paket programını kullanarak Sakarya ili Geyve ilçesi Karaçay Deresinin taşkın analizini yapmış; taşkın analizi sonucunda taşkın yayılım haritalarını oluşturmuş ve Geyve ilçe merkezinin ve verimli tarım arazilerinin taşkından etkilendiğini ortaya koymuş.

Demir (2020), uzaktan algılama ile Sentinel-2 uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırmasını yaparak pürüzlülük katsayıları için arazi kullanım haritasını oluşturmuş. Bu oluşturulan harita taşkın analiz programlarında kullanılmış. HEC-RAS ve FLO 2D programlarını kullanarak Merte Irmağı Havzasının Samsun ili kent sınırları ile kesiştiği kısmın taşkın analizini yapmış, taşkın analizi sonucu taşkın tehlike ve taşkın risk haritalarını oluşturmuş.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

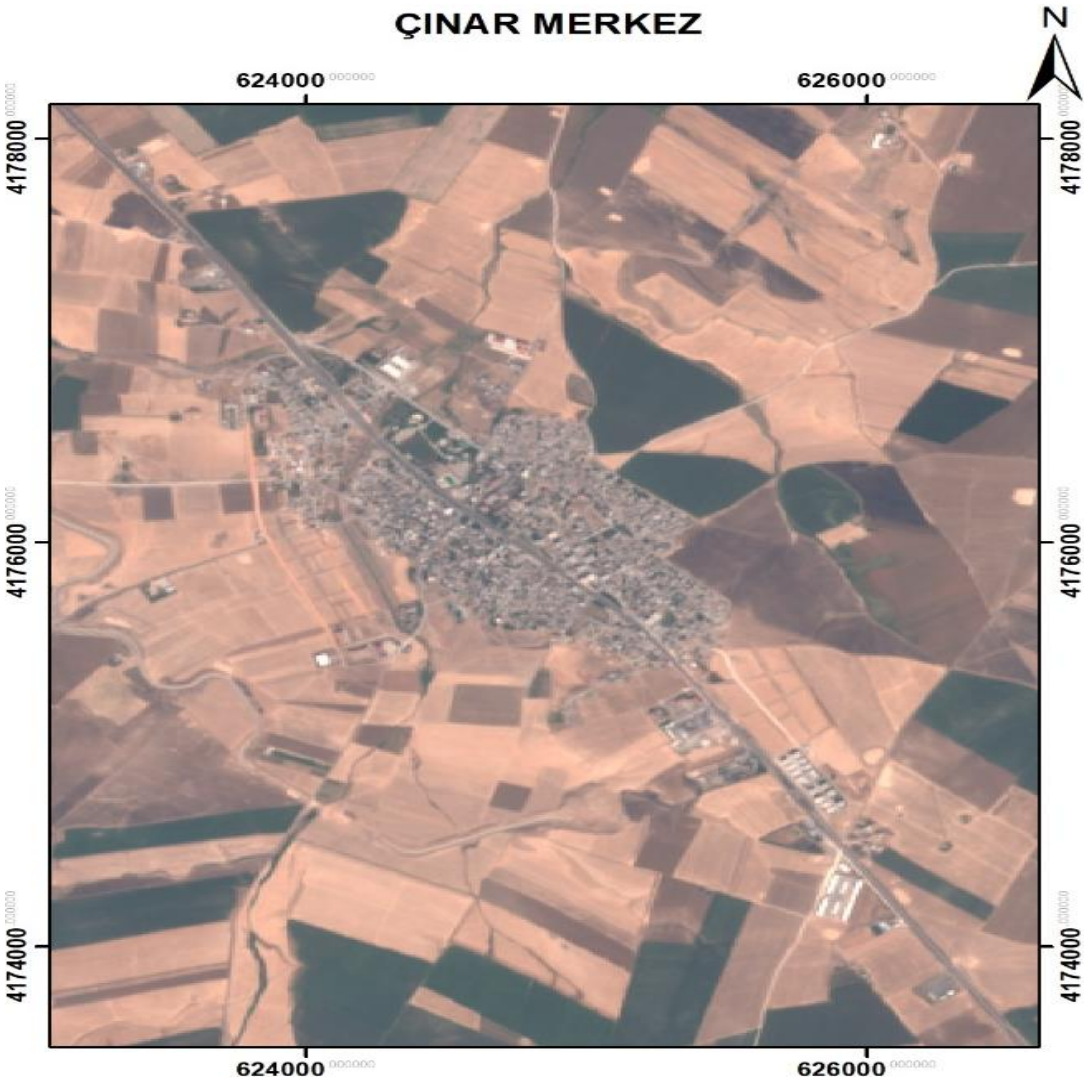
Çalışma alanı Diyarbakır iline 32 km mesafede olan Çınar ilçe merkezindeki Çakmak Deresidir. Çınar ilçesinin TÜİK 2020 verilerine göre nüfusu 76.798'dir. Çakmak Deresi Şekil 3.1.'deki 21 no'lu Dicle-Fırat Havzası'nda yer almaktadır. Çakmak Deresi Çınar'ın Ağaçsever Mahallesi'nde doğar, Çınar merkezinden geçer ve Çınar'ın Başaklı Mahallesi'nde Dicle Nehri'ne boşalır.



Şekil 3.1. Türkiye su kaynakları havzaları haritası (DSİ, 2017)

Çalışma alanı, Çakmak Deresi'nin Çınar merkezinde kalan 1600 m'lik kısmını kapsamaktadır. Yaklaşık rakımı 655 m olan Çakmak Deresi güneyden kuzeye doğru akmaktadır ve geçmişte birçok mesken ve tarım arazisi, taşkından kaynaklanan hasarlara

maruz kalmıştır. Bu kısımda yerleşim yerleri mesire alanları ve tarım arazileri yer almaktadır. Çakmak Deresinin bu kesimde ortalama eğimi %1'dir. Çınar merkezinin Sentinal-2 uydu görüntüsü Şekil 3.2.'de verilmiştir.



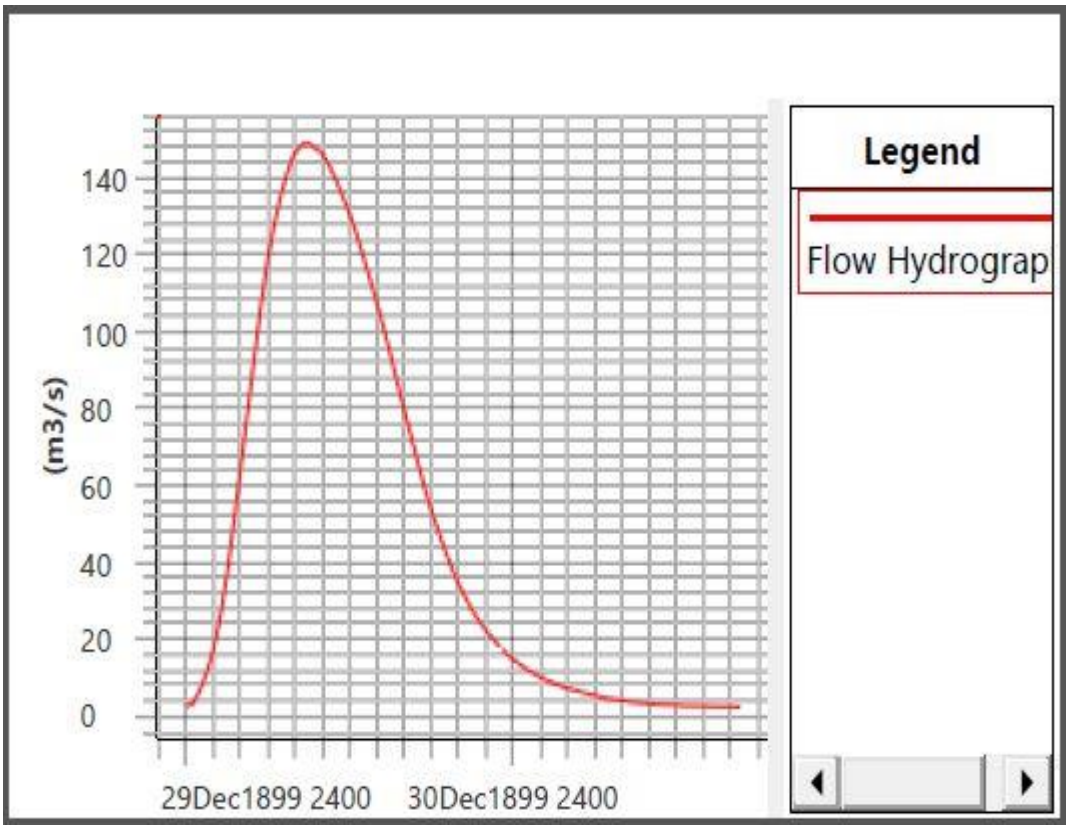
Şekil 3.2. Çalışma alanının (Çınar ilçe merkezinin) 2020 Sentinel-2 uydusunun doğal renk görüntüsü

3.1.2. Jeoloji

Çınar ilçesi seyrek olarak konglomera, kil taşı ve kumtaşı ardalanmasından oluşmuştur. Üst kısımlarında kil katmanı görülmektedir (DSİ, 2006).

3.1.3. Hidroloji

Karasal iklimde yer alan Çınar ilçesi yazları sıcak kışları soğuk geçer. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında yüksek sıcaklıklara ulaşır. Gölgede ölçülen en yüksek sıcaklık değerleri haziranda 45.2 ℃ ve ağustosta da 48.9 ℃'dir. Karacadağ'ın da etkisiyle kışları soğuk geçer. Kış mevsimindeki en düşük sıcaklık 31 Aralık 2007 tarihinde -28.7 ℃ olarak ölçülmüştür (Wikipedia, 2021). Çınar Merkezi coğrafi olarak enlem: 37.7325, boylam: 40.4111 koordinatında bulunmaktadır. Yıllık ortalama yağışı 400 mm ve yıllık ortalama sıcaklığı 16 ℃'dir (DSİ, 2006). DSİ'den alınan Çakmak Deresinin debisi çalışma güzergahının mansabı referans alınarak hesaplanmış. Çakmak Deresinin debisi DSİ sentetik metot yöntemine göre hesaplanmış olup: Yağış alanı 124.1 km² ve 500 yıllık tekerrürlü pik debisi Q500=148.9 m^3/s'dir. Zamana bağlı debi değişim hidrografı Şekil 3.3.'te verildiği gibidir:



Şekil 3.3. Giriş hidrografı

3.1.4. Pürüzlülük

Pürüzlülük belirleme tecrübe gerektiren bir konudur. Farklı kişiler aynı derenin pürüzlülüğünü farklı olarak hesaplayabilmektedir. Pürüzlülüğü gerçeğe yakın belirleyebilmek için tecrübe sahibi olmak gerekir. Bir bölgenin en doğruya yakın pürüzlülük değeri, taşkın anında suyun geçtiği kesit alanı ve suyun hızı ölçülerek manning formülü ile bulunabilir. Hidrolik modellerde bu şekil üretilmiş maningler; girdi olarak verildiğinde hidrolik modellerin yayılım, derinlik ve hız sonuç çıktıları daha doğru olmuş olur. Bu nedenle ülkemizde taşkın anlarında, dere yataklarında mutlak surette belli kesitlerde kesit alanı ve su hızı ölçülmeli. Çakmak deresinin n pürüzlülük katsayısı dere yatağı için DSİ taşkın ihtisas komisyonuca geliştirilen "Modifiye Cowan Metodu"na ait Çizelge 3.1.'deki pürüzlülük tablosuna göre belirlenmiştir (DSİ, 2016).

Çizelge 3.1. "Modifiye Cowan Metodu"na pürüzlülük tablosu (DSİ, 2016)

Yataktaki Malzeme Cinsi	Beton	Medyan Dane Çapı (mm)	--	n_b	0.012-0.018
	Kaya		--		--
	Sert Toprak		--		0.025-0.032
	İri Kum		1-2		0.026-0.035
	İnce Çakıl		--		--
	Çakıl		2-64		0.028-0.035
	İri Çakıl		--		--
	İri Taş		64-256		0.030-0.050
	Yumru Kaya		>256		0.040-0.070
Kanal Şev Durumu	Pürüzsüz			n_1	0.000
		Beton Duvar			0.003
	Önemsiz	Taş Duvar			0.005
		İstifli Taş Tahkimat			0.008
	Orta	Ağaçsız Kaya/Toprak Yamaç			0.010
		İstifsiz Taş Tahkimat			0.015
	Şiddetli	Ağaçlı Yamaç			0.020
Kanal Kesit Değişimi	Aşamalı			n_2	0.000
	Ara Sıra Değişen				0.005
	Sık Değişen				0.010-0.015
	İhmal Edilebilir		<%5	n_3	0.000

Kanaldaki Engeller (Birikinti, Tümsek, Düşü, Kaya, Köprü Ayağı)	Önemsiz	Engel/Kesit Alanı x100	%5-15		0.010-0.015
	Kayda Değer		%15-50		0.020-0.030
	Şiddetli		>%50		0.040-0.060
Kanal Bitki Örtüsü	Düşük			n_4	0.005-0.010
	Orta				0.010-0.025
	Yüksek				0.025-0.050
	Çok Yüksek				0.050-0.100
Kanal Kıvrımı	Önemsiz	Dere Uzunluğu / Kuş Uçuşu Uzunluğu	1-1,2	m	1.000
	Kayda Değer		1.2-1.5		1.150
	Şiddetli		>1.5		1.300

Pürüzlülük n katsayısını belirlemek için dere yatağının Şekil 3.4.'teki resmi yorumlanmış olup Çizelge 3.1.'deki değerler ile eşleştirilip formül (3.1)'de yerine yazılmıştır. Dere tabanı beton kaplı olup yanları da kargir duvardan oluşmaktadır. Yataktaki malzeme cinsi beton kaplı olduğundan aralıktaki üst değer olan n_b=0.018 alınmıştır. Kanal şev durumu kargir duvar olduğundan n_1=0.005 alınmıştır. Kanal kesit değişimi aşamalı olduğundan n_2=0.000 alınmıştır. Kanaldaki engeller (Birikinti, Tümsek, Düşü, Kaya ve Köprü Ayağı) (Engel/Kesit alanı)x100<%5 olduğundan n_3 =0.000 alınmıştır. Kanal bitki örtüsü olmadığından n_4 =0.000 alınmıştır. Kanal kıvrımı dere uzunluğu/kuş uçuşu uzunluk=1600/1380=1.16 bu değer 1-1.2 aralığında olduğu için önemsiz sayıldığından m =1 alınmıştır. Alınan değerler formül (3.1)'de yerine yerleştirilince pürüzlülük n değeri Çizelge 3.2.'deki gibi 0.023 olarak bulunmuştur. Bu işlemler için DSİ tarafından geliştirilen Şekil 3.5.'teki program kullanılmıştır.

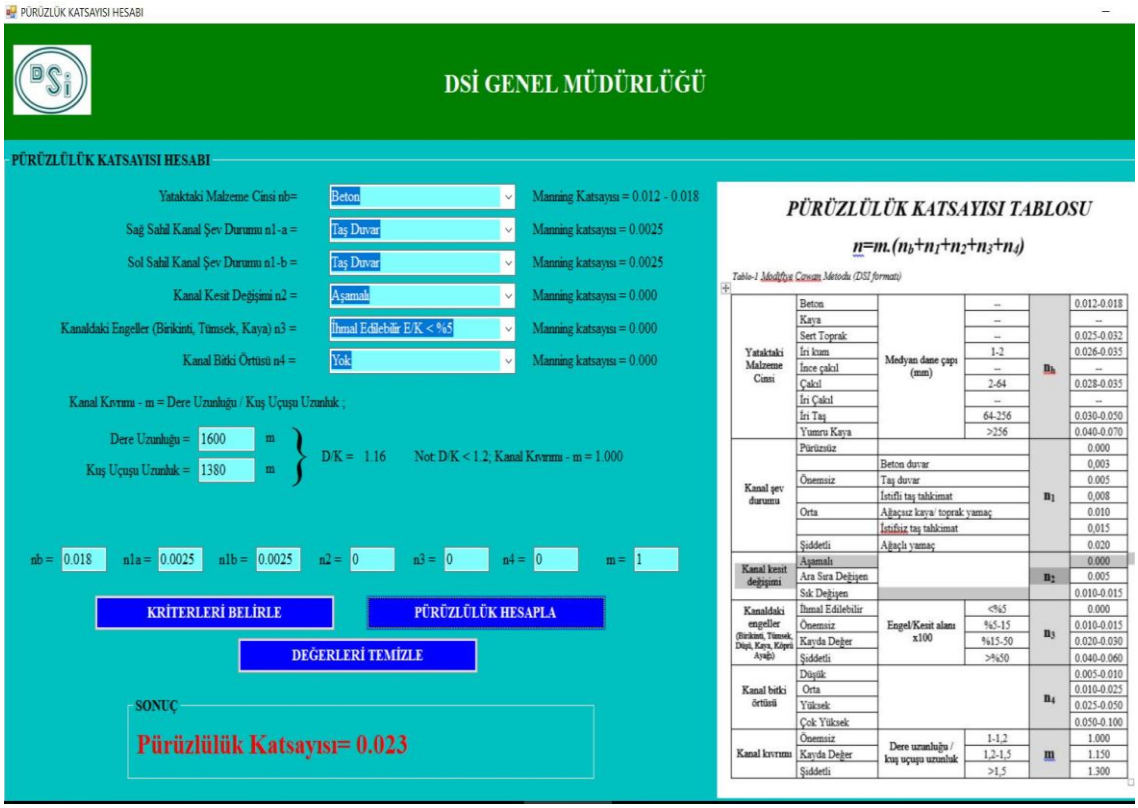
$$n = m * (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \quad (3.1)$$

Çizelge 3.2. Çakmak deresinin pürüzlülük n değeri

Katsayı	Değer
n_b	0.018
n_1	0.005
n_2	0.000
n_3	0.000
n_4	0.000
m	1.000
$n = m * (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$	0.023



Şekil 3.4. Çakmak deresinin fiziki durumu



Şekil 3.5. Pürüzlülük katsayı hesap programı

Dere yatağı dışındaki taşkın alanlarının pürüzlülük n katsayıları uzaktan algılama ile Chow 1959'daki katsayılara göre pixel bazlı belirlenmiştir (Chow, 1959). Bu bağlamda taşkın alanlarının arazi kullanım durumu tarım arazileri, ağaçlık alanlar ve yerleşim yerleri olarak 3 sınıfta ele alınmıştır. Bu çalışma için öncelikle Çakmak Deresinin 19.09.2020 tarihine ait ücretsiz Çizelge 3.3.'teki band özelliklerine sahip Sentinel-2 uydu görüntüsü internetten indirilmiştir (Earthexplorer, 2021).

Çizelge 3.3. Sentinel-2 uydu görüntülerinin band bilgileri (Esri, 2021)

Band	Açıklama	Dalga Boyu (µm)	Mekânsal Çözünürlük (m)
1	Kıyılar ve aerosol	0.433 – 0.453	60
2	Mavi (B)	0.458 – 0.523	10

3	Yeşil (G)	0.543 – 0.578	10
4	Kırmızı (R)	0.650 – 0.680	10
5	Bitki örtüsü kırmızı kenar	0.698 – 0.713	20
6	Bitki örtüsü kırmızı kenar	0.733 – 0.748	20
7	Bitki örtüsü kırmızı kenar	0.773 – 0.793	20
8	Yakın kızıl ötesi	0.785 – 0.900	10
8A	Daraltılmış yakın kızıl ötesi	0.855 – 0.875	20
9	Su buharı	0.935 – 0.955	60
10	Kısa dalga kızıl ötesi-sirüs	1.365 – 1.385	60
11	Kısa dalga kızıl ötesi-1	1.565 – 1.655	20
12	Kısa dalga kızıl ötesi-2	2.100 – 2.280	20

İndirilen uydu görüntüsünün bantları açık kaynak kodlu QGIS programında açılmıştır. SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) eklentisinde açılan bantların çalışma alanına denk gelen kısımları kesilmiştir. Kesilmiş bantlara atmosferik düzeltme yapılmıştır.

Kontrollü sınıflandırma için bantlar üzerinde 3 ana sınıf olmak üzere 17 tane yerleşim alanı alt sınıfı, 15 tane tarım arazisi alt sınıfı ve 4 tane ağaçlık alanı alt sınıfı olmak üzere toplamda 36 eğitim sınıfı seçilmiştir. Daha sonra maksimum olasılık, minimum mesafe ve spektral açı haritası algoritmalarına göre 3 ayrı yöntemle kontrollü sınıflandırma yapılmıştır.

Kontrollü sınıflandırmada kullanılan algoritmalardan en iyi sonucu vereni tespit etmek için doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi için 3 ana sınıf olmak üzere 9 tane yerleşim alanı alt sınıfı, 6 tane tarım arazisi alt sınıfı ve 5 tane ağaçlık alanı alt sınıfı olmak üzere toplamda 20 adet test sınıfı seçilmiştir. Kontrollü sınıflandırma sonucu oluşan

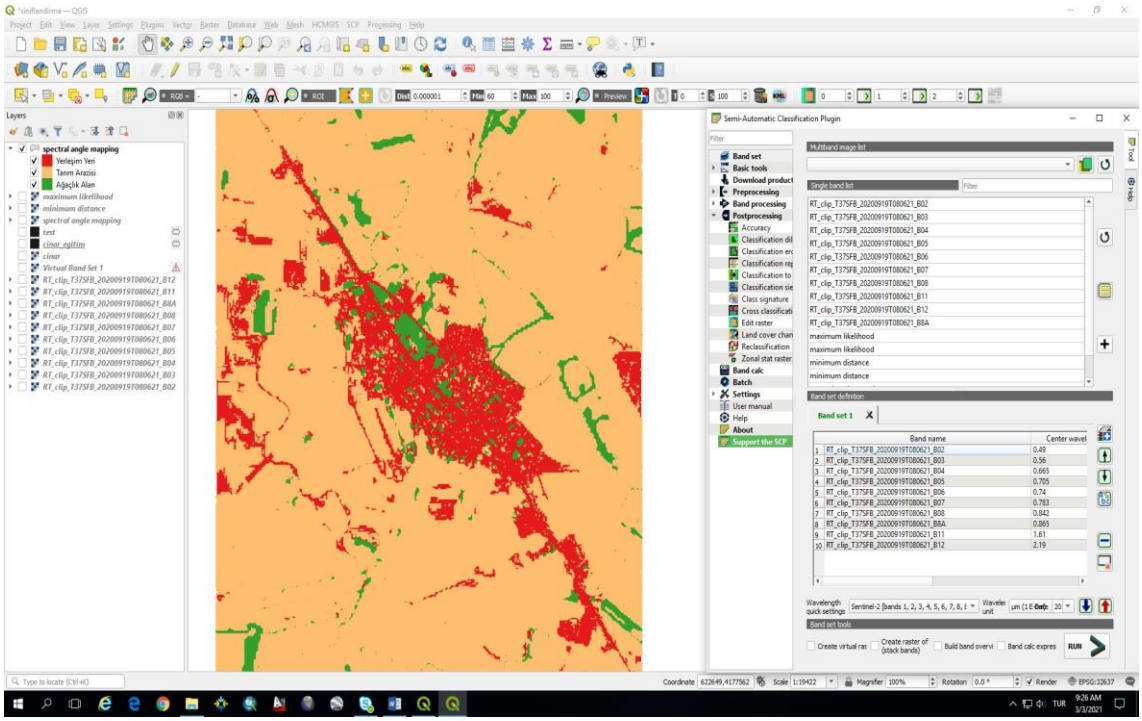
sınıflandırma verileri ile test verileri kıyaslanmış olup, her üç algoritma sonucu oluşan kontrollü sınıflandırma verilerinin doğruluk analizi yapılmıştır. Çizelge 3.4.'te verilen değerler elde edilmiş olup en iyi sonucu, spektral açı haritası algoritmasının verdiği anlaşılmıştır.

Çizelge 3.4. Doğruluk analizi sonuçları

Algoritmalar	**Genel Doğruluğu [%]**	**Kappa Değeri**
Maksimum olasılık	73.7404	0.556
Minimum mesafe	82.5978	0.6805
Spektral açı haritası	85.4136	0.7022

"Kappa değerinin %75 ve üzeri olması durumunda sınıflandırmanın çok iyi olduğu, %40-%75 arası olması durumunda sınıflandırmanın orta-iyi olduğu, %40'ın altında olması durumunda ise sınıflandırmaların zayıf olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır." (Ayhan ve ark., 2007; akt. Demir, 2020, s.127).

Dere yatağı dışındaki taşkın alanlarının pürüzlülük n katsayıları Çizelge 3.5.'te Chow 1959'daki katsayılara göre pixel bazlı belirlenmiştir (Chow, 1959). Spektral açı haritası algoritmasının kontrollü sınıflandırılması sonucu Şekil 3.6.'daki harita elde edilmiştir. Bu haritada yerleşim yerleri olarak atanan kırmızı pixellerde n=0.060, tarım arazileri olarak atanan turuncu pixellerde n=0.05 ve ağaçlık alanlar olarak atanan yeşil pixellerde n=0.08 alınmıştır.



Şekil 3.6. Spektral açı haritası algoritması ile kontrollü sınıflandırma

Çizelge 3.5. Pürüzlülük n değerleri tablosu (Chow, 1959)

Kanallar İçin Pürüzlülük n Değeri			
Kanal Türü ve Tanımı	**Minimum**	**Normal**	**Maksimum**
Doğal akışlar-ikincil akışlar (Taşkın evresinde üst genişlik < 100 ft)			
1. Ana Kanallar			
a. Temiz, düz, dolu evre, yarık veya derin su birikintisi yok	0.025	0.030	0.033
b. Yukarıdakiyle aynı, ancak daha fazla taş ve yabani otlar	0.030	0.035	0.040
c. Temiz, dönemeçli, birkaç su birikintisi ve sığ su	0.033	0.040	0.045
d. Yukarıdakiyle aynı, ancak daha fazla taş ve yabani otlar	0.035	0.045	0.050
e. Yukarıdakiyle aynı, daha alçak evre, çok az eğim ve kesitler	0.040	0.048	0.055
f. 'd' ile aynı fakat daha fazla taş	0.045	0.050	0.060
g. Cılız akımlar, yabani otlar, derin su birikintileri	0.050	0.070	0.080

h. Çalılık ve keresteliklerin yoğun hakimiyeti ile derin su birikintileri veya taşkın kanalları ve çok yoğun otlak	0.075	0.100	0.150
2. Dağlık alanlardaki akışlar, bitki örtüsünden yoksun kanallar, genellikle dik setler, yüksek evrede sular altında kalmış setler boyunca ağaçlar ve çalılıklar			
a. Zemin: çakıllar, taşlar ve az miktarda kayalar	0.030	0.040	0.050
b. Zemin: büyük kayalar ile çakıllar	0.040	0.050	0.070
3. Taşkın Ovaları			
a. Otlak, çalılık yok			
1. Kısa otlar,	0.025	0.030	0.035
2. Uzun otlar	0.030	0.035	0.050
b. Ekili alanlar			
1. Mahsul yok	0.020	0.030	0.040
2. Olgun sıralı mahsuller	0.025	0.035	0.045
3. Olgun alansal mahsuller	0.030	0.040	0.050
c. Çalılık			
1. Dağınık çalılık, yoğun otlar	0.035	0.050	0.070
2. Hafif çalılık ve ağaçlar (kış)	0.035	0.050	0.060
3. Hafif çalılık ve ağaçlar (yaz)	0.040	0.060	0.080
4. Orta düzeyden yoğuna çalılık (kış)	0.045	0.070	0.110
5. Orta düzeyden yoğuna çalılık (yaz)	0.070	0.100	0.160
d. Ağaçlar			
1. Yoğun söğütler, yaz mevsimi, düz	0.110	0.150	0.200
2. Ağaç köklerinden temizlenmiş arazi, filiz yok	0.030	0.040	0.050
3. Yukarıdakiyle aynı, ancak yoğun bir şekilde büyümüş filizler	0.050	0.060	0.080
4. Keresteliklerin yoğun hakimiyeti, çok az ağaç, birkaç çalılık, ağaç dallarının aşağısında kalmış taşkın evresi	0.080	0.100	0.120
5. 4 ile aynı, ağaç dallarına ulaşan taşkın evresinde	0.100	0.120	0.160
4. Kazınmış ve taranmış kanallar			
a. Zemin düz ve düzenli			
1. Temiz, yakın zamanda tamamlanmış	0.016	0.018	0.020

2. Temiz, ayrışmadan sonra	0.018	0.022	0.025
3. Çakıl, düzenli bölüm, temiz	0.022	0.025	0.030
4. Kısa otlu, az miktarda yabani otlu	0.022	0.027	0.033
b. Dönemeçli zemin, çok zayıf akım			
1. Bitki örtüsünden yoksun	0.023	0.025	0.030
2. Çimen, biraz yabani ot	0.025	0.030	0.033
3. Derin kanallardaki yoğun yabani otlar veya sucul bitkiler	0.030	0.035	0.040
4. Topraklı zemin ve moluzlu yanlar	0.028	0.030	0.035
5. Taşlı zemin ve yabani ot bankları	0.025	0.035	0.040
6. İri taşlı zemin ve temiz yanlar	0.030	0.040	0.050
c. Ağır kazı makinesi (dragline) ile kazınmış			
1. Bitki örtüsünden yoksun	0.025	0.028	0.033
2. Banklarda hafif çalılık	0.035	0.050	0.060
d. Kaya kesmeleri			
1. Pürüzsüz ve düzgün	0.025	0.035	0.040
2. Pürüzlü ve düzensiz	0.035	0.040	0.050
e. Bakımı yapılmamış kanallar, yabani otlar ve kesilmemiş çalılıklar			
1. Yoğun yabani otlar, akış derinliği olarak yüksek	0.050	0.080	0.120
2. Temiz zemin, yanlarda çalılık	0.040	0.050	0.080
3. Yukarıdakiyle aynı, en yüksek akım evresi	0.045	0.070	0.110
4. Yoğun çalılık, yüksek akım evresi	0.080	0.100	0.140
5. Kaplanmış ve yapılı kanallar			
a. Çimento			
1. Düzgün zemin	0.010	0.011	0.013
2. Harç	0.011	0.013	0.015
b. Odun			
1. Biçilmiş, işlenmemiş	0.010	0.012	0.014
2. Biçilmiş, kreozotlanmış	0.011	0.012	0.015
3. Biçilmemiş	0.011	0.013	0.015
4. Çıta ile kalas	0.012	0.015	0.018

5. Çatı kağıdı ile kaplı	0.010	0.014	0.017
c. Beton			
1. Mala ile düzeltilmiş	0.011	0.013	0.015
2. Mastar ile düzeltilmiş	0.013	0.015	0.016
3. Düzeltilmiş, çakıllı zemin	0.015	0.017	0.020
4. Düzeltilmemiş	0.014	0.017	0.020
5. Püskürtme harç, pürüzsüz bölüm	0.016	0.019	0.023
6. Püskürtme harç, pürüzlü bölüm	0.018	0.022	0.025
7. Pürüzsüz kazılmış kayalar	0.017	0.020	
8. Düzensiz kazılmış kayalar	0.022	0.027	
d. Yanları mastar ile düzeltilmiş beton zemin			
1. Harç içinde yontulmuş taş	0.015	0.017	0.020
2. Harç içinde rasgele taş	0.017	0.020	0.024
3. Moloz-çimentolu duvar, sıvalı	0.016	0.020	0.024
4. Moloz-çimentolu duvar	0.020	0.025	0.030
5. Kuru iri çakıllar veya riprap	0.020	0.030	0.035
e. Yanları çakıl olan zemin			
1. Şekillenmiş beton	0.017	0.020	0.025
2. Rasgele harçlı taş	0.020	0.023	0.026
3. Kuru iri çakıllar veya riprap	0.023	0.033	0.036
f. Tuğla			
1. Sırlı tuğla	0.011	0.013	0.015
2. Çimento harcı içinde tuğla	0.012	0.015	0.018
g. Duvar			
1. Çimentolu çakıl	0.017	0.025	0.030
2. Kuru çakıl	0.023	0.032	0.035
3. Yontulmuş taş	0.013	0.015	0.017
i. Asfalt			
1. Pürüzsüz	0.013	0.013	
2. Kaba	0.016	0.016	
j. Bitkisel örtü	0.030		0.500

3.1.5. Daralma ve Genişleme Katsayıları

Enerji kayıplarına neden olan faktörlerden biri de kesitler arası değişimden kaynaklı akış genişlemesi ve daralmasıdır. Kesit alanı, kesit genişlemesi ve daralmasından ötürü farklı olur. Hız azalırken genişleme katsayısı, hız artarken daralma katsayısı kullanılır. Kesit genişleme ve daralmasından kaynaklı katsayılar membadan mansaba doğru kesit arasındaki hızların farkı ile çarpılır. Kesitler arasındaki enerji kaybı bulunur. Daralma ve genişleme katsayıları dere kesitlerinde meydana gelen değişikliklerde, köprü, menfez, şut, savak vb. hidrolik yapılarda kullanılmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 3.3.'te genişleme ve daralma katsayıları yer almaktadır. Bu katsayılar, kritik üstü akışlar ile kritik altı akışlar karşılaştırıldığında kritik üstü akış katsayıları genel itibari ile daha düşüktür. Çalışma sahamızdaki derenin daralma ve genişlemesi menfez geçişlerinden kaynaklı olup Çizelge 3.6.'daki gibi aşamalıdır.

Çizelge 3.6. Açık kanallarda daralma ve genişleme kayıp katsayıları (HEC-RAS, 2020)

Güzergah Durumu	**Daralma**	**Genişleme**
Güzergahta geçiş yok	0.0	0.0
Güzergahta aşamalı geçiş	0.1	0.3
Tipik köprü geçişi	0.3	0.5
Ani dik geçiş	0.6	0.8

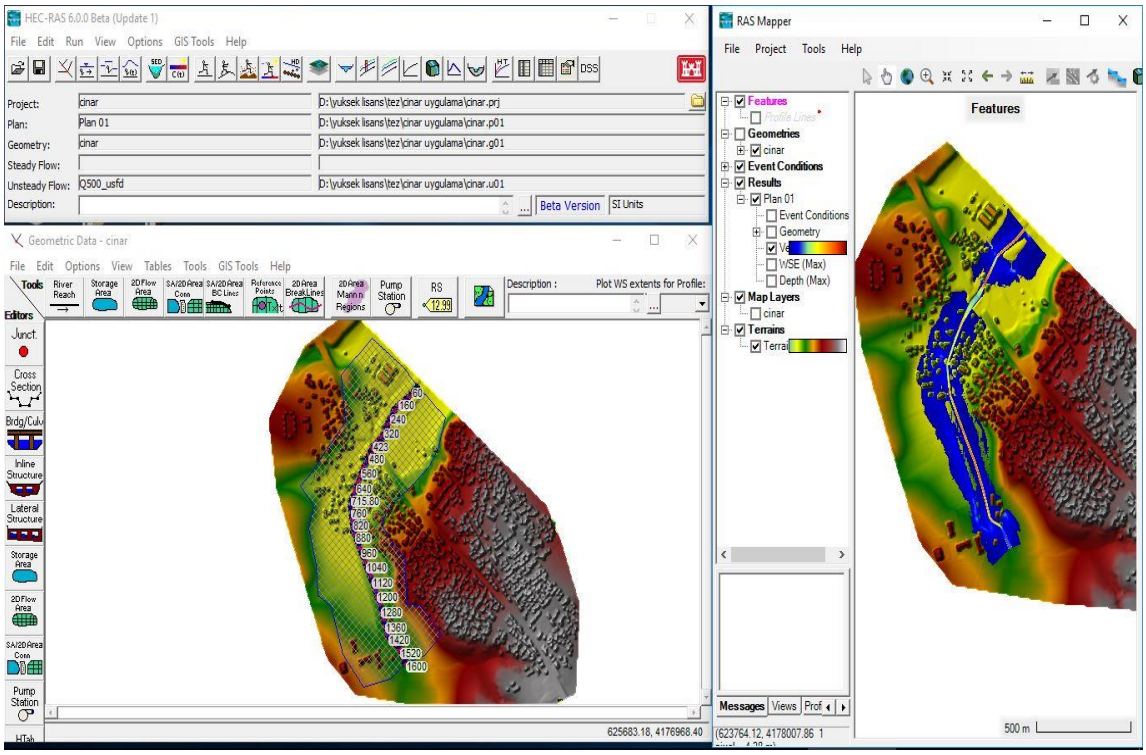
3.2. Yöntem

Bu çalışmada; Çakmak deresi üzerindeki 5 adet menfezin, kesit değişiminin ve mevcut ıslah kesitindeki yüksekliklerin akıma etkisinin tespitiyle birlikte gerçekleşebilecek taşkın yayılım sahalarının güzergâhta yer alan yapılara, tarım arazilerine ve ağaçlık alanlara olası etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada izlenen yöntem şu şekildedir:

- Çalışma alanına ait 1/1000 ölçekli haritalarının temini
- Hidrolojik (debi ve hidrograf) verilerin temini
- Çalışma güzergâhında bulunan hidrolik yapılar ve diğer yapıların röleve ve fotoğraf verilerinin temini
- Kanal içi pürüzlülük katsayısının belirlenmesi
- 2 boyutlu alanlar için uzaktan algılama ile pürüzlülük katsayısı haritasının oluşturulması
- Kanal içi daralma ve genişleme katsayılarının belirlenmesi
- HEC-RAS programına haritanın aktarılması
- HEC-RAS programında güzergâhın, sahillerin, kesitlerin, akış yollarının, suyun taştığı yerlere 2 boyutlu alanların ve 1 boyutlu ile 2 boyutlu hidrolik model arasındaki bağlantı için yanal savakların çizilmesi
- HEC-RAS programında menfezlerin tanımlanması
- HEC-RAS programına pürüzlülük katsayılarının, daralma-genişleme ve debinin (hidrografın) girilmesi
- 1 boyutlu ve 2 boyutlu entegreli hidrolik modelin çalıştırılması
- Çıktı ürün olarak üretilen su derinliği, su hızı, su yüzü profili ve taşkın yayılımının 3 boyutlu olarak görüntülenmesi
- Taşkın yayılım alanı ile uzaktan algılama ile üretilen arazi kullanım haritası çakıştırılarak sular altında kalması muhtemel olan alanların kullanım durumu ve miktarlarının belirlenmesi

3.2.1. HEC-RAS

Şekil 3.7.'de ara yüzü verilen HEC-RAS programı ABD ordusu tarafından geliştirilmiş olup 1995 yılından bu yana ücretsiz olarak tüm dünya ile paylaşılmaktadır. Program doğal derelerde, kontrol tesisi yapılmış derelerde, enine savak yapılarında, dik savak yapılarında, baraj yıkılmalarında, sel kapanlarında, menfez, küprü vb. yapılarda hidrolik modelleme yapabilmektedir. Birçok nehri birbirine bağlantılı bir ağ şeklinde analiz edebilmektedir. Kararlı ve kararsız akımda çalışabilmektedir. Yine bu program 1 boyutlu ve 2 boyutlu hidrolik modellemeleri ayrı ayrı yapabildiği gibi entegreli de yapabilmektedir. Programın 5.3 sürümünden önceki versiyonlarında haritalardan kesit oluşturma kısmı 2. bir yazılımda yapılıp HEC-RAS programına aktarılıyordu, 5.3 versiyonu ile kesit alma işlemlerini kendi içerisinde RAS Mapper menüsünde yapmaya başladı, 2. bir yazılıma olan gereksinimi ortadan kaldırdı. Henüz 3 boyutlu hidrolik modelleme yapamamaktadır. Bunların yanı sıra sediment ve su kalitesi analizleri de yapmaktadır. Yapılan her türlü analizlerin sonuçlarını tablosal ve harita ekranında grafiksel olarak verebilmektedir. En son sürümü HEC-RAS 6.0 versiyonudur. Bu sürüm ile gelen önemli özelliklerden biri de taşkın yayılım, hız, derinlik ve su yüzü profilini kendi içerisinde mevcut olan 3 boyutlu harita ekranında 3 boyutlu olarak gösterebilmektedir. Program DSİ, SYGM vb. kurum ve kuruluşlar tarafından aktif olarak kullanılmaktadır.



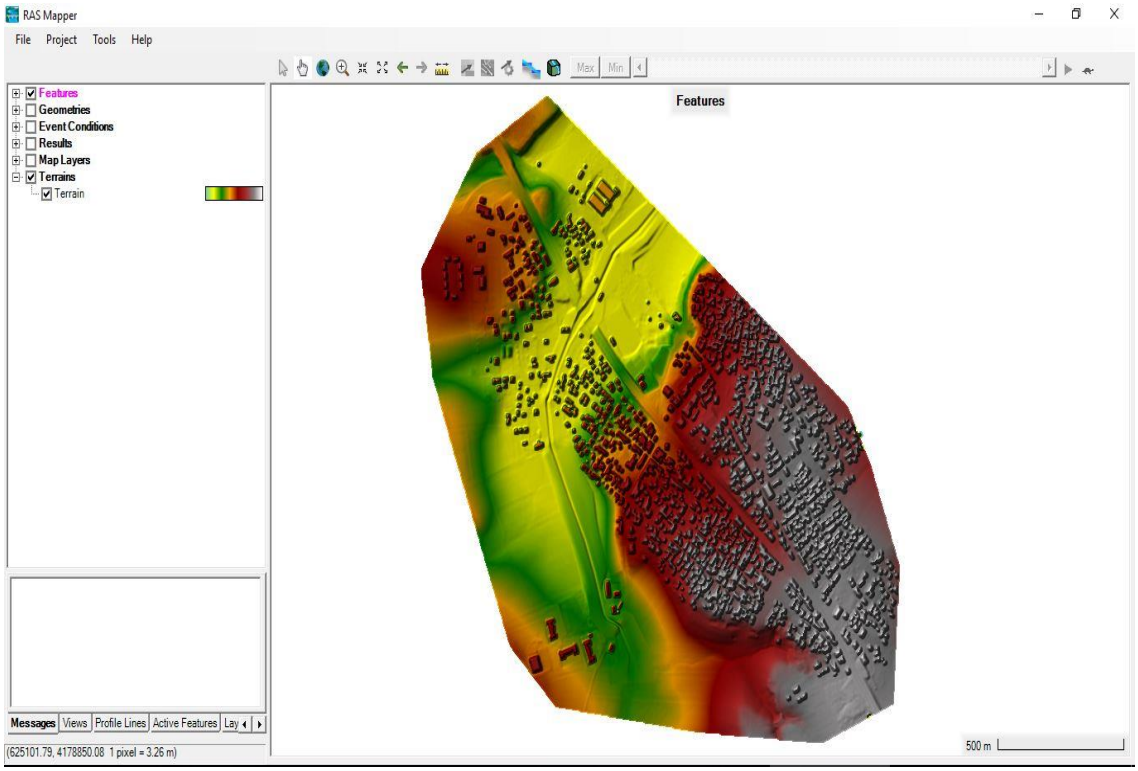
Şekil 3.7. HEC-RAS programının ara yüzü

3.2.2. HEC-RAS Uygulaması

Bu kısımda, elde ettiğimiz haritalar, debiler, menfez röleveleri, daralma-genişleme katsayıları ve kanal için hesapladığımız sürtünme katsayısı ile uzaktan algılama ile ürettiğimiz 2 boyutlu alanların sürtünme katsayılarını programa girip 1 boyutlu ve 2 boyutlu entegreli hidrolik model analizi yapıp su derinliği, su hızı ve su yüzü profilini üreteceğiz.

3.2.2.1. Raster Verisinin RAS Mapper'de Tanımlanması

HEC-RAS programında taşkın analizi yapmak için ilk önce programın içerisinde boş bir proje dosyası açılmıştır. Çalışma alanının haritası (raster verisi) ile 2 boyutlu taşkın alanlarının sürtünme katsayısı için uzaktan algılama ile üretilen raster verisi HEC-RAS programının Şekil 3.8.'deki RAS Mapper kısmına eklenmiştir.

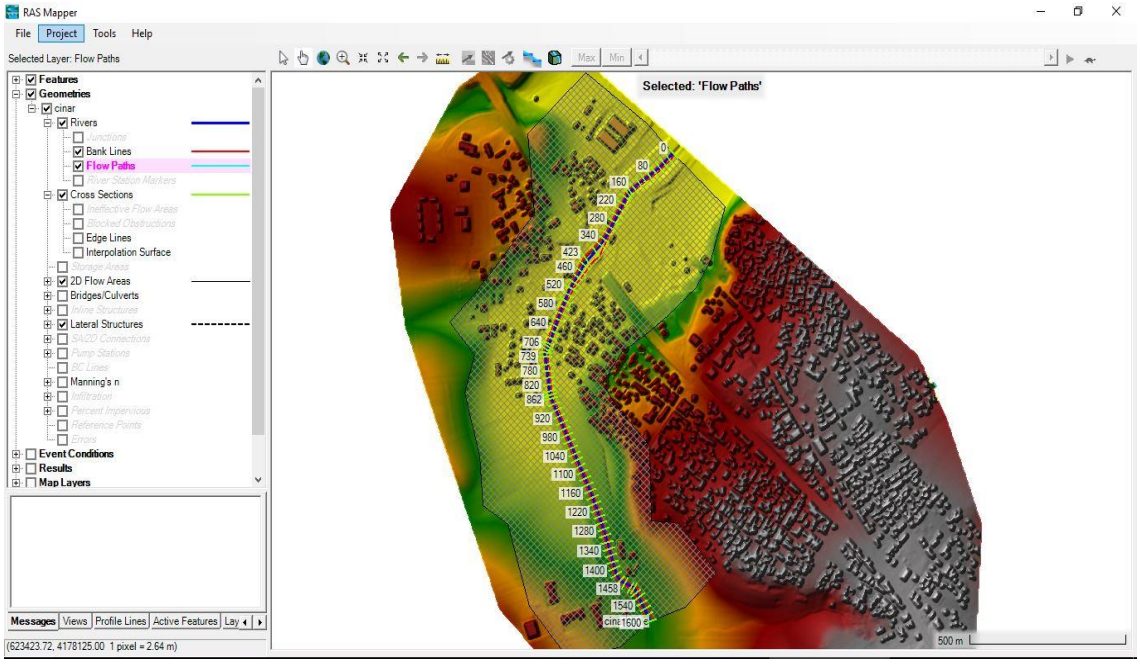


Şekil 3.8. RAS Mapper penceresinde Çınar merkezinin raster verisi

3.2.2.2. Geometrik Verilerin Hazırlanması

RAS Mapper penceresinde geometries menüsünde, Şekil 3.9.'daki gibi Çakmak Deresinin Çınar merkezinden geçen 1600 m'lik kısmında dere yatağı ortasından geçecek şekilde membadan mansaba doğru 1600 m uzunluğunda güzergâh çizilmiştir. Derenin üst şevlerinden geçecek şekilde membadan mansaba doğru önce sağ sahil sonra sol sahil çizgileri çizilmiştir. Sağ ve sol şev üst çizgilerini çizme nedeni kanal içinin ve kanal dışının pürüzlülük katsayıları için alanları ayırmaktır. Hidrolik hesaptaki daralma ve genişlemelerden kaynaklı enerji kayıp hesaplarının yapılması için güzergâh ekseni, sağ taşkın alanı ve sol taşkın alanlarının kesitler arasındaki mesafesinin belirlenmesi için Flow patchs çizgileri çizilmiştir. 1 boyutlu hidrolik hesaplar için 20 m aralıklar ile sol sahilden sağ sahile olacak şekilde en kesitler çizilmiştir. Suyun kanalın dışına taşan sağ ve sol sahildeki alanların 2 boyutlu hidrolik hesapları için sağ ve sol sahilde 2 boyutlu taşkın alanları çizilmiştir. 1 boyutlu ve 2 boyutlu hidrolik modelin entegreli çalışması için dere

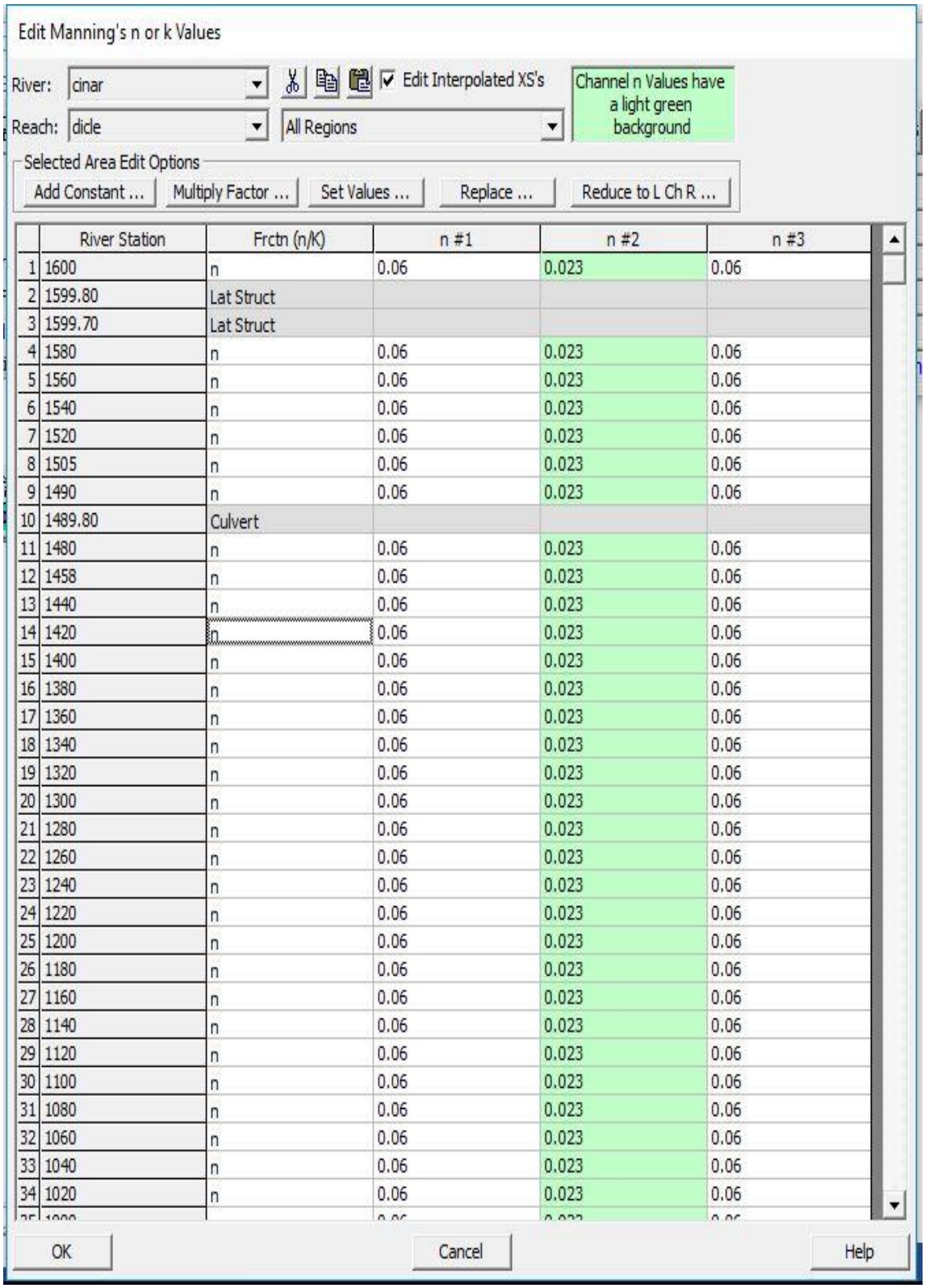
yatağı şev üstü ile 2 boyutlu taşkın alanlarını birbirine bağlayan yanal savaklar çizilmiştir. Daha sonra RAS Mapper dosyası kaydedilmiştir.



Şekil 3.9. RAS Mapper penceresinde çizilen geometrik veriler

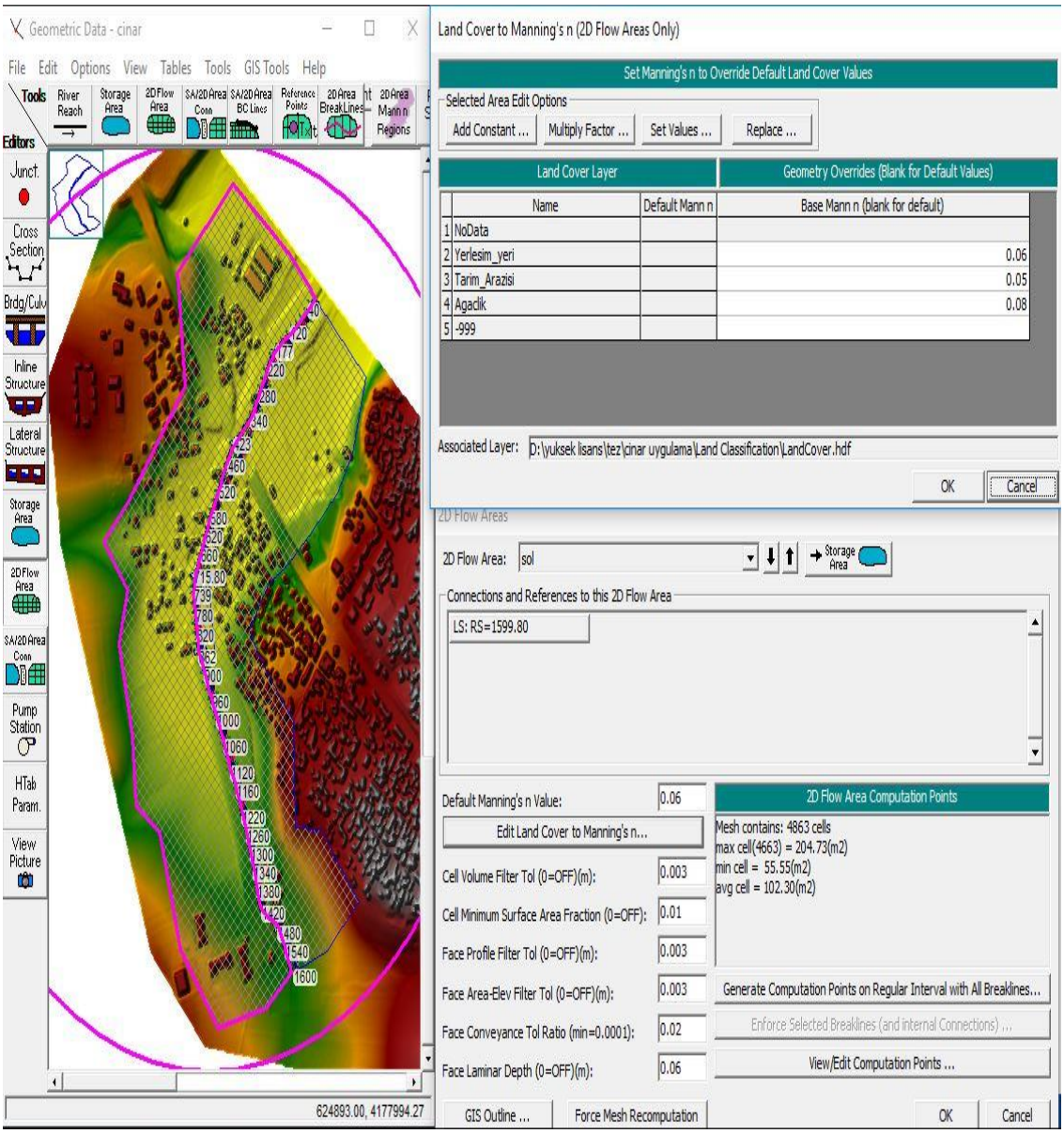
3.2.2.3. Pürüzlülük değerlerinin girilmesi

Geometri data penceresinde yer alan tools menüsünden manning editörü açılmış, burada kanal içi, sol sahil ve sağ sahil sürtünme katsayıları girilmiştir. Kanal içine kanal için hesaplanan 0.023 sürtünme katsayısı, kanal dışına ise 0.06 sürtünme katsayısı Şekil 3.10.'daki gibi girilmiştir. Burada kanal dışına her ne kadar 0.06 değeri girilmişse de kanal dışı taşkın alanları için geometric data editöründe 2 boyutlu Flow area edit menüsünde, 2 boyutlu alanların sürtünme katsayıları için uzaktan algılama ile üretilen raster verisindeki yerleşim yerleri olarak atanan kırmızı pixellerde n=0.060, tarım arazileri olarak atanan turuncu pixellerde n=0.05 ve ağaçlık alanlar olarak atanan yeşil pixellerde n=0.08 değeri Şekil 3.11.'deki gibi girilmiştir.



	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	1600	n	0.06	0.023	0.06
2	1599.80	Lat Struct			
3	1599.70	Lat Struct			
4	1580	n	0.06	0.023	0.06
5	1560	n	0.06	0.023	0.06
6	1540	n	0.06	0.023	0.06
7	1520	n	0.06	0.023	0.06
8	1505	n	0.06	0.023	0.06
9	1490	n	0.06	0.023	0.06
10	1489.80	Culvert			
11	1480	n	0.06	0.023	0.06
12	1458	n	0.06	0.023	0.06
13	1440	n	0.06	0.023	0.06
14	1420	n	0.06	0.023	0.06
15	1400	n	0.06	0.023	0.06
16	1380	n	0.06	0.023	0.06
17	1360	n	0.06	0.023	0.06
18	1340	n	0.06	0.023	0.06
19	1320	n	0.06	0.023	0.06
20	1300	n	0.06	0.023	0.06
21	1280	n	0.06	0.023	0.06
22	1260	n	0.06	0.023	0.06
23	1240	n	0.06	0.023	0.06
24	1220	n	0.06	0.023	0.06
25	1200	n	0.06	0.023	0.06
26	1180	n	0.06	0.023	0.06
27	1160	n	0.06	0.023	0.06
28	1140	n	0.06	0.023	0.06
29	1120	n	0.06	0.023	0.06
30	1100	n	0.06	0.023	0.06
31	1080	n	0.06	0.023	0.06
32	1060	n	0.06	0.023	0.06
33	1040	n	0.06	0.023	0.06
34	1020	n	0.06	0.023	0.06

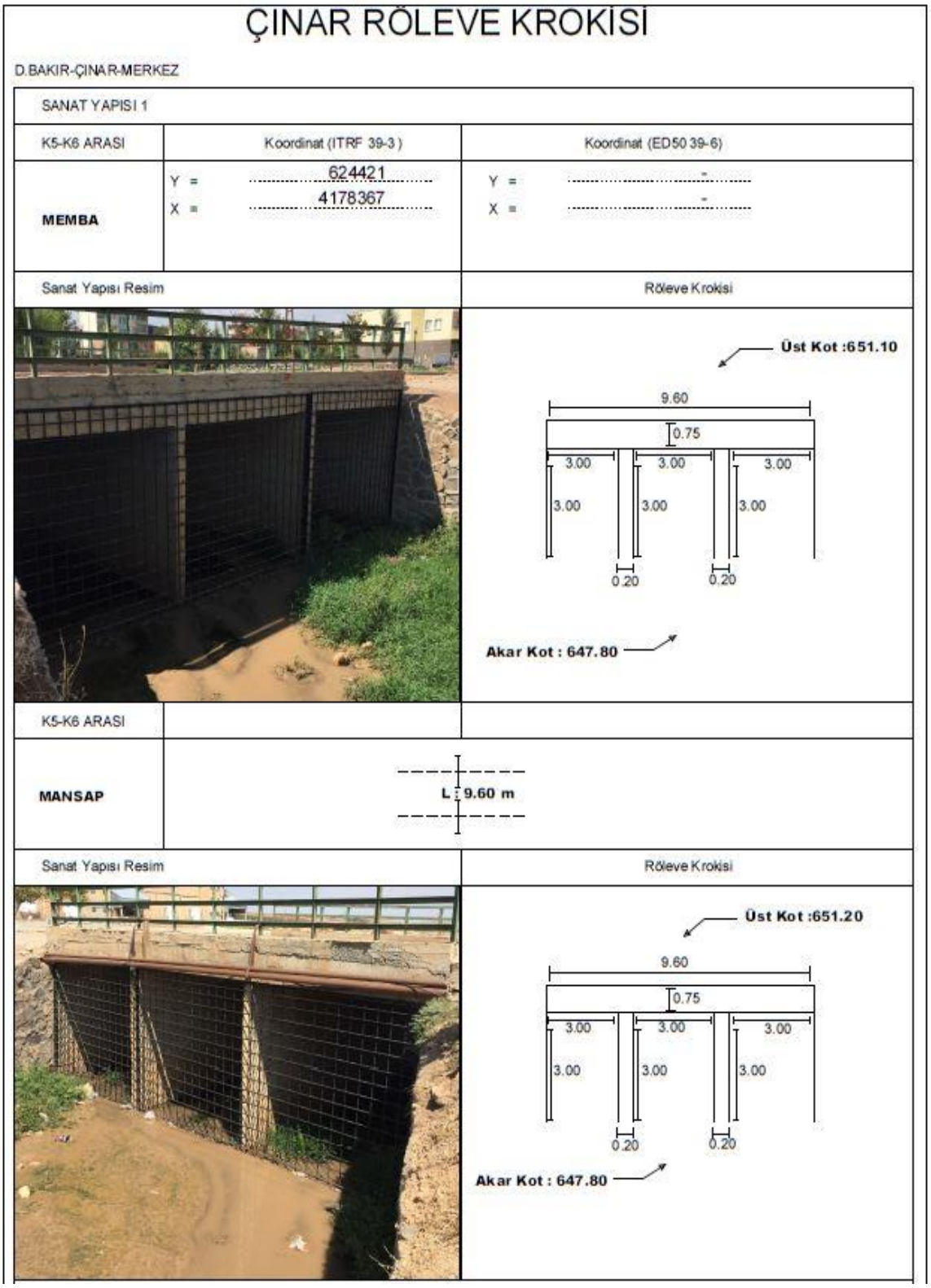
Şekil 3.10. Dere yatağı için sürtünme katsayıları



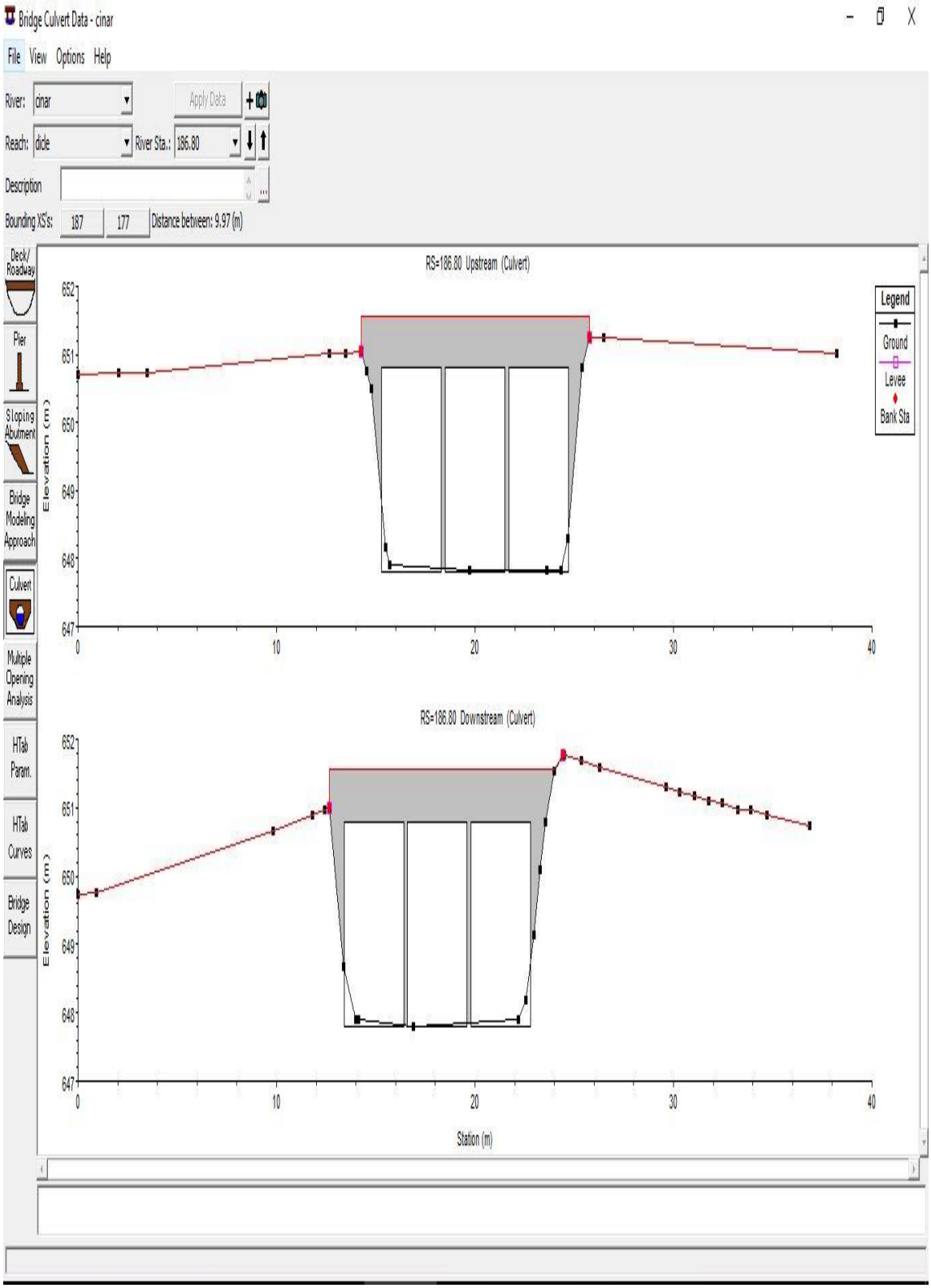
Şekil 3.11. Taşkın alanları için sürtünme katsayıları

3.2.2.4. Menfezlerin Tanımlanması

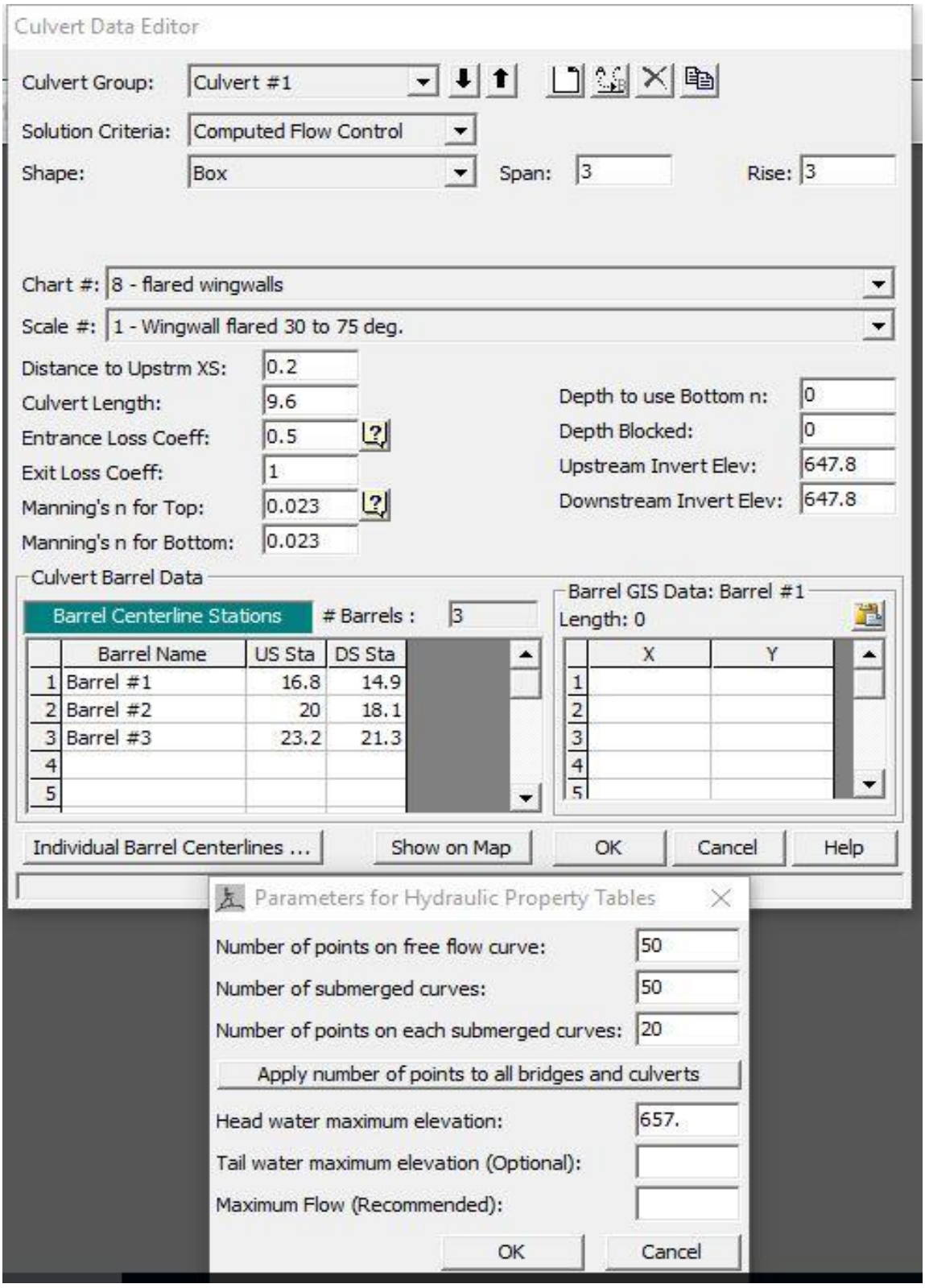
Proje güzergahında 5 adet menfez yer almaktadır. Geometric data penceresinde yer alan köprü ve menfez komutu çalıştırılmıştır. Bu menüde menfezin denk geldiği kesitler belirlenmiştir, yine bu menüde menfez data editörü çalıştırılmış ve Şekil 3.12.'de örneği verilen, menfezlere ait bilgiler ve özellikler Şekil 3.13. ve Şekil 3.14.'teki gibi girilmiştir.



Şekil 3.12. Menfez rölevesi



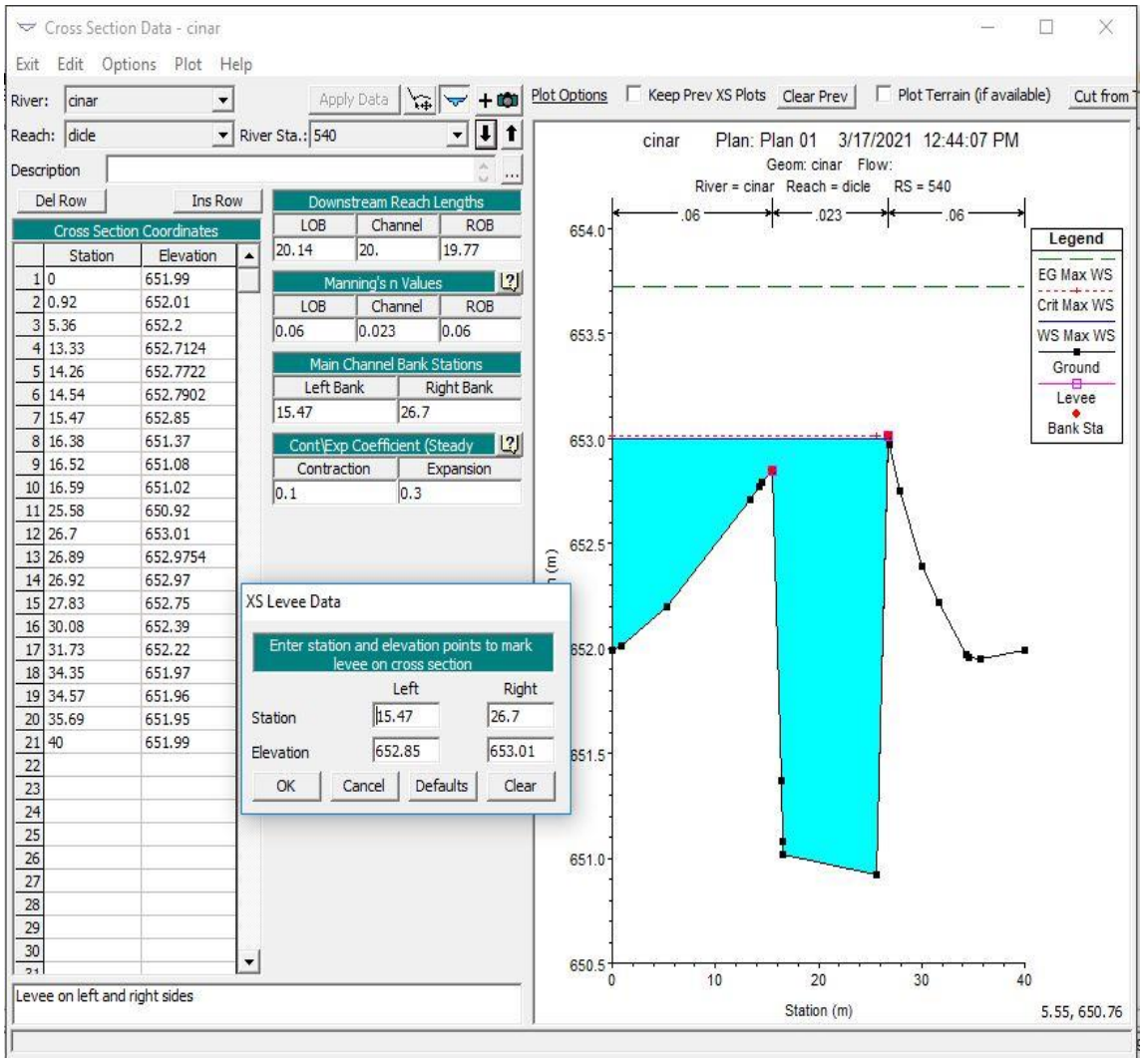
Şekil 3.13. Menfez kesiti



Şekil 3.14. Menfez bilgi ve ayarları

3.2.2.5. Levee (Sedde) Noktalarının Belirlenmesi

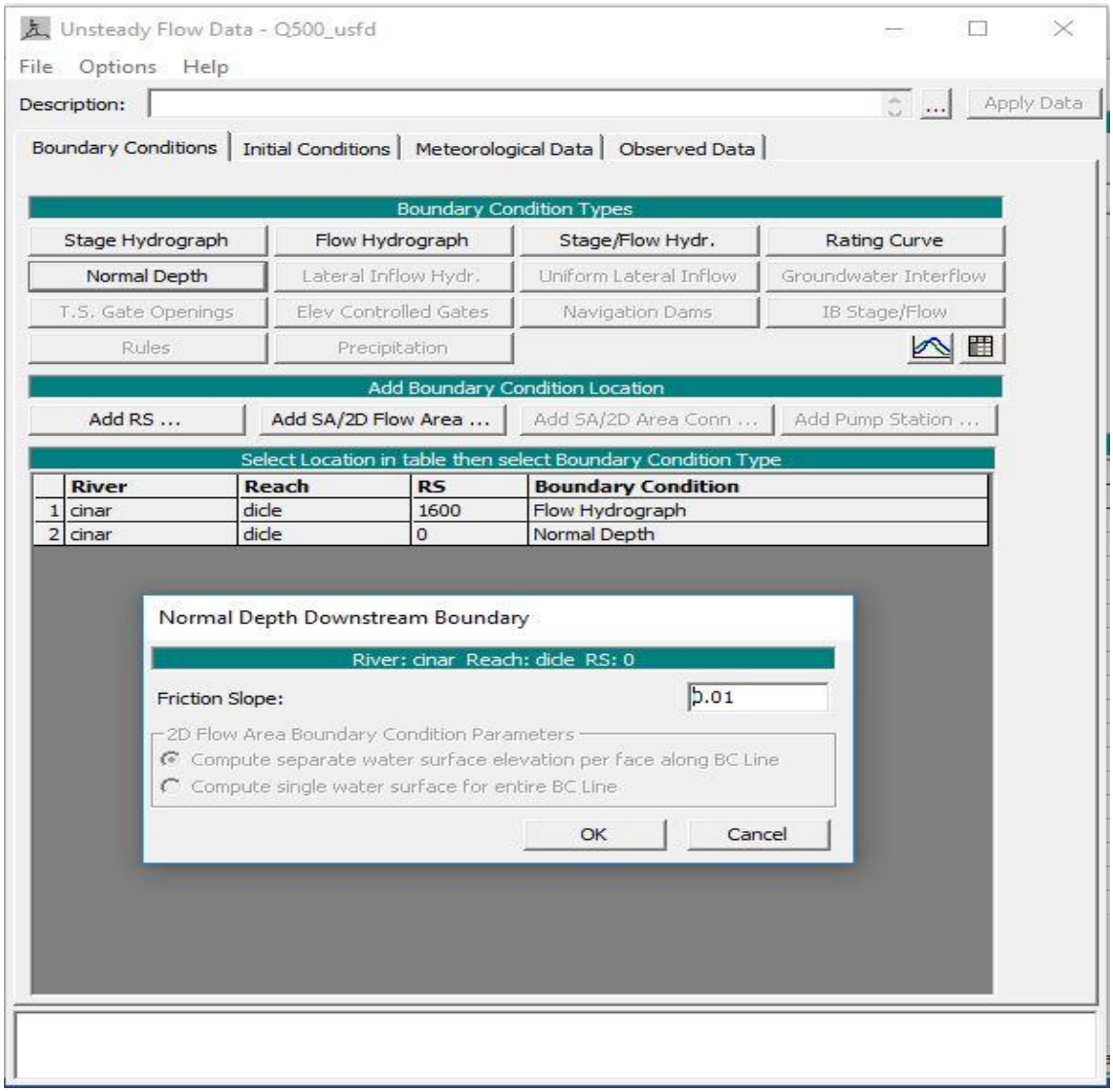
Program, kesitlerde bulduğu en alçak yerden suyu akıttığından dere yatağı üst şevinden sonra taşkın alanlarındaki alçak kotlara da suyu akıttırarak hesap yapmaktadır. Bu da hataya neden olmaktadır, ilk önce dere yatağı içerisinde suyu yükseltip şev başlarını aştıktan sonra taşkın alanlarındaki alçak kotlara suyu akıtması gerekmektedir. Bu nedenle Şekil 3.15.'teki gibi şev başlarına levee (sedde) noktaları tanımlanmıştır.



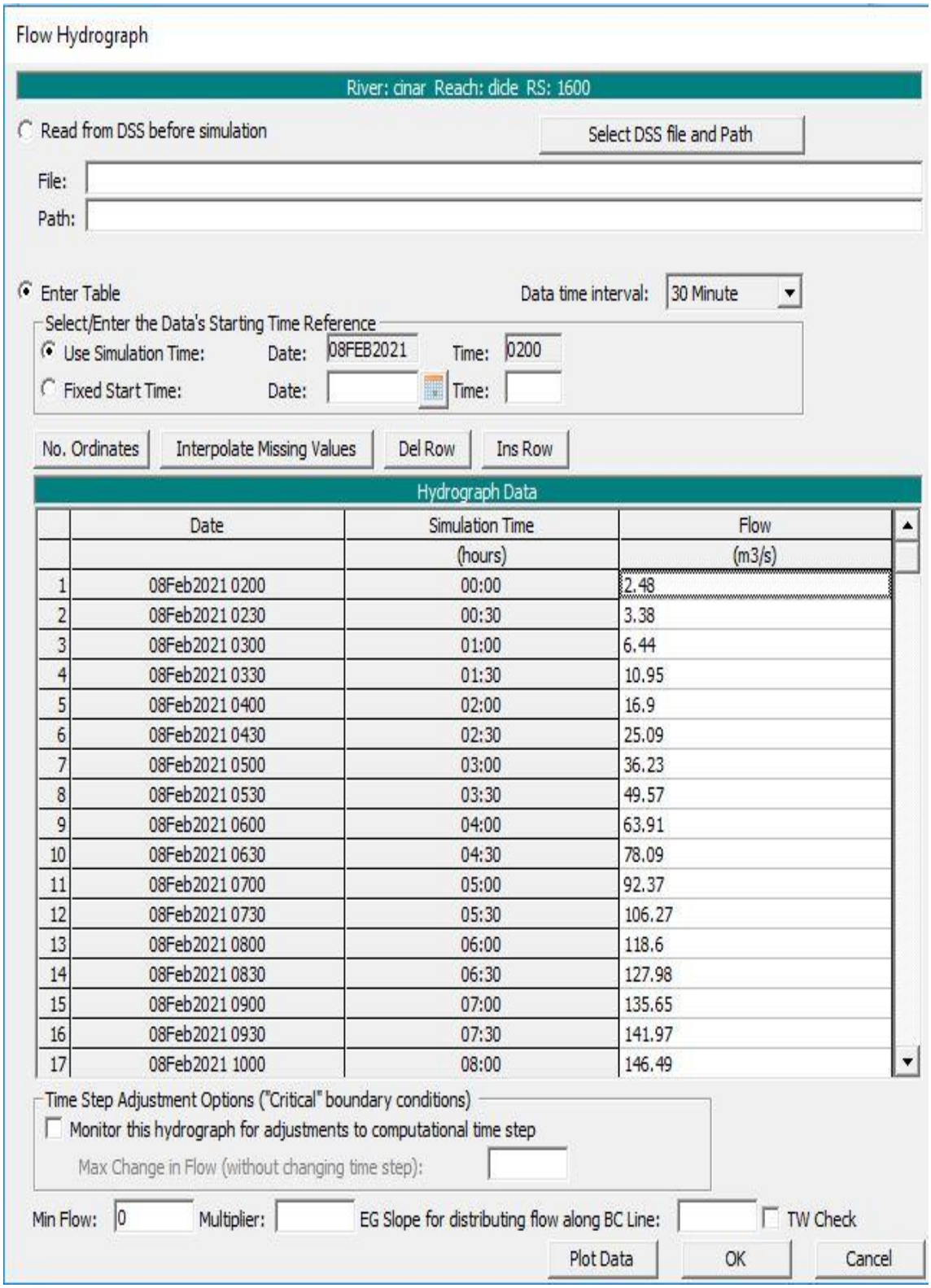
Şekil 3.15. Levee (sedde) ve kesit

3.2.2.6. Sınır Koşullarının ve Akış Verilerinin Girilmesi

Bu projede kararsız akım çalışılmış olup, kararsız akım verisi penceresinde mansap koşul değerine proje güzergâhının ortalama eğimi %1 olarak Şekil 3.16.'daki gibi girilmiştir. Memba koşulu olarak, Çakmak Deresine ait olan maksimum 148.90 m³ debiye sahip 40:30 saatlik hidrograf verisi Şekil 3.17.'deki gibi girilmiştir.



Şekil 3.16. Mansap koşulu

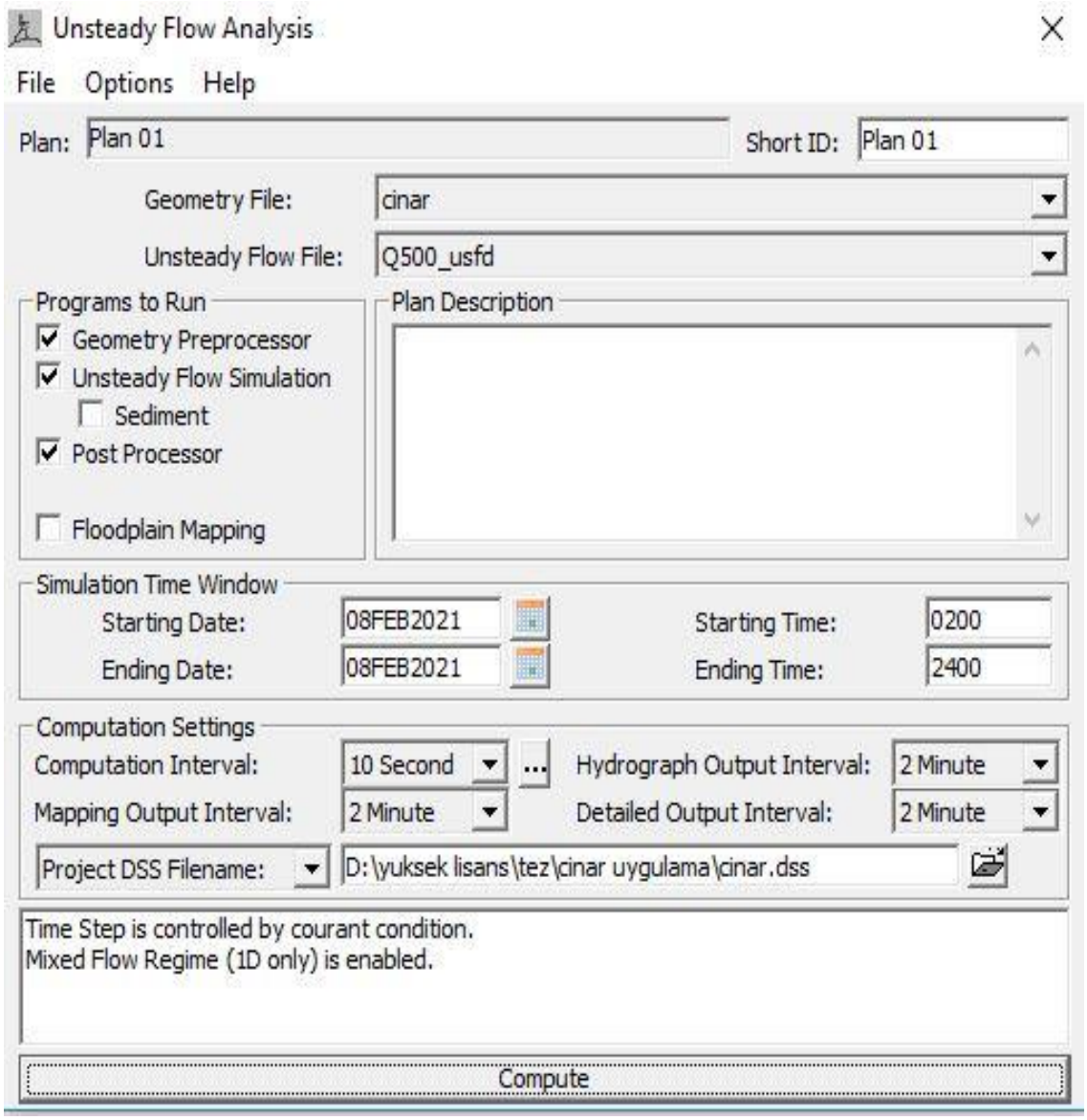


	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m3/s)
1	08Feb2021 0200	00:00	2.48
2	08Feb2021 0230	00:30	3.38
3	08Feb2021 0300	01:00	6.44
4	08Feb2021 0330	01:30	10.95
5	08Feb2021 0400	02:00	16.9
6	08Feb2021 0430	02:30	25.09
7	08Feb2021 0500	03:00	36.23
8	08Feb2021 0530	03:30	49.57
9	08Feb2021 0600	04:00	63.91
10	08Feb2021 0630	04:30	78.09
11	08Feb2021 0700	05:00	92.37
12	08Feb2021 0730	05:30	106.27
13	08Feb2021 0800	06:00	118.6
14	08Feb2021 0830	06:30	127.98
15	08Feb2021 0900	07:00	135.65
16	08Feb2021 0930	07:30	141.97
17	08Feb2021 1000	08:00	146.49

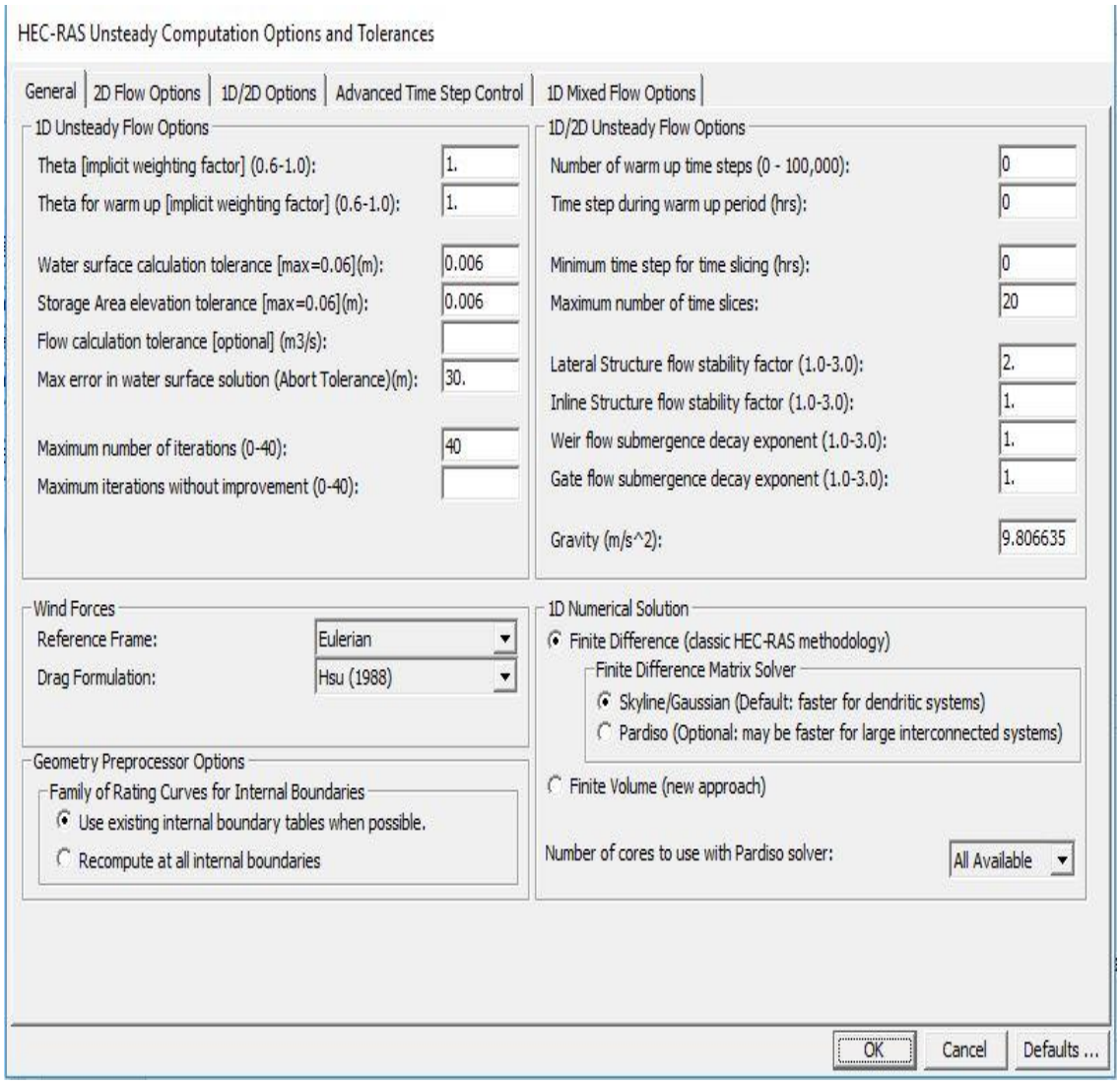
Şekil 3.17. Memba koşulu giriş hidrografı

3.2.2.7. Kararsız Akım Ayarlarının Yapılıp Hidrolik Modelin Çalıştırılması

Programda kararsız akım analiz menüsü çalıştırılmış, bu kısımlarda ayarlar ve toleranslar Şekil 3.18. ve 3.19.'daki gibi girilmiştir. 1 boyutlu ve 2 boyutlu entegreli (hibrit) hidrolik model çalıştırılmıştır.



Şekil 3.18. Kararsız akım analiz penceresi



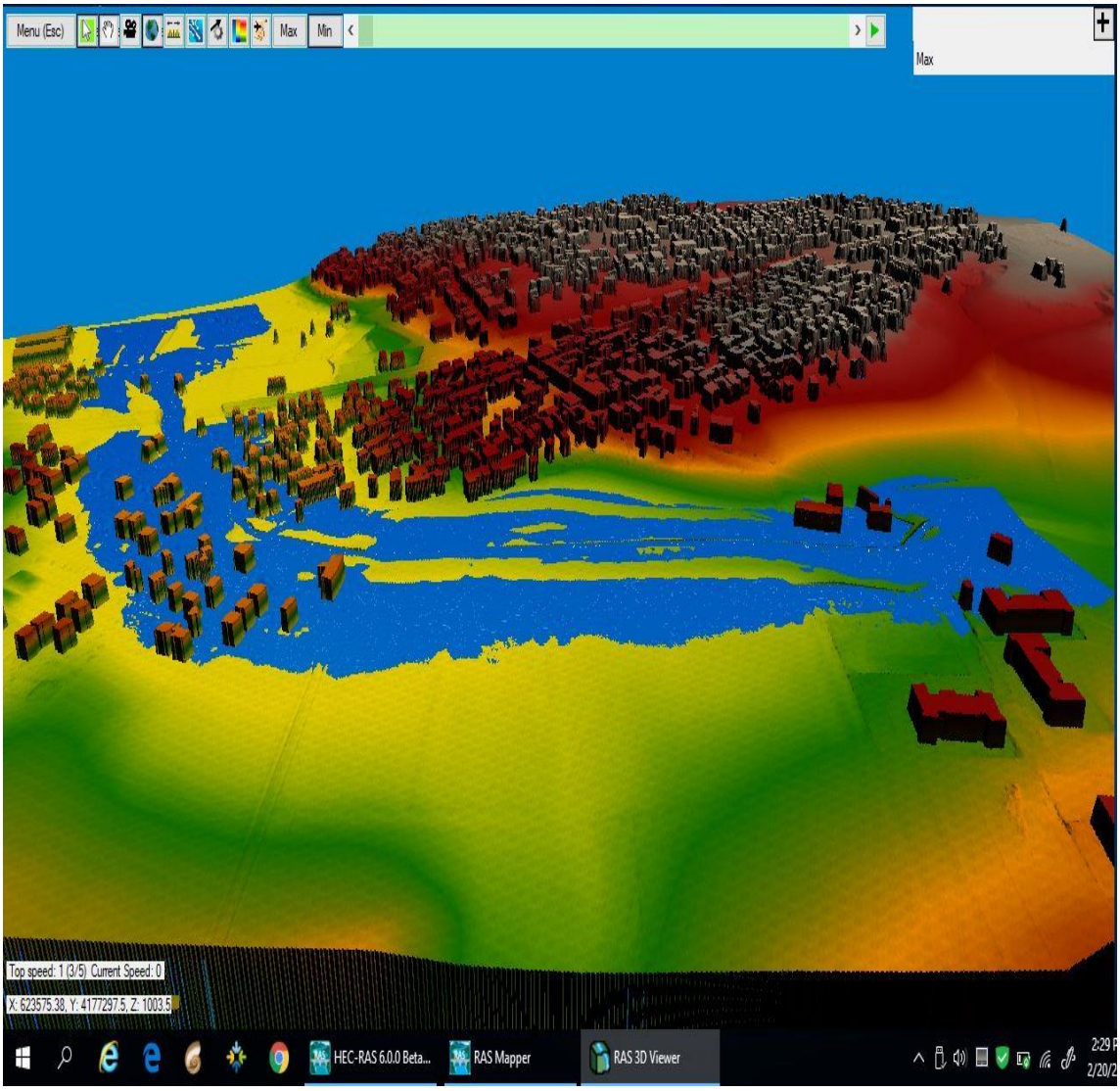
Şekil 3.19. Kararsız akım analiz ayar ve tolerans penceresi

3.2.3. Taşkın Yayılımı ile Arazi Kullanım Haritasının Çakıştırılması

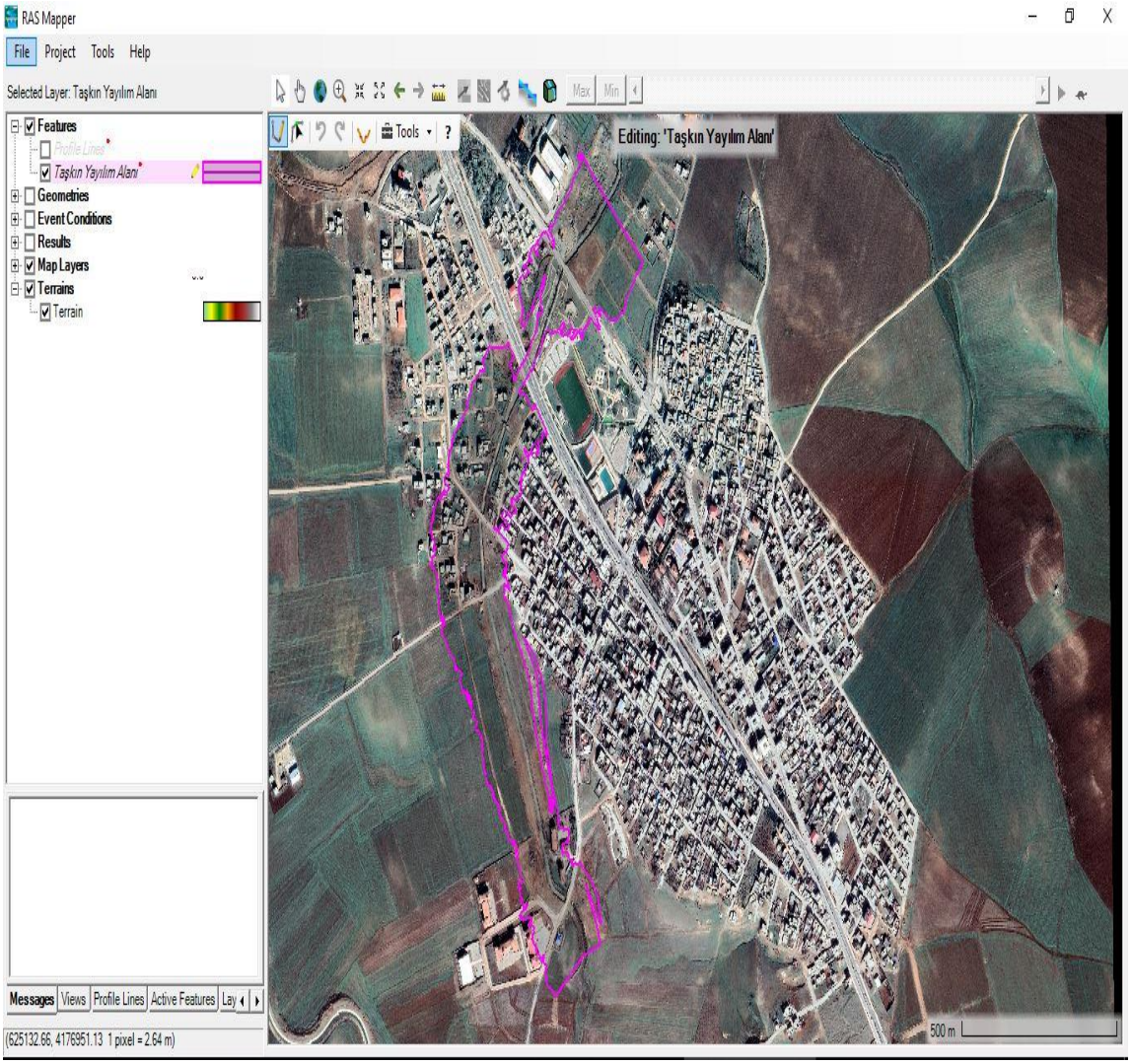
Dere yatağı dışındaki taşkın alanlarının pürüzlülük n katsayısı için, uzaktan algılama ile proje sahasının yerleşim yerleri, tarım arazileri ve ağaçlık alanları belirlenmiştir. Hidrolik model sonucu oluşan taşkın yayılımı ile uzaktan algılama ile üretilen arazi kullanım durumu çakıştırılıp; taşkından etkilenen yerleşim alanlarının, tarım arazilerinin ve ağaçlık alanların yüz ölçümleri belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Q500 taşkın tekerrür debi değeri kullanılarak Çakmak Deresi için HEC-RAS programıyla 1 boyutlu ve 2 boyutlu hibrit hidrolik modelleme yapılmıştır. Yapılan modellemenin taşkın yayılım alanını ve yapılarla olan ilişkisini gösteren 3 boyutlu harita görseli Şekil 4.1.'de ve 2 boyutlu harita görseli de Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Maksimum debideki taşkın yayılımının 3 boyutlu harita görseli



Şekil 4.2. Maksimum debideki taşkın yayılımının 2 boyutlu harita görseli

HEC-RAS programı hidrolik model üzerinde kolayca değişiklikler yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu program ile yapılan hidrolik modelleme sonuçları raporlanabilmektedir. Modelleme sonucunda taşkın yayılım alanı, su derinliği, su yüzü profili ve su hız değerleri elde edilmiştir. Menfezlerden kaynaklı kesitlerde oluşan daralmaların neden olduğu su kabarmaları sonucu suyun kesitten taştığı yerlerde menfez ebatlarının arttırılması gerektiği tespit edilmiştir. Mevcut taşkın kontrol tesisinin yer yer kapasitesinin yetmediği ve taşkının olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca HEC-RAS programının RAS Mapper ara yüzü ile sonuçların görsel haritaları elde edilmiştir.

Taşkın analizi sonucu Çizelge 4.1.'deki hidrolik analiz raporu üretilmiştir. Rapor incelendiğinde kanalın kapasitesinin çoğu yerde taşkında gelen maksimum debiyi geçiremediği görülmektedir.

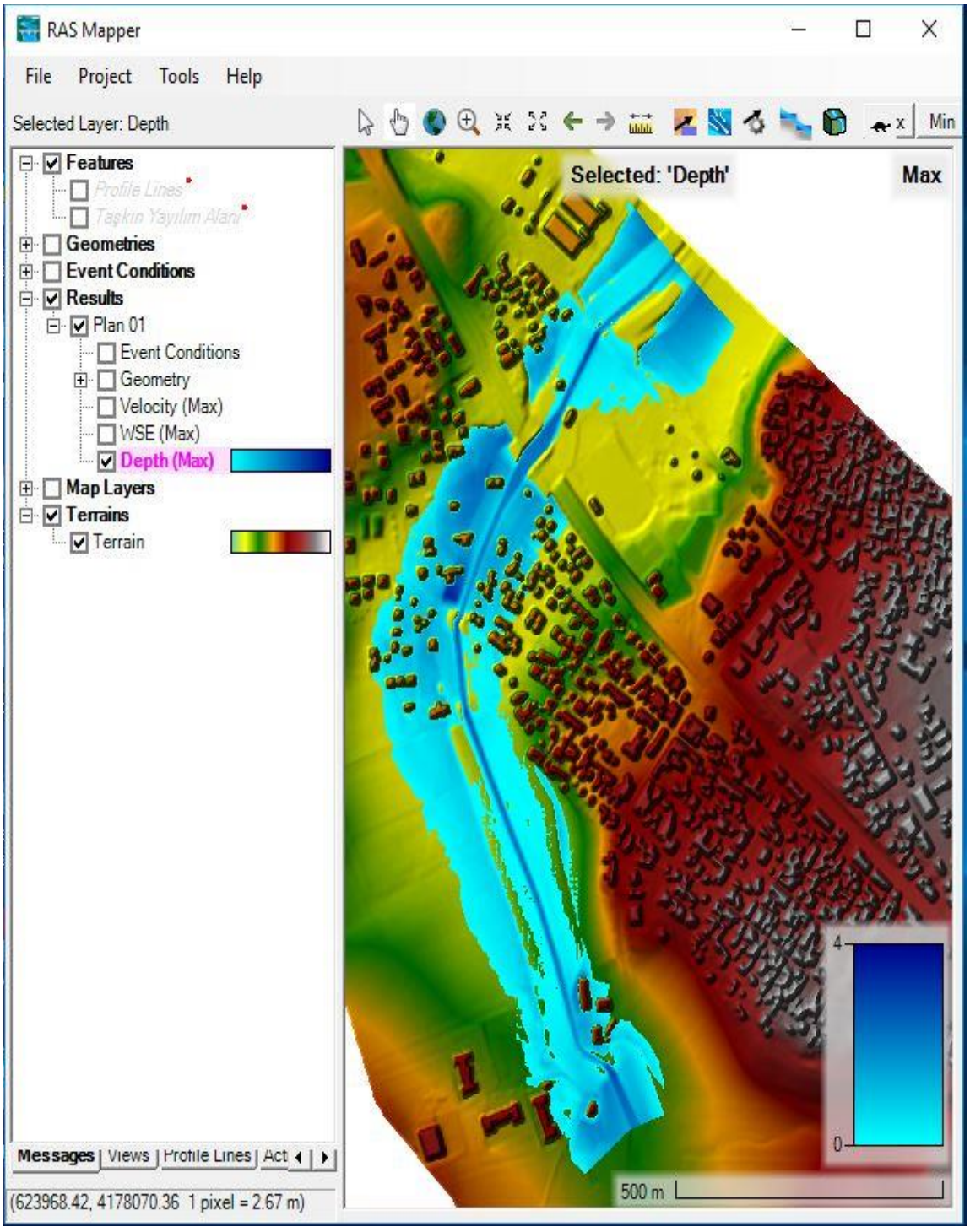
Çizelge 4.1. HEC-RAS hidrolik analiz raporu

River Sta	Max Chl Depth	Invert Slope	Q Channel	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Average Vel channel	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
1600	2.12	0.0050	130.99	661.24		661.67	0.002043	3.08	0.70
1599.8	Lat Struct								
1599.7	Lat Struct								
1580	2.18	0.0070	130.43	661.20		661.65	0.002120	3.18	0.71
1560	2.37	0.0065	111.21	661.25		661.58	0.001469	2.77	0.59
1540	2.44	0.0070	97.13	661.19		661.46	0.001191	2.50	0.53
1520	2.64	0.0103	82.59	661.25		661.44	0.000805	2.11	0.43
1505	2.91	0.0109	67.67	661.36		661.47	0.000457	1.59	0.32
1490	2.94	0.0163	73.43	661.23		661.57	0.001505	2.60	0.51
1489.8	Culvert								
1480	1.85	0.0075	73.41	659.98	660.01	660.87	0.006077	4.18	1.02
1458	1.88	0.0075	73.40	659.84	659.92	660.81	0.006523	4.35	1.06
1440	1.89	0.0060	76.55	659.72	659.88	660.81	0.007257	4.62	1.13
1420	1.87	0.0090	84.76	659.58	659.72	660.59	0.006753	4.45	1.11
1400	1.94	0.0090	69.51	659.47		659.96	0.003918	3.46	0.85
1380	2.02	0.0095	94.39	659.37	659.58	660.45	0.006698	4.62	1.10
1360	2.09	0.0095	80.09	659.25	659.22	659.91	0.004975	4.00	0.96
1340	2.16	0.0095	108.02	659.13	659.33	660.37	0.007132	4.93	1.15
1320	2.21	0.0095	112.54	658.99	659.39	660.25	0.007017	4.98	1.13
1300	2.25	0.0090	116.80	658.84	659.34	660.26	0.007999	5.28	1.22
1280	2.27	0.0080	120.97	658.68	659.20	660.14	0.008039	5.37	1.23
1260	2.25	0.0080	123.03	658.50	659.09	660.13	0.009240	5.66	1.30
1240	2.23	0.0080	124.20	658.32	658.92	659.99	0.009585	5.72	1.33

1220	2.2	0.0080	125.20	658.13	658.70	659.71	0.008723	5.56	1.27
1200	2.19	0.0095	125.43	657.96	658.50	659.47	0.008311	5.44	1.24
1180	2.22	0.0085	125.45	657.80	658.33	659.33	0.008458	5.49	1.26
1160	2.21	0.0085	125.44	657.62	658.17	659.19	0.008945	5.54	1.29
1140	2.2	0.0085	125.42	657.44	658.00	659.05	0.009336	5.62	1.32
1120	2.19	0.0090	125.51	657.26	657.81	658.85	0.008972	5.58	1.31
1100	2.19	0.0090	125.66	657.08	657.65	658.69	0.009185	5.63	1.32
1080	2.2	0.0085	124.09	656.91	657.39	658.30	0.007562	5.22	1.19
1060	2.22	0.0100	124.47	656.76	657.23	658.15	0.007521	5.23	1.20
1040	2.26	0.0105	126.06	656.60	657.12	658.11	0.008525	5.45	1.27
1020	2.3	0.0105	125.25	656.43	656.97	657.97	0.008039	5.49	1.22
1000	2.36	0.0105	126.63	656.28	656.81	657.80	0.007882	5.47	1.20
980	2.41	0.0095	125.49	656.12	656.64	657.60	0.007686	5.40	1.21
960	2.45	0.0090	124.38	655.97	656.43	657.35	0.007277	5.21	1.18
940	2.49	0.0085	123.72	655.83	656.25	657.13	0.006735	5.07	1.13
920	2.54	0.0075	123.17	655.71	655.95	656.78	0.005062	4.59	0.98
900	2.59	0.0090	121.55	655.61	655.86	656.68	0.004992	4.60	0.99
880	2.68	0.0258	119.27	655.52	655.61	656.50	0.004531	4.43	0.94
862	3.08	0.0050	118.50	655.44		656.28	0.003464	4.08	0.78
861.8	Culvert								
852	2.37	-0.0062	120.67	654.69	654.81	655.98	0.006781	5.04	1.08
840	2.22	-0.0010	120.66	654.60	655.04	656.12	0.008559	5.47	1.23
820	2.05	0.0065	95.44	654.45	654.63	655.39	0.005976	4.63	1.08
800	2.09	0.0070	83.60	654.36		654.96	0.003646	3.67	0.85
780	2.21	0.0070	71.61	654.34		654.78	0.002833	3.17	0.74
760	2.36	0.0080	65.10	654.35		654.62	0.001477	2.47	0.53
739	2.59	0.0180	56.12	654.41		654.58	0.000908	1.97	0.42
726	2.69	0.0160	63.69	654.27		654.64	0.001811	2.68	0.55
716	2.93	0.0111	63.69	654.35		654.60	0.001064	2.20	0.43
715.8	Culvert								
706	2.16	-0.0071	69.90	653.47		654.12	0.003821	3.56	0.81
697	2.07	-0.0035	69.90	653.44		654.11	0.004116	3.63	0.84
680	3.03	0.0025	69.90	653.37	653.32	654.14	0.005120	3.88	0.95
660	2.62	0.0020	34.67	653.31		653.41	0.001078	1.81	0.45
640	2.26	0.0030	50.05	653.30		653.56	0.002255	2.65	0.64

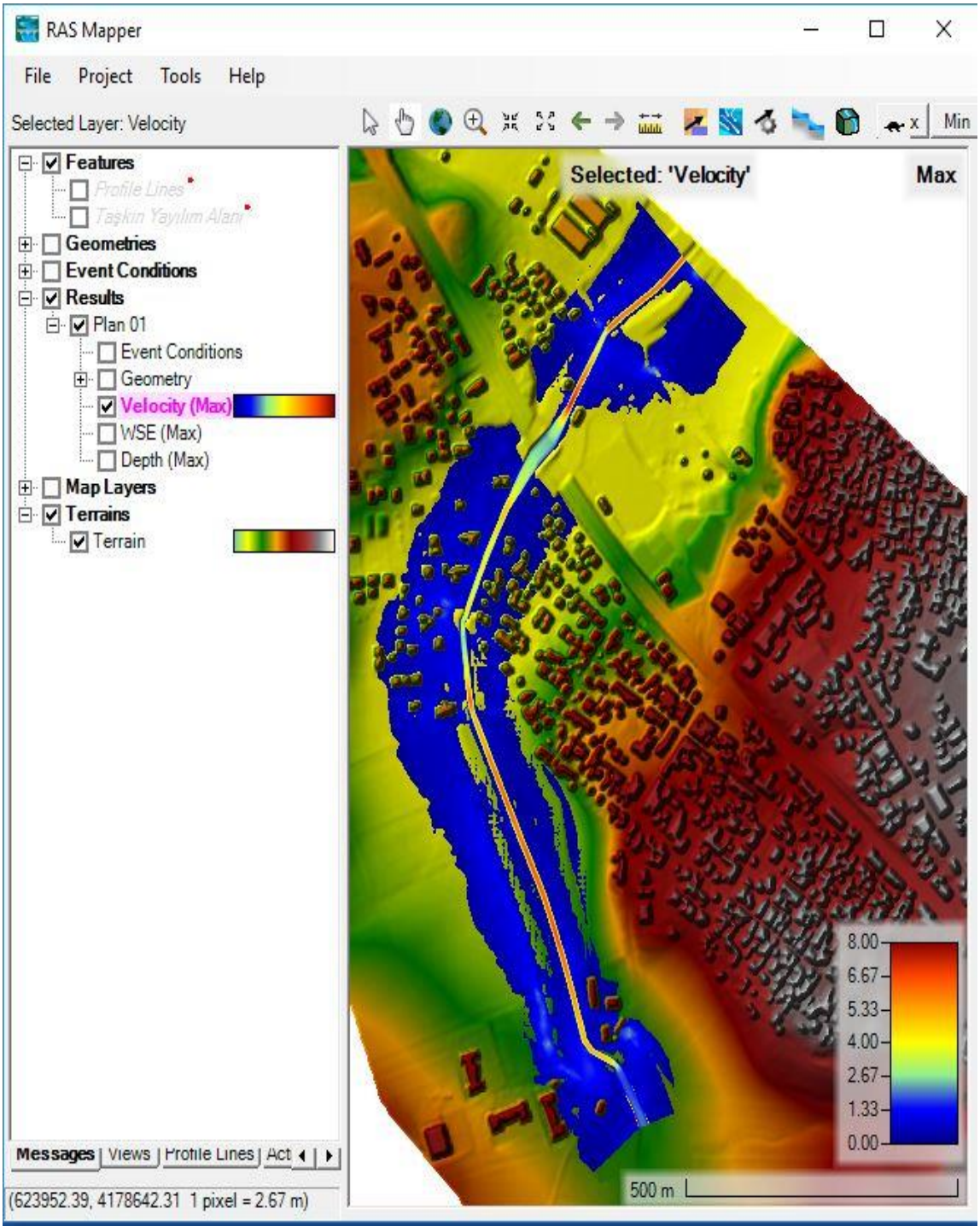
620	2.07	0.0030	47.03	653.35		653.53	0.001622	2.35	0.55
600	2.11	0.0045	51.33	653.33		653.51	0.001310	2.22	0.51
580	2.07	0.0055	53.56	653.20		653.43	0.001699	2.45	0.58
560	2.06	0.0050	62.54	653.08		653.46	0.002794	3.07	0.72
540	2.08	0.0055	81.25	653.00	653.01	653.73	0.004679	3.94	0.93
520	2.1	0.0055	91.94	652.91	652.98	653.70	0.004928	4.07	0.97
500	2.13	0.0055	103.26	652.83	652.75	653.42	0.003373	3.55	0.82
480	2.18	0.0060	123.84	652.77		653.23	0.002240	3.03	0.69
460	2.23	-0.0015	143.36	652.70		653.14	0.002021	2.97	0.66
440	2.17	-0.0018	150.72	652.67		653.08	0.001822	2.82	0.62
423	2.17	0.0201	150.71	652.70		653.01	0.001359	2.46	0.54
420.75	Culvert								
385	2.44	0.0048	150.70	652.21		652.47	0.001056	2.24	0.48
360	2.46	0.0055	150.22	652.11		652.53	0.001673	2.88	0.61
340	2.51	0.0070	150.96	652.05	652.00	653.00	0.004164	4.32	0.93
320	2.51	0.0110	149.77	651.91	652.59	653.91	0.009608	6.29	1.34
300	2.54	0.0115	145.31	651.72	652.34	653.53	0.008836	5.98	1.29
280	2.62	0.0135	140.29	651.57	651.97	652.94	0.006296	5.24	1.09
260	2.76	0.0130	138.04	651.44	651.77	652.67	0.005424	4.99	1.04
240	2.92	0.0135	129.43	651.34	651.47	652.29	0.003822	4.43	0.88
220	3.12	0.0125	118.51	651.27	651.10	651.93	0.002436	3.71	0.71
200	3.33	0.0052	106.08	651.23		651.72	0.001753	3.22	0.60
187	3.38	0.0020	107.68	651.21		651.73	0.001998	3.20	0.60
186.8	Culvert								
177	2.2	0.0066	109.57	650.01	650.30	651.47	0.008273	5.35	1.21
160	2.17	0.0070	109.42	649.87	650.37	651.38	0.008709	5.44	1.26
140	2.15	0.0070	108.49	649.71	650.11	651.06	0.007890	5.17	1.21
120	2.12	0.0070	108.80	649.54	650.00	650.98	0.008564	5.34	1.28
100	2.09	0.0075	108.85	649.37	649.84	650.78	0.008573	5.32	1.27
80	2.07	0.0075	106.93	649.20	649.68	650.58	0.008421	5.28	1.27
60	2.05	0.0095	104.94	649.03	649.45	650.35	0.008309	5.16	1.26
40	2.07	0.0090	102.78	648.86	649.28	650.18	0.008466	5.28	1.27
20	2.06	0.0095	105.77	648.67	649.04	649.89	0.007988	5.21	1.25
0	2.06		116.36	648.48	648.90	649.85	0.009151	5.68	1.35

Yapılan taşkın modellemesi sonucu Şekil 4.3.'te de görüldüğü üzere yerleşim yerlerinin olduğu bölgede su maksimum 3.60 m'ye kadar yükselmiştir.



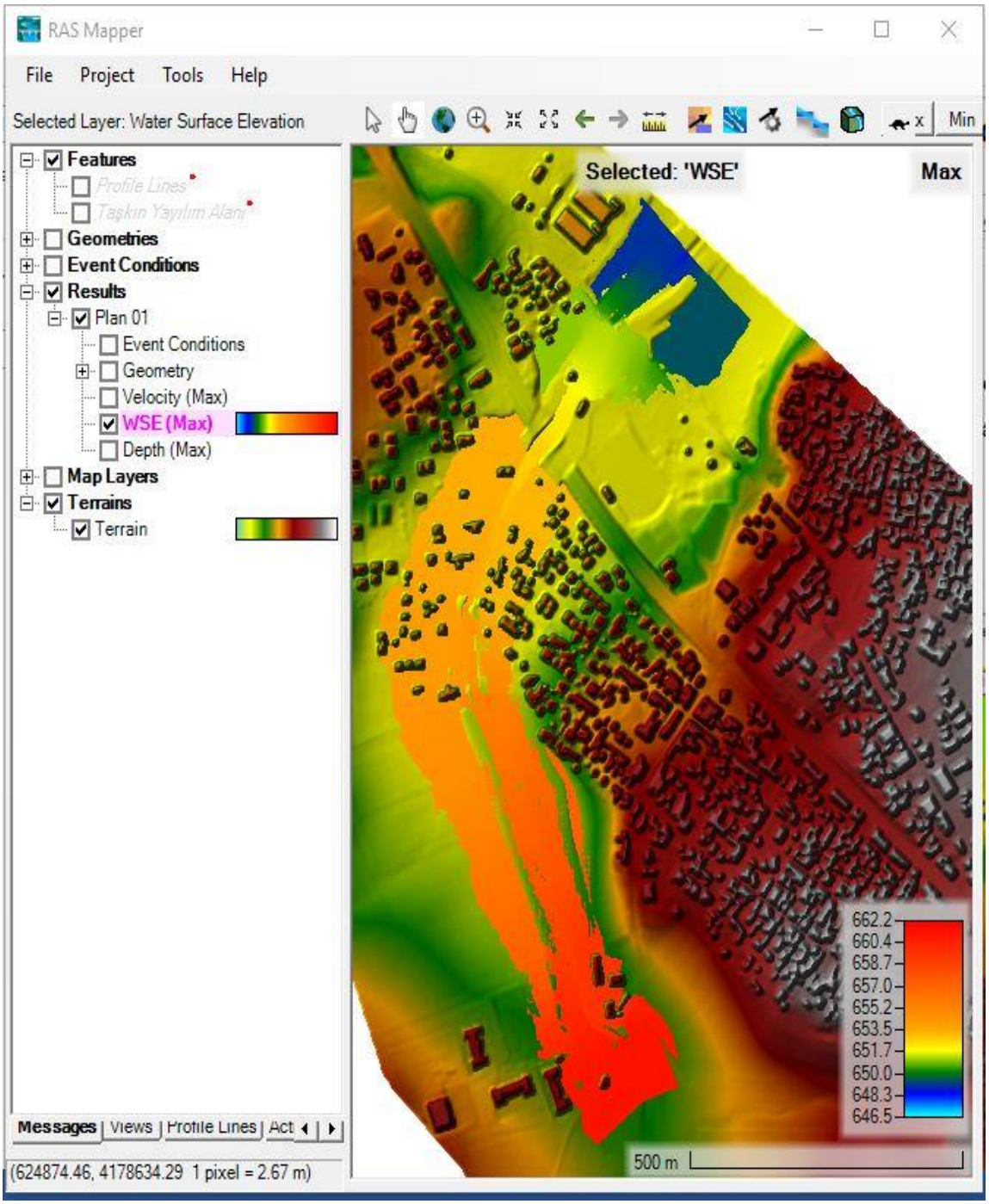
Şekil 4.3. Maksimum debideki taşkın su derinliği haritası

Su hızı Şekil 4.4.'te de görüldüğü üzere dere yatağı içerisinde maksimum 7.23 m'ye kadar ulaşmıştır.



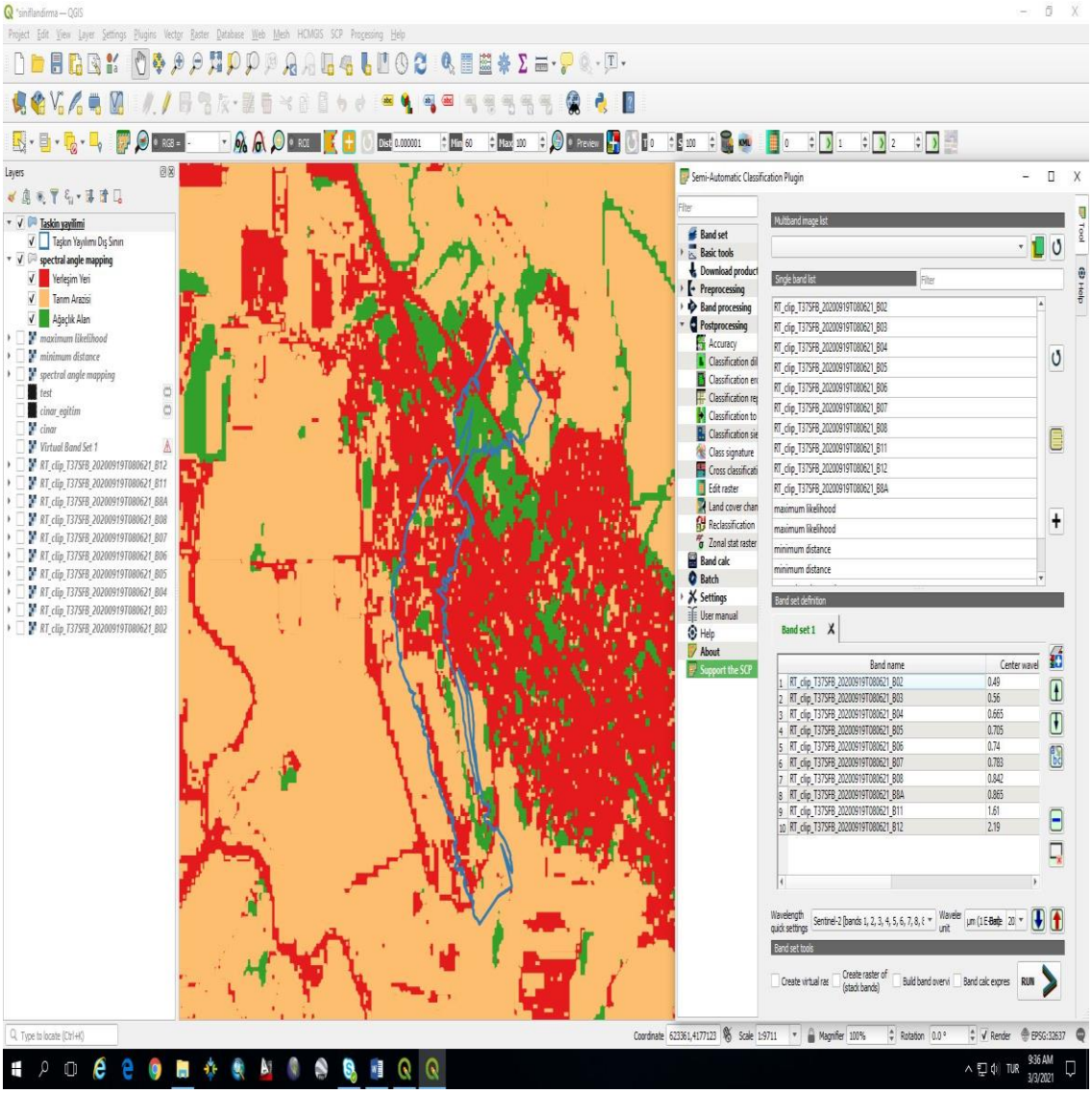
Şekil 4.4. Maksimum debideki taşkın su hızı haritası

Su yüzeyinin üst kotları Şekil 4.5.'te de görüldüğü üzere çalışma güzergâhının başladığı noktada 661.24 m'de başlayıp çalışma güzergâhının son bulduğu noktada 648.49 m'ye düşmüştür.



Şekil 4.5. Maksimum debideki taşkın su yüzü yükseklik profili haritası

QGIS programında Sentinel-2 uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırması Şekil 4.6.'da görüldüğü üzere yapılmıştır. Yapılan doğruluk analizi sonucunda en iyi sonucu spektral açı haritası algoritmasının verdiği anlaşılmıştır. Maksimum debideki taşkın yayılım dış sınırı ile kontrollü sınıflandırma sonucu üretilen arazi durum haritası Şekil 4.6.'da görüldüğü üzere çakıştırılmıştır. Kırmızı renk ile gösterilen 135985 m² yerleşim yeri, turuncu renk ile gösterilen 126326 m² tarım arazisi ve yeşil renk ile gösterilen 51548 m² ağaçlık alanın taşkından etkilendiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Uzaktan algılama kontrollü sınıflandırma haritası ve taşkın yayılım alanı

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çakmak Deresi yatağının etrafında eski yapılar olduğundan imar planı yapılırken bazı kısımlar yerleşime açılmıştır. Dere yatağının yanına alçak kotlara yapılar yapılmıştır. 2006 yılında yağmurun şiddetli ve uzun süre yağması sonucu Diyarbakır-Mardin kara yolu altında bulunan menfezin ebatları hidrolik açıdan yetersiz olduğundan su, menfez arkasında şişip menfezin üstünü aşıp kara yolu üzerinden akmaya başlamıştır. Suya kapılan bir minibüsün devrilmesi sonucunda 3 vatandaş hayatını kaybetmiş ve birçok ev su ve çamur altında kalmış. KGM tarafından 2006 yılında Diyarbakır-Mardin karayoluna hidrolik kapasiteyi kurtaracak ebatlarda 2 gözlü menfez yapılmıştır. DSİ Genel Müdürlüğü tarafından 2008 yılında Çakmak Deresinde Diyarbakır-Mardin kara yolu altında bulunan menfezin taban kotu referans alınarak taşkın kontrol tesisi yapılmıştır. Yapılan taşkın kontrol tesisinin tabanı beton kaplı olup duvarları kâgir duvardan oluşmaktadır. Taşkın kontrol tesisi yamaçlardan gelecek suyu içine mansaplayacak şekilde gömülü olarak, Diyarbakır-Mardin kara yolu menfezinin taban kotundan ve teknik açıdan ötürü inşa edilememiştir. Taşkın kontrol tesisinin duvar üst kotu etrafındaki arazilerden yer yer 2 m kadar yüksekte kalıp duvarların etrafında alçak kotlarda evler mevcuttur. Yağmurun şiddetli yağdığı dönemlerde yamaçlardan gelen sular taşkın kontrol tesisinin duvarları etraftaki arazilerden yüksekte olduğundan kanal içine mansaplanamamakta ve bu nedenle evlerin etrafında su birikintileri oluşmaktadır. Vatandaşlar yamaçlardan gelen suyu taşkın kontrol tesisinin içine mansaplamak için yer yer taşkın kontrol tesisinin duvarlarını yıkmışlar. Yüksek yağış dönemlerinde kanal içerisinde yağmur suyunun yükselmesi sonucu yağmur suyu duvarın yıkıldığı yerlerde dışarıya taşarak evlerin etrafında birikmektedir. Bu sorunun giderilmesi için taşkın kontrol tesisinin paralelinde bulunan yamaçlardan gelen yüzeysel suların yağmur suyu hattına alınması gerekmektedir. Taşkın kontrol tesisinin yıkılan kısımlarının da onarılarak, kanalda yağmur suyu yükseldiğinde dışarıya taşmasını engelleyerek etraftaki evlerin zarar gömesini engellenmelidir. Mevcut ıslah tesisinin 1600 m'lik kısmında 1 boyutlu ve 2 boyutlu entegreli hidrolik modelleme yapılmıştır. Bu güzergah üzerinde toplamda

bulunan 5 adet menfez de hidrolik modele dahil edilmiştir. Yapılan hidrolik model sonucunda mevcut taşkın kontrol tesisi ve 4 adet menfez Q500=148.9 m^3/s debiyi geçirememekte olup taşkın suları kanaldan taşarak etraftaki yerleşim yerlerine, tarım arazilerine, parklara, bahçelere vb. yerlere zarar vermektedir. Taşkın kontrol tesisi yalnızca Diyarbakır-Mardin kara yolunda taşmamaktadır.

Taşkın kontrol tesisinin kapasitesinin yetersiz olmasının nedeni tasarlandığı dönemdeki yağış verilerinden kaynaklı debinin düşük olması ve manning katsayısı için referans alınan kriterlerin farklı olmasından kaynaklı manning katsayısının düşük olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada taşkın analizi yapılırken kullanılan debi ve manning katsayıları DSİ tarafından 2008 yılında yapılan taşkın kontrol tesisinin debi verisi ve sürtünme katsayısından daha büyük çıktığından yapılan taşkın analizi sonucunda mevcut taşkın kontrol tesisinin kapasitesinin yetersiz olduğu anlaşılmıştır.

Yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü dere yatağının etrafında yağmur suyu hattı yapılmalı. Taşkın kontrol tesis duvarının yıkıldığı yerler onarılmalı. Taşkın kontrol tesisinin duvarları güncel debi ve manning katsayısını kurtaracak şekilde yükseltilmeli. Diyarbakır-Mardin kara yolu altındaki menfez hariç diğer 4 menfezin ebatları hidrolik kapasiteyi kurtaracak şekilde büyütülmeli. Taşkın kontrol tesisinde manning katsayısının artışına neden olan rüsubat ve bitki yeşermelerinin düzenli olarak temizlenmesi gerekmektedir. Yukarıda belirtilen problemlerin giderilmesi durumunda, taşkın kontrol tesisi Q500 debisini güvenli olarak geçirecek olup etrafındaki yapıların zarar görmesi engellenmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

AKKAYA, U., 2016. Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne Şehir Merkezi Kısmında 2 Boyutlu Taşkin Modellemesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

AKKOÇ, N. F., 2019. Aras Havzası Kars Çayı 1D ve 2D Taşkın Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

ARDEŞENİN SESİ., 2021. "DSİ'nin Yatırımları Büyük Felaketi Önledi". Erişim: 1 Mart 2021. http://www.ardeseninsesi.com/rize-haberleri/dsinin-yatirimlari-buyuk-felaketi onledi-h14619.html

ARDIÇLIOĞLU, M., 2017. Açık Kanal Akımları ve HEC-RAS Uygulamaları.

BOLAT, S., 2019. Taşkın Modellemeleri İçin Farklı Uzaktan Algılama Görüntülerinden Elde Edilen Pürüzlülük Haritalarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

CHOW, V. T., 1959. Open Channel Hydraulic. McGraw-Hill. 1- 728, New York.

DEMİR, V., 2020. Samsun Mert Havzasında Bir ve İki Boyutlu Modeller İle Taşkın Alanlarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

DSİ, 2006. Diyarbakır İli Çınar İlçe Merkezinin Taşkından Korunmasına Ait İstikşaf Raporu.

DSİ, 2016. Dere Yataklari İçin Pürüzlülük Katsayısı Belirleme Kılavuzu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

DSİ, 2017. Faaliyet Raporu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

DSİ, 2019. Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Planlama Raporlarının Hazırlanmasına Dair Kılavuz. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

DÜNYA BÜLTENİ., 2021. "TOKİ'nin Bodrumları Sığınak Oldu". Erişim: 1 Mart 2021. https://www.dunyabulteni.net/yurt-haberleri/tokinin-bodrumlari-siginak-oldu-h243627.html

EARTHEXPLORER., 2021. "USGS". Erişim: 1 Mart 2021. https://earthexplorer.usgs.gov/

EFE, H., 2014. Batman Çayı'nın Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.

ERCAN, B., Yağcı, A. E. ve Ünsal, M., 2019. Kahramanmaraş Domuz (Boğaz) Deresi Kuşaklama Kanalının HEC-RAS Modeli. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2019, 5(1): 58-64.

ESRİ., 2021. "Sentinel 2 Uydu Görüntüleriyle Esri Sentinel-2 Explorer Web Uygulaması Aracılığıyla Çalışmak". Erişim: 1 Mart 2021. https://blog.esri.com.tr/2019/02/25/sentinel-2-uydu-goruntuleriyle-esri-sentinel-2-explorer-web-uygulamasi-araciligiyla-calismak/

HEC-RAS, 2020. Version 6.0 Beta Hydraulic Reference Manual.

OĞRAŞ, S., 2018. Dicle Nehri'nin Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.

ÖZCAN, O., 2008. Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkin Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

RİZENİNSESİ., 2021. "Rize ve Bölgede Dere Yataklarındaki Yapılaşma Tehlikesi". Erişim: 1 Mart 2021. https://www.rizeninsesi.net/haber-rize-ve-bolgede-dere-yataklarindaki-yapilasma-tehlikesi-158917.html

SARGIN, A. H., 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Riski Ön Değerlendirmesi. Ankara: CBS Şube Müdürlüğü.

WİKİPEDİA., 2021. "Çınar, Diyarbakır". Erişim: 1 Mart 2021. https://tr.wikipedia.org/wiki/Çınar,_Diyarbakır

YILDIRIM, İ., 2020. Geyve Karaçay Deresi Taşkin Yayılım Haritalarının Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.