

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEODEZİ VE JEOİFORMASYON MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM  
DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TAŞKIN RİSKİNİN UZAKTAN ALGILAMA VE CBS  
TEKNOLOJİLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: KOCAELİ  
MADEN DERESİ ÖRNEĞİ**

**MOHAMMAD REZA SHIRZAD**

**KOCAELİ 2017**

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

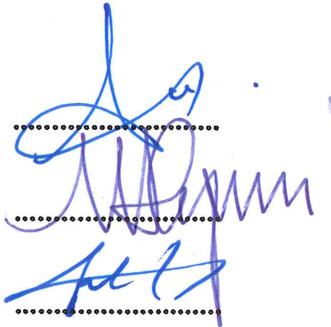
JEODEZİ VE JEOMİFORMASYON MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAŞKIN RİSKİNİN UZAKTAN ALGILAMA VE CBS  
TEKNOLOJİLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: KOCAELİ  
MADEN DERESİ ÖRNEĞİ

MOHAMMAD REZA SHIRZAD

Doç. Dr. Arzu ERENER  
Danışman, Kocaeli Üniversitesi  
Yar. Doç. Dr. Murat Selim ÇEPNİ  
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi  
Doç. Dr. Gülcan SARP  
Jüri Üyesi, Süleyman Demirel Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 03.07.2017

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, coğrafi bilgi sistemleri(CBS), uzaktan algılama ve bir hidrolik modelleme yardımcı olan HEC-RAS programı ile topoğrafik haritalar ve arazi çalışmalarından elde edilen bilgilerle oluşturulan model yardımıyla farklı tekerrür periyotlarına ait taşkın risk haritalarının tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen, çalışmalarına yön veren, bana güvenen ve yüreklendiren danışmanım Doç.Dr. Arzu ERENER'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca görüşleri ile çalışmalarına katkıda bulunan, karşılaştığım her zorlukta desteğini ve zamanını esirgemeyen hocalarım Doç.Dr. Ozan ARSALAN ve Yar. Doç. Dr. Murat Selim ÇEPNİ 'ya teşekkürlerimi sunarım.

Akademik çalışmalarım sırasında, birçok aşamada beni destekleyen Jeodezi ve Jeoinformasyon Mühendisliği Bölümü araştırma görevlilerine teşekkür ediyorum.

Fen Bilimleri Enstitüsü'ndeki çalışma hayatım boyunca, üzerimdeki emekleri için minnettar olduğum Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında, birçok aşamada beni destekleyen Kocaeli İSU Genel Müdürlüğünde çalışanlara özellikle sayın Sinan ACUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana güç veren en büyük destekçilerim, her aşamada sıkıntılarımı ve mutluluklarımı paylaşan sevgili annem Hayat SHIRZAD ve Abilerim M.Huseyn SHIRZAD ve M.Ramazan SHIRZAD'a teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz – 2017

Mohammad Reza SHIRZAD

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iii
TABLolar DİZİNİ .....	iv
SİMGERLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	viii
GİRİŞ .....	1
1. GENEL BİLGİLER .....	4
1.1. Bilgi Teknolojilerinin Afet Alanındaki Kullanımı .....	4
1.2. Taşkın Hidrolojisi .....	7
1.3. Taşkın Hidrolik Modellemesi .....	8
2. AMAÇ VE KAPSAM .....	9
3. METODOLOJİ .....	10
3.1. Çalışma Alanı Ve Kullanılan Veriler .....	10
3.1.1. Çalışma alanının topoğrafik ve jeomorfolojik özellikleri .....	14
3.1.1.1. Eğim özellikleri .....	14
3.1.1.2. Bakı özellikleri .....	15
3.1.1.3. Çalışma alanının jeolojik özellikleri .....	16
3.2. CBS İle Geometrik Verilerin Hazırlanması .....	18
3.2.1. Sahanın TIN haritasının oluşturulması .....	18
3.2.2. Sahanın akış ağının oluşturulması .....	18
3.2.3. HEC-GeoRAS ile geometrik verilerinin hazırlanması .....	25
3.3. HEC-RAS İle Hidrolik Modelleme .....	31
3.4. CBS Ortamında Taşkın Risk Haritalaması .....	40
3.5. Risk Altındaki Elemanların Belirlenmesi .....	43
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	45
KAYNAKLAR .....	47
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER .....	49
ÖZGEÇMİŞ .....	50

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışmanın akış şeması.....	10
Şekil 3.2. Çalışma alanı Eşme bölgesi Maden deresi.....	11
Şekil 3.3. Çalışma alanının paftaları.....	13
Şekil 3.4. Çalışma alanının TIN haritası.....	14
Şekil 3.5. Maden deresi eğim özellikleri.....	15
Şekil 3.6. Maden deresi bakı istikametleri.....	16
Şekil 3.7. Maden deresi jeolojik haritası.....	17
Şekil 3.8. CBS ile elde edilen genel şeması.....	19
Şekil 3.9. Maden deresi DEM haritası.....	20
Şekil 3.10. Maden deresi Fill haritası.....	21
Şekil 3.11. Akış yönü oluşturma prosedürü.....	21
Şekil 3.12. Maden deresi akış yönü haritası.....	22
Şekil 3.13. Yüzeysel akış miktarın hesabı.....	22
Şekil 3.14. Maden deresi yüzeysel akış miktarı haritası.....	23
Şekil 3.15. Maden deresi yüzeysel akış miktarı sınıflandırılmış haritası.....	23
Şekil 3.16. Maden deresi akış ağı.....	24
Şekil 3.17. Maden deresi ağ haritası.....	26
Şekli 3.18. Dere yamaçların sağ ve sol yönleri.....	26
Şekil 3.19. Maden deresi yamaçları haritası.....	27
Şekil 3.20. Maden deresi akış yolları haritası.....	28
Şekil 3.21. Maden deresi kesit haritası.....	29
Şekil 3.22. Menfez haritası.....	30
Şekil 3.23. Maden deresi etkisiz akış alanların haritası.....	31
Şekil 3.24. HEC-RAS yazılımında yapılan işlem akış şeması.....	32
Şekil 3.25. HEC-RAS yazılımında geometrik editör.....	32
Şekil 3.26. HEC-RAS yazılımında çalışma alanı kesit örneği 646,806 istasyonu.....	33
Şekil 3.27. Çalışma alanının HEC-RAS yazılımında menfez kesit örneği 809,401 istasyonu.....	33
Şekil 3.28. Menfez detayları.....	34
Şekil 3.29. Enerji denklemindeki öğelerin şematik gösterimi.....	35
Şekil 3.30. HEC-RAS alt bölüm taşıma yöntemi.....	37
Şekil 3.31. Kompozit $n_c$ hesaplaması için yan yüz eğimlerinin tanımlanması.....	38
Şekil 3.32. Ortalama enerjinin belirlenmesi.....	38
Şekil 3.33. HEC-GeoRAS ile taşkın alanın sınırlandırılması.....	41
Şekil 3.34. İslah öncesi 25 yıllık periyot debisi için taşkın yatağı haritası.....	42
Şekil 3.35. İslah sonrası a = 25 yıllık debiye göre, b = 50 yıllık debiye göre ve c = 100 yıllık debiye göre taşkın yatakların haritası.....	42
Şekil 3.36. İslah öncesi 25 yıllık periyot için taşkın yatağı haritası.....	43
Şekil 3.37. Çalışma alanının ıslahlarından sonra taşkın risk altında kalabilecek elemanların haritası, a = 25 yıllık debiye göre, b = 50 yıllık debiye göre, c = 100 yıllık debiye göre.....	44

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Çalışma alanında kullanılan veriler .....	12
Tablo 3.2. Sahanın farklı periyotlardaki debi değerleri.....	13
Tablo 3.3. Maden deresi jeolojik özellikleri .....	17
Tablo 3.4. Maden deresi akarsu ağı özellikleri .....	25
Tablo 3.5. Maden deresi akış yolları .....	27
Tablo 3.6. Maden deresi menfez öznelik tablosu .....	30
Tablo 3.7. Maden deresi etkisiz akış alanları tablosu.....	31
Tablo 3.8. HEC-RAS yazılımında menfez düzenleme örneği.....	34
Tablo 3.9. Maden deresi taşkın periyotlu debi değerleri.....	40



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\alpha$	: Hız ağırlık katsayıları
A	: Alt bölüm alanı, (m <sup>2</sup> )
C	: Daralma veya genişleme katsayısı
g	: Yerçekimi ivmesi, (m/s <sup>2</sup> )
he	: Enerji hareket kaybı, (m)
K	: Alt bölüm için taşınma, (m)
L	: İki en kesit arası deşarj ağırlıklı uzunluk, (m)
L <sub>ch</sub>	: Kanal için iki enkesit arası mesafe, (m)
L <sub>lob</sub>	: Sol kıyı üst çizgisi için iki enkesit arası mesafe, (m)
L <sub>rob</sub>	: Sağ kıyı üst çizgisi için iki enkesit arası mesafe, (m)
n	: Alt bölüm için Manning pürüzlülük katsayısı, (s/m <sup>-1/3</sup> )
n <sub>c</sub>	: Kompozit veya eşdeğer pürüzlülük katsayısı, (s/m <sup>-1/3</sup> )
n <sub>i</sub>	: i.ci alt bölüm için pürüzlülük katsayısı
P	: Islak çevre, (m)
P <sub>i</sub>	: i.ci alt bölüm için ıslak çevre, (m)
Q <sub>cb</sub>	: Kanal için enkesitlerdeki akımın aritmetik ortalama, (m <sup>3</sup> /s)
Q <sub>lob</sub>	: Sol kıyı üst çizgisi için enkesitlerdeki akımın aritmetik ortalama (m <sup>3</sup> /s)
Q <sub>rob</sub>	: Sağ kıyı üst çizgisi için enkesitlerdeki akımın aritmetik ortalama, (m <sup>3</sup> /s)
R	: Alt bölüm için hidrolik yarıçap, (m)
S <sub>f</sub>	: İki enkesit arasını temsil eden sürtünme eğimi, (%)
V	: Ortalama hızlar, (m/s)
Y	: Enkesitlerdeki su derinliği, (m)
Z	: Ana kanal yüksekliği, (m)

## Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BAE	: Birleşik Arap Emirlikler
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇKKVA	: Çok Kriterli Karar Verme Analizini
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
EAD	: Expected Annual Damage (Yıllık Hasar Beklentisi)
DSİ	: Devlet Su İşleri
GLOF	: Glacial Lake Outburst Flood (Buzul gölü patlama taşkın riski)
GUI	: Graphical User Interface (Grafik Kullanıcı Arayüzü)
HEC-RAS	: Hydrologic Engineering Center's River Analysis System (Hidrolojik Mühendislik Merkezi Nehir Analiz Sistemi)
HD	: Hidro-Dinamik
m	: Metre
TIN	: Triangulated Irregular Network (Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ)
UA	: Uzaktan Algılama

WLC : Weighted Linear Combination (Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon)





## TAŞKIN RİSKİNİN UZAKTAN ALGILAMA VE CBS TEKNOLOJİLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: KOCAELİ MADEN DERESİ ÖRNEĞİ

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, coğrafi bilgi sistemleri(CBS), CBS'ye ekte kullanılan HEC-GeoRAS yazılımı, uzaktan algılama ve hidrolik modellemeye yardımcı olan HEC-RAS programı kullanılarak hidrolik modellemede gerek olan geometri verileri elde edilip farklı periyotlarına ait taşkın risk haritalarını tespit edilmektedir. 1/5000 ölçekli topoğrafik haritadaki 5 metre eşyüksekti eğrilerine ait verilerle üretilen TIN (Triangulated Irregular Networks), havzanın akış modeline girdi verisi olarak hidrolojik ve hidrolik modelleme için kullanılmıştır. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri verilerin birlikte değerlendirilmesi ile havzanın 25, 50, 100 yıllık dönüş aralıklı taşkın debileri hesaplanmış, kanalın geometrik modeli çıkartılmış ve elde edilen verilere göre hidrolik modelleme yapılarak taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Farklı periyotlara ait taşkın debileri için çalışma alanına ait taşkın yayılım haritaları üretilerek risk altında kalan alanlar dere ıslah öncesi ve ıslah sonrası değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile bölgede yaşayan halkın can ve mal kayıplarını karşı, yapılacak olan imar planları ve yönetmelikleri, yapılaşma faaliyetleri ve mevcut yapılaşmalar için risk değerlendirmesi konusunda faydalı bir veri elde edilmiş olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri, HEC-GeoRAS, HEC-RAS, Taşkın Analizi, Uzaktan Algılama.

## **FLOOD RISK EVALUATION WITH REMOTE SENSING AND GIS TECHNOLOGIES, CASE STUDY: KOCAELI MADEN VALLEY**

### **ABSTRACT**

The purpose of this study is to use Geographic Information Systems (GIS), GIS's extended program HEC-GeoRAS to prepare geometry data, which is necessary for hydraulic modelling, remote sensing technology, and hydraulic modelling program HEC-RAS to prepare flood hazard maps according to the different discharges of the valley. It is used, 1/5000 scale topographic maps of the region with 5 meters elevation differences for contour lines to prepare TIN map (Triangulated Irregular Networks) that is the primary data for hydraulic and hydrologic modelling. By the collaborative evaluation of remote sensing and geographical information system data and 25, 50 and 100 years basin return period of the valley hydraulic modeling performed. According to these discharges flood risk maps produced and areas, which would be affected flood risks, were evaluated before and after study area restorations. This study will provide useful data to save lives and secure the property of people living in the area and also for construction activities, risk assessment for existing buildings, feature regulations and development plans.

**Keywords:** Geographic Information Systems, HEC-GeoRAS, HEC-RAS, Flood Analysis, Remote Sensing.

## GİRİŞ

İnsanların hayatını ve beşeri unsurları olumsuz etkileyen olaylara afet denilmektedir. Afetler insanların hayatlarını farklı şekillerde etkilemektedir. Afetler başta can kaybı olmak üzere, ekonomik, sosyal ve fiziksel kayıplar doğurabilmekte ayrıca sakatlanmalar, yaralanmalar, ekolojik sistemde bozulmalar, salgın hastalıkların ortaya çıkması gibi normal yaşamı durdurabilen veya kesintiye uğratabilen bir çok zarara neden olabilmektedir.

Afetler genel olarak iki kategoride sınıflandırılabilirler; doğal afetler ve doğal olmayan afetler. Bir olayın doğal afet olarak nitelendirilebilmesi için öncelikle doğal olması ve daha sonra can ve mal kaybına neden olması gereklidir. Doğal afetlerin diğer bir özelliği ise kısa sürede meydana gelmesi ve kontrol dışında gerçekleşmesi olarak tanımlanabilir. Doğal afetler deprem, taşkın, çığ hareketleri, heyelan, kuraklık, fırtına vs. gibi afetlerdir. Doğal olmayan afetler ise insanların neden olduğu, doğal olmayan fakat çevreye ve canlılara büyük zarar veren olaylar olarak tanımlanabilir. Doğal olmayan afetler hava kirliliği, toprak kirliliği, su kirliliği, toprak erozyonu, bir kısım orman yangınları, meskûn mahallelerde görülen yangınlar ve salgın hastalıklar gibi afetleri içerir.

Afet yönetimi, çalışma safhaları birbiri ile zamansal olarak örtüşebilen bir döngüden oluşmaktadır. Afet yönetimi döngüsü dört ana çalışma adımından oluşmaktadır, bunlar: risk ve zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarıdır. Risk ve zarar azaltma aşamasında tehlike analizi, risk analizi ve risk azaltmaya yönelik sakınım vb. gibi çalışmalar yapılmaktadır. Hazırlık aşamasında tehlike ve afet anında ve sonrasında yaşanabilecek olan kayıpları planlama, erken uyarı sistemi kurulması ve eğitimler gibi çalışmalar ile afet riskinin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Müdahale aşamasında yapılan çalışmalar olay anında mümkün olan en çok sayıda insan ve canlı hayatını kurtarmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda afetzedelerin haberleşme, ulaşım, geçici barınma ihtiyaçları karşılanmakta, ilkyardım ve tedavi hizmetleri yerine getirilmektedir. İyileştirme aşaması normal hayata dönme aşamasıdır. Bu aşama uzun ve orta vade de yeniden inşaat çalışmaları, eğitim ve sağlık

hizmetlerinin işlerlik kazanması, geçici iskan programlarının tamamlanması, afetzedelerin psikolojik rehabilitasyonu, ekonomik faaliyetlerin işlerlik kazanması vb. gibi çalışmaları içermektedir.

Ülkemizde depremden sonra en büyük can ve mal kaybına neden olan doğal afet sel ve taşkın afetleridir [1]. Taşkınlar ve seller tarih boyunca insanların hayatlarına ve mallarına ciddi zararlar vermiştir. Taşkınlar bir doğal afet olup, tarih boyunca insanların hayatlarını ve mallarını ciddi zararlara uğratmıştır. Taşkınlar genellikle nehir ve dere civarında oturan insanların yaşam alanlarında büyük hasarlar ortaya çıkarabilmekte ve can ve mallarını tehdit edebilmektedir. Taşkın bir nehir/dere yatağındaki mevcut su miktarının, havzaya normalden fazla yağmur yağması veya havzada mevcut kar örtüsünün erimesinden dolayı su miktarının hızla artması ve bu nedenle yatak çevresinde yaşayan canlı, arazi, mal ve mülke zarar vermesi olayı olarak tanımlanmaktadır. Uzun süreli aşırı ve şiddetli yağışlardan sonra özellikle fazla eğimli ve geçirimsiz topraklarda taşkın olayı meydana gelmektedir. Ayrıca kar yağışının da yoğun olarak yaşandığı havzalarda, ısının birden bire artması sonucu kar örtüsünün erimesi de taşkınlara yol açabilmekte ve taşkın debilerini etkilemektedir. Her iki etkenin beraber meydana gelmesi ve yan kollardaki suyun aynı anda yükselmesi en tehlikeli taşkınları oluşturmaktadır. Taşkın oluşumuna etki eden bir diğer faktör de havzada hâkim olan yağış rejimleridir.

Türkiye farklı iklimlere sahip olup hidrolojik açıdan 15 havzaya bölünmüştür. Özellikle iklim değişikliği etkileri ile birlikte bu havzalar farklı afetlerin tehdidi altındadır.

Türkiye’de yapılan istatistik sonuçlarına göre akarsularda görülen taşkın olay sayısının 1967-1987 yılları arasında tüm hidrometeorolojik afetler içindeki oranı %33 iken; 1998-2008 yılları arasında bu oran %14’e kadar azalmıştır. Bununla beraber son yıllarda ani seller ve bunun bir sonucu olarak da şehir taşkınlarında önemli artışlar görülmüştür. Devlet su işleri (DSİ) genel müdürlüğün verilerine göre ülkemizde 1975-2015 yılları arasında 1209 adet taşkın olayı meydana gelmiş, bu taşkınlar sonucunda 720 can kaybı olmuş, 893933 hektar tarım arazisi taşkına maruz kalmıştır. Marmara havzasını incelendiğinde ise, 1970-2015 yılları arasında toplam 205 taşkın olduğu görülmektedir [2].

Taşkın zararlarını azaltma ve olay olmadan önce tedbir almak için çeşitli faktörleri dikkate alıp afeti önleme çalışmaları ve bilimsel tabanlı çalışmalar yapmak gerekmektedir. Bunlara örnek olarak baraj yapıları, dere ıslah çalışmaları, modellemeler ile geleceğe yönelik tahminler yapmak sayılabilir. Bu kapsamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojilerinin afet çalışmalarında entegre kullanımı araştırmacılara önemli bir çalışma alanı oluşturmuştur [3].

Su kaynakları ile ilgili çoğu çalışmada coğrafi bilgi sistemleri yazılımları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Taşkın tahmini amacıyla kullanılan hidrolojik ve hidrolik modellerde CBS önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Özellikle hidrolojik model çalışmalarında arazi topoğrafyası ve jeomorfolojisi dikkate alındığında CBS yazılımlarının büyük kolaylık sağladığı ortadadır.

Uzaktan algılama (UA) teknikleri de afet çalışmalarında son yıllarda farklı araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Uzaktan algılama teknikleri, uzak mesafeden geniş bölgelerin görüntülenmesi, istenilen miktarda verinin depolanması, yüksek hesaplama hızı, sistem çıktılarının çok yönlü bir yapıya sahip olması, klasik yöntemlerle hesaplanması çok zor olan verilerin daha kolay ve kısa sürede elde edilebilmesi gibi olanak ve yetenekler sunmaktadır. Uzaktan algılama teknikleri kapsamında uydu verileri, lidar, radar veya hava fotoğrafları kullanılarak haritalar hazırlanabilir ve daha sonra sayısallaştırılarak CBS analizlerinde altlık olarak kullanılabilir. Afet haritaları genelde risk bölgelerini ve afet etkisindeki bölgeleri gösterir. Bu haritalara örnek olarak, heyelan tehlike haritaları, taşkın bölgesi haritaları, sismik bölge haritaları, orman yangın riski haritaları, endüstriyel risk bölgesi haritaları vs. verilebilir. Bu haritaların hazırlanması ve analizinde uzaktan algılama ve CBS teknolojilerinin kullanımı taşkın haritalama ve hasar tespiti gibi çalışmalarda çok kullanışlı bir kaynak haline gelmiştir.

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Bilgi Teknolojilerinin Afet Alanındaki Kullanımı

Uzaktan algılama ve CBS uygulamaları afet yönetiminde oldukça önemli ve başarılı şekilde uygulanan araçlar haline gelmiştir. Uzaktan algılanmış veriler, deprem, heyelan, sel, orman yangınları, vb. felaketlerden kaynaklanan hasarın etkisini hızlı bir şekilde değerlendirmek için çok etkili bir şekilde kullanılabilir. Afet önleme aşamasında, ise tehlike değerlendirmesi için gerekli olan birçok katmandan oluşan veri altlığını yönetmek için ise CBS teknolojileri kullanılmaktadır. CBS ve uzaktan algılama teknolojilerindeki gelişmelerle ve dijital yüzey modellerindeki doğruluğun artmasıyla birlikte heyelan, deprem, taşkın riski ve çevre ile ilgili araştırmalarda bu teknolojilerin kullanımı Türkiye’de ve Dünyada artmıştır.

Guettouche ve Derias (2013) Cezayir’de yer alan Djelfa orman yangınlarının çevreye negatif etkilerini değerlendirilmesi için CBS teknolojilerinden faydalanmıştır. Yapılan uygulama zayıf güvenlik yöntemi ilkesine dayanarak, güvenlik açığı indeksi ile her bir parametreye sosyo-ekonomik konularda ağırlık yükleyen bir model olarak tasarlanmıştır. Bu çalışma sonucunda coğrafi bilgi sistemlerinin ormanın güvenlik açığının değerlendirilmesinde kullanmasının oldukça faydalı bulunduğunu ifade etmişlerdir [4].

Erener, 2009 Türkiye’de Bartın bölgesinde CBS ve Uzaktan algılama teknolojilerini kullanarak heyelan risk değerlendirmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada farklı yöntemlerle heyelan duyarlılık bilgisi elde etmiş ve heyelan risk haritalaması için ise alana ait zamansal heyelan tehlike haritalaması, heyelan duyarlılık ve risk altındaki elemanların belirlenmesi ile ilgili çalışmaları gerçekleştirmiştir. Çalışma sonunda alana ait risk haritası üretilmiş olup bölgedeki afete yönelik çalışmalarda önemli bir altlık niteliği taşımaktadır [5].

Ayele ve diğ. (2014) uzaktan algılama ve CBS’yi Etiyopya’nın merkezi platosunda heyelan yönetimi için kullanmışlardır. Bu çalışmada, heyelan tehlike bölgelerini belirlemek için bir "Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon yöntemi" (WLC) kullanılmıştır.

Yöntem üç ana aşamayı içermektedir; Alan öncesi çalışma (veri hazırlama), saha çalışması (veri doğrulama) ve saha sonrası çalışma (analiz ve yorumlama). Bu yöntem vasıtasıyla üretilen heyelan tehlike bölgesi haritalarının planlamacılara ve mühendislere heyelan felaketine maruz kalan bölgelerin belirlenmesinde yararlı olacağı ve felaket riskinin azaltılması ve yönetimi için uygun önlemlerin geliştirilebilmesi için önemli olduğunu ifade etmişlerdir [6].

Yagoub (2015) Birleşik Arap Emirlikleri'nde (BAE) yer alan Fujairah şehri için depremin spatio-temporal ve tehlike haritalaması için uzaktan algılama ve CBS'ni kullanmıştır. Bu çalışmada yedi parametre (jeoloji, toprak, eğim, arazi kullanımı, tarihsel deprem olayları, fay hattı ve yollar) dikkate alınarak CBS'nin ağırlıklı bindirme analizinin yardımıyla tehlike haritası oluşturulmuştur. Bu araştırmacı CBS ve uzaktan algılama yardımıyla elde edilen sonuç haritalarının, topluluk planlaması, afet azaltma politikaları için ve arazi kullanımının sistematik ve doğru bir şekilde geliştirilmesinde oldukça faydalı olacağını belirtmiştir [7].

Diğer doğal afetler yanında taşkınlar önemli doğal afetlerden biri sayılmakta olup birçok bölge ve ülkede ekonomik ve sosyal hayatını etkilemektedir. Uzaktan algılama teknolojisi CBS ile birlikte son yıllarda taşkın denetimi için temel araç haline gelmiştir. Bu alandaki gelişim, taşkın haritalama amacıyla optik sensörler ve radar teknolojileri kullanılarak tüm hava koşullarına göre algılamayı sağlamaktadır. Taşkın yönetimi için CBS kullanmanın temel avantajları taşkınların görselleştirilmesini ve aynı zamanda taşkın nedeniyle muhtemel hasarın tahmin edilmesi için daha fazla analiz etme potansiyeli yaratmaktır [8].

Su kaynakları ve nehir havzalarında yapılan taşkın risk değerlendirmeleri gibi çalışmalarda geliştiren çeşitli hidrolik model tipleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları CBS ile entegre edilerek kullanılmaktadır. MIKE 11 model serisinin hidro-dinamik (HD) modülü, Danimarka Hidrolik Enstitüsü'nün tarafından ve HEC-RAS modeli ise Amerikan Hidrolojik Mühendislik Merkezi'nin tarafından hazırlanan en çok kullanılan modellerdendir.

Beavers (1994) hidrolik modelleme ve CBS'nin entegre çalışmasını sağlayan ilk çalışmayı yapmışlardır [9]. Bu çalışma, iki boyutlu modellerin ve ArcGIS'in yanı sıra iyi tahmin sonuçları veren HecRAS'ın kullanımına benzeyen bir yaklaşıma

dayanmaktadır. İki program arasındaki entegrasyon HEC-GeoRAS ile sağlanmıştır [10]. Bu çalışma, su yönetimi alanında oldukça önem kazanmış, bu nedenle son yıllarda bu yöntemler farklı uzmanlar tarafından yaygın olarak kullanılmıştır.

Yang ve diğ. (2006) Kanada'nın Ottawa'da yer alan Güney ulusal nehri için uzaktan algılama, CBS ve HEC-RAS'ı nehrin ağı ve taşkın alanın belirlenmesi için kullanmıştır ve bu üç yöntemin taşkın yönetimi için oldukça faydalı olduğunu belirtmişlerdir [11].

Akar ve Maktar (2008) çalışmalarında taşkın araştırmalarında çok kriterli karar verme analizini (ÇKKVA) CBS, HEC-GeoRAS, HEC-RAS, uzaktan algılama ve hidrolojik modelleme ile karşılaştırmıştır. Bu çalışma sonunda hidrolojik modelleme ile elde edilen sonuçların ÇKKVA'ya göre daha gerçekçi olduğunu belirlenmiştir [12].

Shrestha (2010) Nepal'de yer alan Sun Kohi nehrin havzası buzul gölü patlama taşkın riskinin (GLOF) değerlendirmesi için BOSS-DAMBRK, HEC-GeoRAS ve HEC-RAS'ı kullanmıştır ve bu analiz GLOF'un 950 ha arazi ve büyük miktarda altyapıyı etkilediği belirlenmiştir. GLOF'un etkisinden doğan ekonomik riskin yaklaşık olarak 197 milyon ABD doları olarak tahmin edilmiştir [13].

Mohammadi ve diğ. (2014) çalışmasında CBS, HEC-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları kullanılarak sel hidrolik koşulların simüle edilip riskli bölgeleri tespit edilmiştir. Bu adımın çıktısına göre HEC-FDA kullanılarak bir risk analizi yapılmış ve taşkın hasarları nicel olarak tahmin edilmiştir. Sonunda, yıllık hasar beklentisi (EAD) elde edilmiştir [14].

Abdelbasset ve diğ. (2015) Fas'ta yer alan Ouergha nehrin üzerinde CBS, HEC-GeoRAS ve hidrolojik modellemeyi sağlayan HEC-RAS yazılımını kullanılarak taşkın modelleme çalışmıştır. Alanda bulunan büyük bir barajın varlığına rağmen, çalışma sonunda hidrolik simülasyon ve coğrafi bilgi sisteminden elde edilen sonuçların, son yıllarda gözlemlenen aşırı iklim değişimleri ve hidrolojik olaylardan dolayı taşkınlara karşı müdahalede önemli ölçüde katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir [10].



## 1.2. Taşkın Hidrolojisi

Hidrolojik modelleme, büyük nehir havzalarında su kaynakları araştırma ve yönetiminde vazgeçilmez bir bileşen haline gelmiştir. Hidrolojik modeller, havzadaki su kaynaklarının geçmiş ve mevcut durumunu anlamamıza yardımcı olmakta ve yönetim kararlarının ve dayatılan değişikliklerin (iklim değişikliği gibi) etkilerini keşfetmenin bir yolunu sağlamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki büyük nehir havzalarında, uluslararası yardımda bulunanlar su kaynaklarının yönetimi ve planlanması için iki açıdan hidrolojik modellemeyi desteklemiştir: Ulusal kalkınma ve yoksulluğun hafifletilmesi; adil dağılım ve erişimi teşvik etmek. Bu modellere çok büyük finansmanlar sağlanmıştır.

Büyük nehir havzası ölçeğinde hidrolojik modellemenin amacı öncelikle su kaynakları yönetiminde karar vermeyi desteklemektir. Su kaynakları planlaması için temel bilgi gereksinimleri şu şekilde özetlenebilir [15];

- Kaynak değerlendirmesi: Kaynak durumu ve eğilimi, kullanılabilirlik, yeterlilik, eşitlik ve arzın sürdürülebilirliği alansal ve zamansal değişimi.
- Güvenlik açığı değerlendirmesi: Sistemin planlanmamış değişimine (iklim değişikliği, demografik değişim gibi) tepki vermesidir.
- Etki değerlendirmesi: Önerilen kalkınma planının çevreye etkileri.
- Taşkın risk değerlendirmesi: Risk tahmini ve erken uyarı.

İlk üç değerlendirme, temsilci hidrolojik koşullar bağlamında yapılır; yani modeller, sistemi karakterize eden değişkenliğin etkilerini tanımlayabilme yeteneğine sahip olmalıdır.

Taşkın risk analizinde önem taşıyan faktörlerden biri akarsulardaki debi değerlerinin analizde girdi olarak kullanılmasıdır. Bir akarsuyun taşkın debisini bulmak hidroloji açısından sorunları çözümlenmektedir. Gerekli olan akarsuların durumlarına göre bazen akarsuyun toplam hacmini, bazen pik debisini ve bazı durumlarda da her iki faktörü dikkate almaktadır. Ancak çoğu zaman belli dönüş aralığı için yeterli kayıt bulunmadığından sentetik ve deterministik yöntemler kullanılarak hesaplar yapılmaktadır.

### 1.3. Taşkın Hidrolik Modellemesi

Hidrolik modelleme, serbest yüzey sıvı akışının önemli unsurlarını değerlendirmek için kullanılır. Genel olarak, hidrolik modelleme hem sayısal modellemeye (bilgisayarda yapılan simülasyon) veya fiziksel modellemeye (fiziksel akış geometrisinin laboratuvarında modellenecek şekilde ölçeklendirilmesi) işaret edilebilir. Sayısal modeller genellikle iki veya üç boyutlu iken, fiziksel hidrolik modeller daima üç boyutludur. Geometri, bazen sayısal bir modelden manipüle edilmesi ve değiştirilmesi daha kolaydır ve daha geniş alanlar (daha büyük hacimler) genellikle sayısal bir modelden daha uygun maliyetle simüle edilebilir. Bununla birlikte, sabit olmayan girdap dinamiği, pompa veya türbin girişleri gibi bir risk durumunda fiziksel hidrolik modelleme kullanılmalıdır.

Hidrolik modellemede, iki yöntem bir araya getirildiğinde, geniş alanları sayısal bir modelle simüle ederken, çoğu kez maliyet etkinliği gösterir; vorteksleme veya diğer sayısal modellemelerle kolaylıkla yakalanamayan bazı fiziksel olayların bulunduğu yerlerde daha küçük fiziksel bir hidrolik model için sınır koşullarını geliştirmede bu yorumsal sonuçlar tercih edilmektedir.

HEC-RAS, doğal nehirler ve diğer kanallar vasıtasıyla su akışının hidrolik sistemini modelleyen bir bilgisayar programıdır. Versiyon 5.0'a yapılan son güncellemeden önce, program tek boyutlu, yani kesit şeklindeki değişikliklerin, eğilmelerin ve akışın diğer iki ve üç boyutlu yönlerinin hidrolik etkisinin doğrudan modellemesi olmadığı anlamına gelmektedir. Sürüm 5.0'in piyasaya sürülmesi, akışın iki boyutlu modellemesi ile türlü transfer modelleme yetenekleri getirilmiştir. Program, yetkileri altındaki nehirleri, limanları ve diğer kamu çalışmalarını yönetmek için ABD Savunma Bakanlığı Ordu Mühendisleri tarafından geliştirilmiştir ve 1995 yılında halka açılmasından bu yana birçok kişi tarafından geniş bir kabul görmüştür.

Bu çalışma kapsamında sahanın ıslah öncesi ve ıslah sonrası hidrolik modellemesi için ilk olarak CBS ortamında gerekli olan geometrik veriler Hec-GeoRAS yazılımında hazırlanıp HEC-RAS yazılımına aktarılmıştır. HEC-RAS yazılımında ise hidrolik modelleme yapıldıktan sonra elde edilen verilere göre çalışma alanının ıslah öncesi ve ıslah sonrası için taşkın risk haritalaması hazırlanmış ve risk altındaki elemanlar değerlendirilmiştir.

## 2. AMAÇ VE KAPSAM

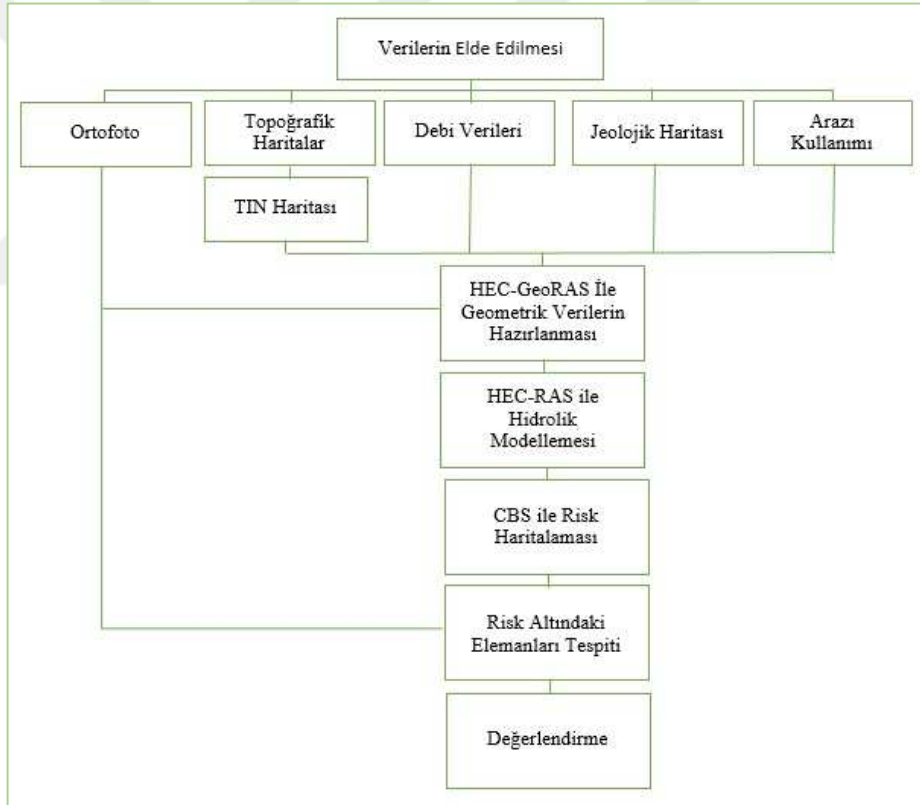
Taşkınlar, doğal olarak önlenemeyen süreçlerdir, ancak sosyal ve ekonomik etkilerini azaltmak için yönetilebilirler. Taşkınlar hayat için bir tehdittir ve mülke zarar verir. Bu nedenle, taşkın risklerinin planlama sürecinde dikkate alınması çok önemlidir. Drenaj sisteminin zayıf altyapısı, daha fazla taşkın riski oluşturmaktadır. Bu nedenle özellikle sel baskınına maruz kalan alanlar için iyileştirmeye yönelik uygun planlamalar yapmak gereklidir. Dolayısıyla devletlerin kalkınma planlarında ve uygulamaların altlıklarının oluşturulmasında taşkınların göz önüne alınması gerekmektedir. Bu kapsamda taşkın tehlikesinin incelenmesi için, CBS ve uzaktan algılama sistemleri, elde edilen bilgilerin diğer veri kümeleri ile entegrasyonu aşamasında, sel felaketinin tanımlanmasında, izlenmesinde ve değerlendirilmesinde çok önemli bir potansiyele sahiptir.

Bu çalışmanın hedefi, Marmara havzası, Kocaeli şehrinde yer alan Maden deresinin taşkın riski analizinin uzaktan algılama ve CBS teknikleriyle tespit edilmesini sağlamaktır. Taşkın modeli sahanın ıslah çalışması öncesi ve ıslah çalışması sonrası için oluşturulmuştur. Sahanın geometrik verileri öncelikle CBS ortamında uzantı şeklinde kullanılan HEC-GeoRAS yazılımı ile üretilmiştir. Daha sonra üretilen bu veriler HEC-RAS yazılımına hidrolik modelleme için aktarılmıştır. Hidrolik modelleme yapıldıktan sonra hazırlanan veriler taşkın riski haritasının oluşturulması için tekrar CBS'ye aktarılmış ve sonunda alana ait taşkın riski haritası oluşturulmuştur. Islah öncesi ve ıslah sonrası elde edilen taşkın modellemesi sonuçlarına göre bölgede su altında kalan alanlar arazi ortofotosu ile örtüştürülerek değerlendirilmiş olup risk altındaki elemanlar belirlenmiş ve bu kapsamda geleceğe yönelik planlamalar için öneriler sunulmuştur.

### 3. METODOLOJİ

Çalışmanın genel aşamaları, Şekil 3.1’te verilmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Verilerin hazırlanması
2. CBS ortamında HEC-GeoRAS ile geometrik verileri hazırlanması
3. HEC-RAS ile hidrolik modelleme
4. CBS ortamında ıslah öncesi ve ıslah sonrası sahanın taşkın risk haritalaması
5. Islah öncesi ve ıslah sonrası için risk altındaki elemanların belirlenmesi.

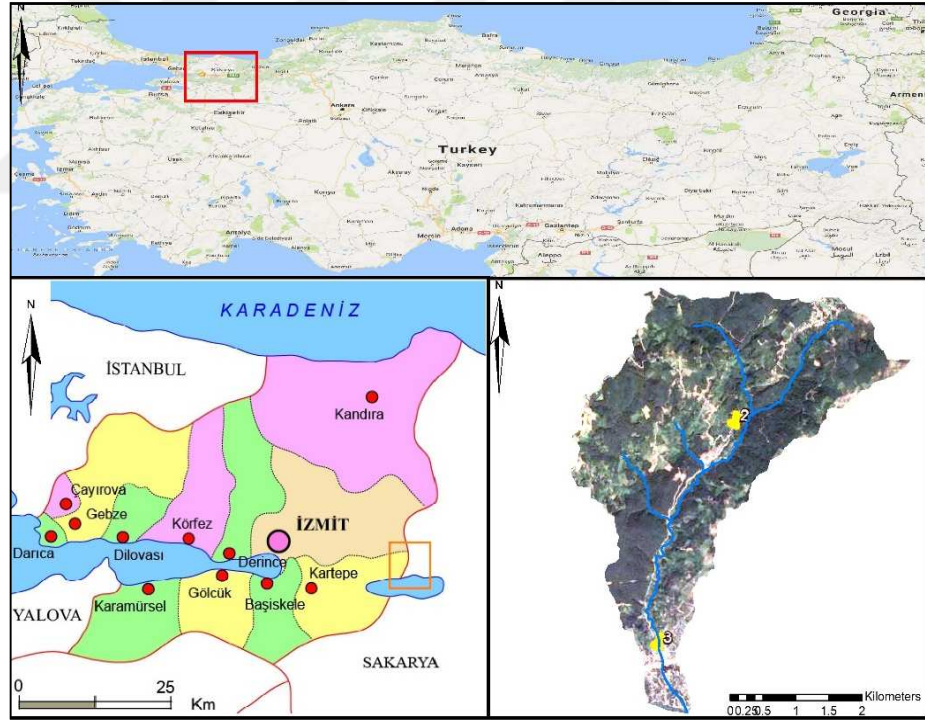


Şekil 3.1. Çalışmanın akış şeması

#### 3.1. Çalışma Alanı Ve Kullanılan Veriler

Maden deresi Kocaeli ili Marmara bölgesinin doğu kısmında ve Sakarya bölgesinin batı kısmında yer almaktadır. Maden deresi, Kocaeli ili Kartepe ilçesine bağlı Eşme köyü bölgesindeki yerleşim alanlarından geçmektedir. Çalışma alanının koordinatları

sol üst: 40,770° K ve 30,21° D, sağ üst: 40,770° K ve 30,26° D, sağ alt: 40,725° K ve 30,21° D ve sol alt: 30,24° D olup bölge 440 – 30,982 kotları arasında yer almaktadır. Bölgenin Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş oluşturduğu söylenebilir. Yazlar sıcak ve az yağışlı, kışlar yağışlı, zaman zaman karlı ve soğuk geçer. Meteoroloji Genel Müdürlüğü bilgilerine göre bölgenin yıllık en yüksek sıcaklığı 44,1 ve yıllık en düşük sıcaklığı -18,0, yıllık ortalama sıcaklığı 14,9 °C, yıllık ortalama yağış miktarı ise 814,7 mm belirlenmiştir [16]. Maden deresi bir ana hat ve üç koldan oluşmaktadır ve toplanan akarsular Sapanca gölüne dökülmektedir. Maden deresi 8 kilometre uzunluğunda farklı arazi kullanımına sahiptir. Bu dere yatağı orman, tarım ve yerleşim gibi farklı bölgelerden geçmekte ve son yıllarda özellikle 23.06.2015 tarihinde şiddetli yağışlardan dolayı bölgede oluşan taşkınlar, konutlarda maddi hasarlar meydana gelmesine sebep olmuştur. Şekil 3.2 çalışma alanının konumunu göstermektedir.



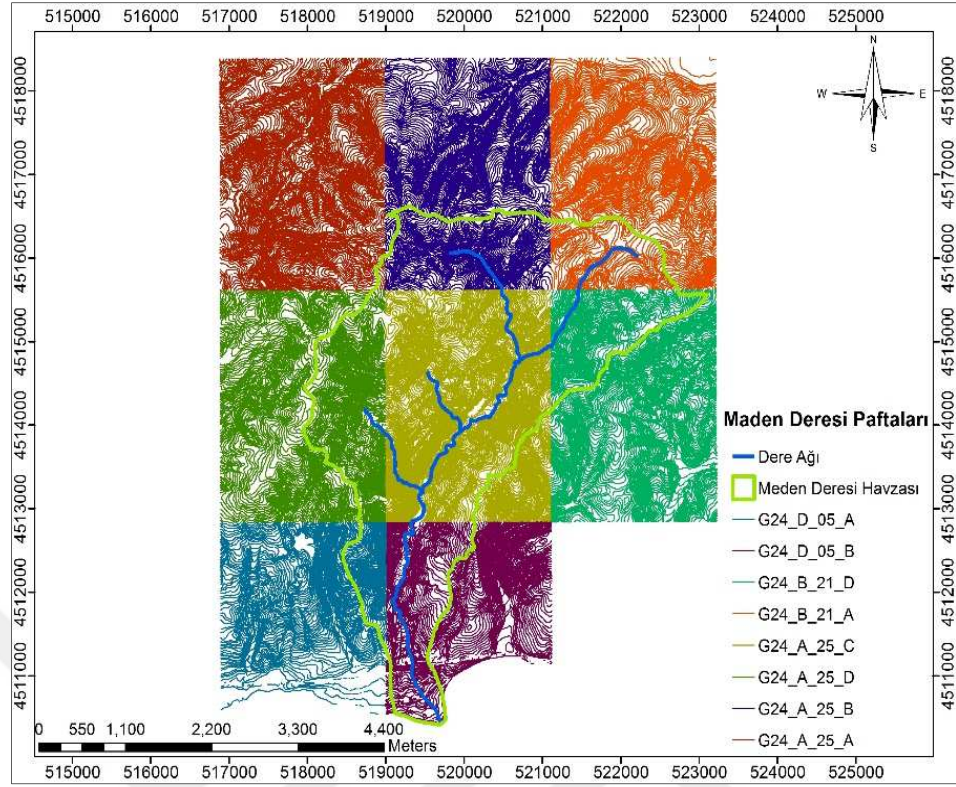
Şekil 3.2. Çalışma alanı Eşme bölgesi Maden deresi

Çalışmada kullanılan veriler Kocaeli Belediyesi, Kocaeli Devlet Su işleri ve İSU kurumlarından temin edilmiş olup verilere ilişkin bilgi Tablo 1.3’de sunulmaktadır. Sayısal veri olarak alana ait Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından üretilmiş olan 1/5000 ölçekli 8 adet topoğrafik haritalardan yararlanılmıştır.

Tablo 3.1. Çalışma alanında kullanılan veriler

Veri	Ölçek	Tur	Yıl	Kaynak
Topoğrafik harita	1/5000	CAD dosyası	2008	Kocaeli Belediyesi ve İSU
Ortofoto		Ortofoto	2014	Kocaeli Belediyesi
Arazi kullanımı	1/25000	Shp dosyası		Kocaeli Belediyesi
Sahanın 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür debisi		Excel dosyası	2014	Kocaeli Devlet Su İşleri
Jeolojik harita		Shp dosyası		Kocaeli Belediyesi

Su kaynakları uygulamalarında sayısal yükseklik modeli seçimini iki önemli faktör etkilemektedir. Bu faktörler sayısal yükseklik modelinin kalitesi ve çözünürlüğüdür. Sayısal yükseklik modelinin doğruluğu yükseklik verisinin kalitesini ifade eder. Çözünürlüğü ise duyarlılığını tanımlar. Sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğü ve kalitesi oluşturulacak modelin fiziksel özelliğine ve gayesine uygun olmalıdır. Özellikle yüzeysel drenaj ağının düşük eğimli arazi yapısında eğim ve eğriliğine göre belirlenmesi zordur. Sayısal yükseklik modelinin yatay çözünürlüğü arazi eğiminin hesabında önemli rol oynar [17]. Dolayısıyla çalışma alanının sayısal yükseklik modelinin oluşturulması için alanını kapsayan 1/5000 ölçekli paftalardan yararlanılmıştır. Sayısal ortamda birleştirilmiş 8 adet 5 m aralıklı paftalarda fazla olan çizgiler giderilmiş ve gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra eş yükseklik eğrileri ile sahanın TIN (Triangulated Irregular network) verisi oluşturulmuştur (Şekil 3.4). Çalışma alanını kapsayan paftalar: G24-A-25-A, G24-A-25-B, G24-A-25-C, G24-A-25-D, G24-B-21-A, G24-B-21-D, G24-D-05-A, G24-D-05-B. Bu haritalar UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonu, WGS 84 datumu ve 36. zone kullanılarak birleştirilmiştir. Şekil 3.3 sahanın kapsadığı paftaları göstermektedir.



Şekil 3.3. Çalışma alanının paftaları

Çalışmada kullanılan ortofoto haritası Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Harita Mühendisliği birimi tarafından temin edilmiştir. Alınan ortofoto haritası arazi kullanım haritası ile birlikte hidrolojik modelleme sonrası elde edilen taşkın alanının etkilediği alanları belirlemede altlık olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada Kocaeli DSİ genel müdürlüğünün sentetik metoduna göre hesaplanmış Tablo 3.2’te yer alan değerleri kullanılarak 25, 50 ve 100 aralıklı taşkın periyotlardaki debilere göre hidroluk modellemesi yapılmıştır.

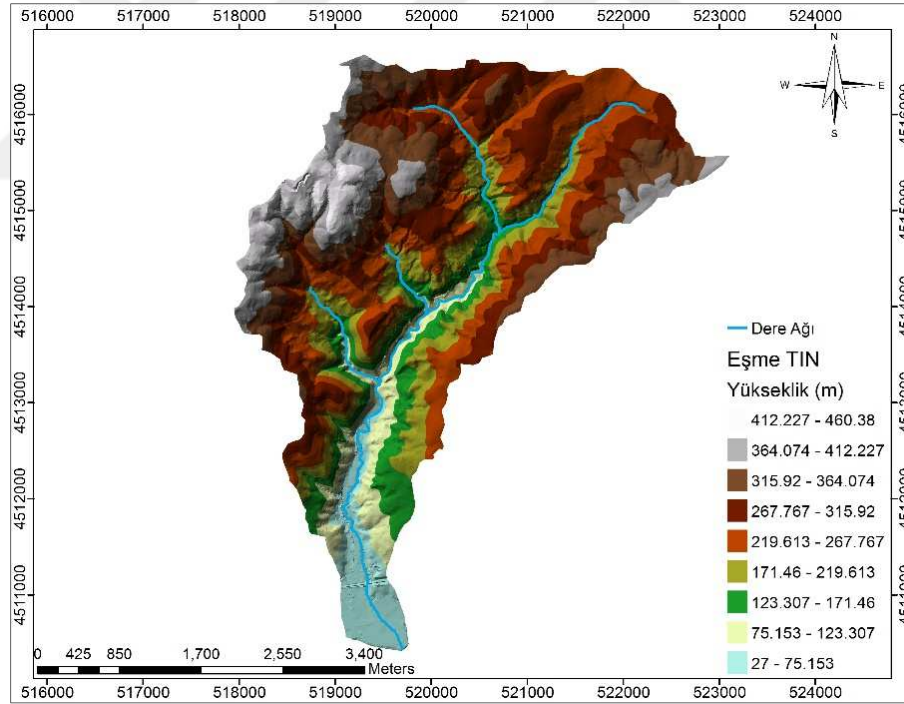
Tablo 3.2. Sahanın farklı periyotlardaki debi değerleri

No	Yıllar	Değerler
1	Q25	75 m <sup>3</sup> /s
2	Q50	102,50 m <sup>3</sup> /s
3	Q100	135,50 m <sup>3</sup> /s

### 3.1.1. Çalışma alanının topoğrafik ve jeomorfolojik özellikleri

Akışı kontrol eden en önemli faktörlerden biri, akarsu kanalının topoğrafik özellikleridir. Bu topoğrafik özellikleri sahanın eğimi, bakı özellikleri, akarsu ağı gibi unsurları içermektedir. Sahanın topoğrafik özelliklerini çıkartmak için alt yapı veri kaynağı olarak TIN verisi kullanılmıştır.

Triangulated Irregular Network (TIN), bir yüzeyin gösterimi için kullanılan sayısal bir veri yapısıdır. TIN, düzensiz olarak dağıtılan düğümlerden oluşan fiziksel arazi yüzeyinin veya deniz tabanının vektör tabanlı bir sunumudur ve çakışmayan üçgenlerin bir ağında düzenlenmiş üç boyutlu koordinatlara (x, y ve z) sahip çizgilerdir. Bir TIN yüzeyi, yükseklik bilgileri içeren noktalar, çizgi ve çokgenler gibi özelliklerden oluşturulabilir. Bu çalışmada ise TIN yüzeyi, sahayı kapsayan 8 adet pafta kullanılarak oluşturulmuştur (Şekli 3.4).



Şekil 3.4. Çalışma alanının TIN haritası

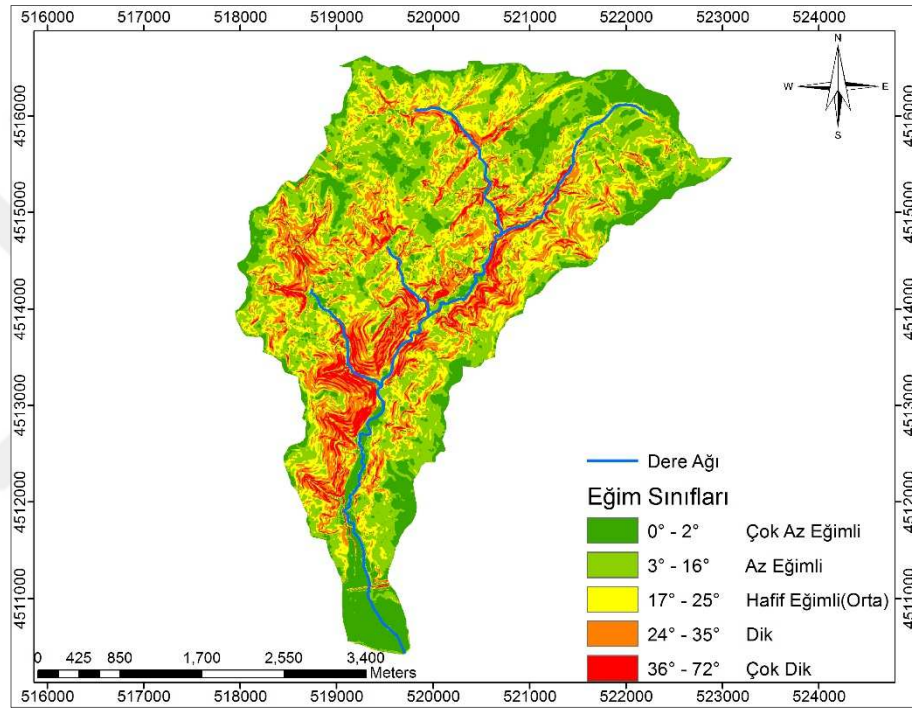
#### 3.1.1.1. Eğim özellikleri

Eğim bir havzada dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Eğim, akış zamanlamasını etkiler, aynı zamanda sızma miktarını da etkiler. Eğim ne kadar büyük olursa yerçekimi etkisiyle daha az su çeker ve sızma oranı düşer, yüzey daha az eğimli



veya düz şekilde ise daha fazla su çeker. Genel olarak, eğim ne kadar yüksekse ve drenaj kanallarını hızlandırırorsa akış tepkisi o kadar hızlı ve pik deşarj değerleri de o kadar yüksek olur.

CBS yazılımında yer alan 3D Analyst araç kutusu ile istenilen bölgenin eğim özelliklerinin elde edilmesi sağlanır. Havzanın eğim haritası, oluşturulan TIN verisi kullanılarak elde edilmiş olup CBS sınıflandırma yöntemleriyle 5 kategoriye ayrılarak Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



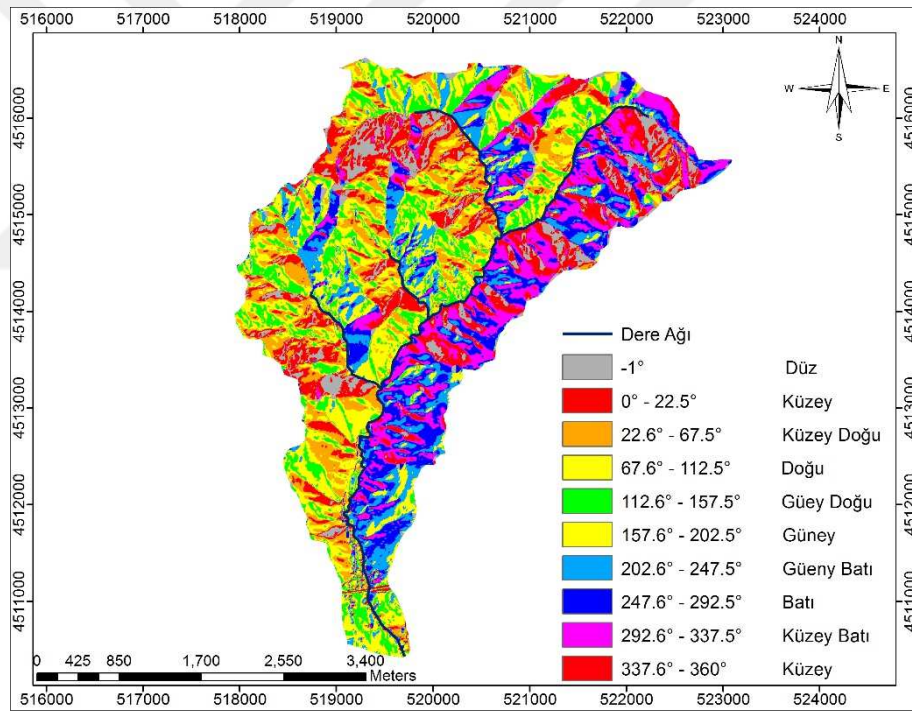
Şekil 3.5. Maden deresi eğim özellikleri

### 3.1.1.2. Bakı özellikleri

Taşkına neden olan topoğrafik faktörlerden bir diğeri bakı özellikleridir. Bakı güneşin yansıttığı bölgenin hangi açıyla ve durumunu göstermekte ve yerel ısınma farklarına yol açmaktadır. Bir bölgenin bakıdan kaynaklanan etkileri: bölgenin sıcaklığını yükseltilmesi, güneşlenme süresinin daha az ya da daha uzun olması, karların yerde kalma süresinin daha kısa ya da daha uzun olması, tarım alanlarında ürünlerin olgunlaşma sürelerinin daha kısa ya da daha uzun olması ve orman alanlarının yükselti sınırlarının daha fazla ya da daha düşük olması gibi sonuçları içerebilmektedir.

Akarsularda mevcut olan bitkiler akarsuların hızını ve kanal yatağının değişimini ciddi şekilde etkilemekte olup hem zararı hem de faydası bulunmaktadır. Çok eğimli bazı akarsu yataklarında bitkiler su hızını yavaşlatır ve dere yatağının erozyonunu engeller. Çok eğimli olmayan bazı akarsu yataklarında ise su hızını yavaşlatıp dere ya da kanal yatağının kapanmasına neden olabilir. Dolayısıyla bakı özellikleri bir alanın bitki örtüsünü etkilemektedir.

Maden deresi havzanın bakı özellikleri ise CBS’de 3D Analyst araç kutusunun yardımıyla elde edilmiş olup Şekil 3.6’da göstermektedir. Bu özellikleri incelediğimizde havzada doğuya dönük yamaçların oranının daha fazla olduğunu saptamış olup çokluk sırasına göre doğu, kuzey, güney ve batı olarak yamaç oranları sıralanmaktadır.



Şekil 3.6. Maden deresi bakı istikametleri

### 3.1.1.3. Çalışma alanının jeolojik özellikler

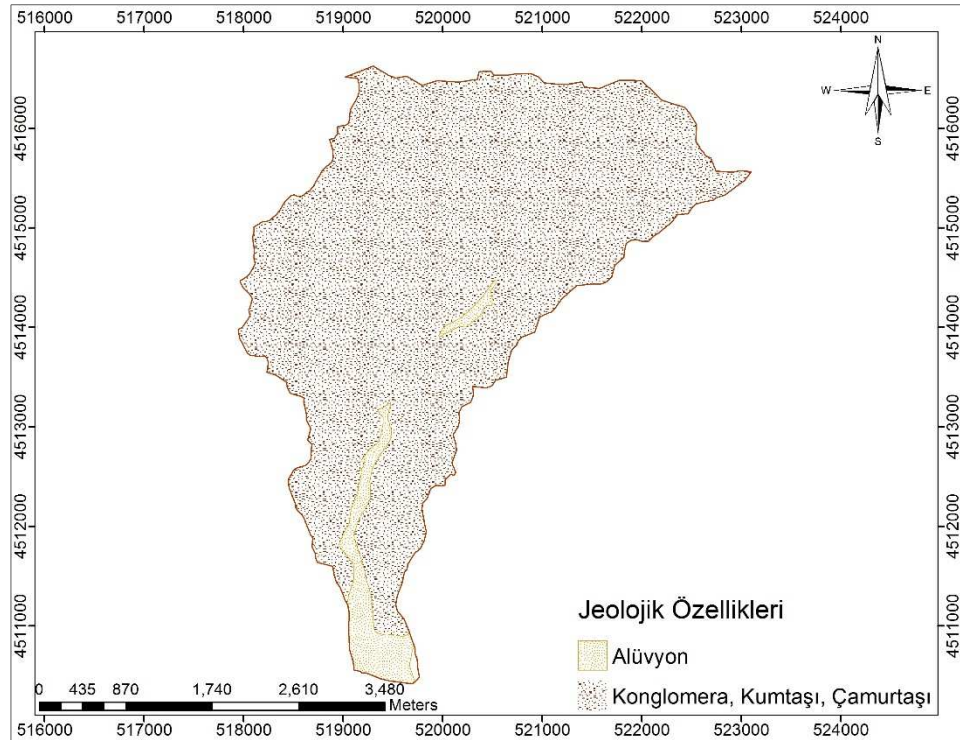
Kıtasal konum ve topografya büyük sellerin dağılımı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Taşkın ovalarının doğal gelişiminde yer alan iki ana süreç vardır. Bunlar; Erozyon ve agregasyon’dur. Bir taşkın ovasının erozyonu, toprakların bir taşkın yolu hareketi tarafından yıpranması sürecini tanımlar. Bir taşkın düzlüğünün bozulması (veya

alüvyon), taşkın tortusu, tortu çöktürürken toprak materyalinin arttığı süreci tanımlar. Dolayısıyla bir dere veya nehrin taşkın riskini değerlendirmek için havzanın jeolojik özellikleri dikkate alınmaktadır. Konglomera suyun etkisiyle yuvarlanmış, köşeli yüzeyler göstermeyen çakıl veya kaya bloklarının doğal bir madde ile çimentolaşmasından oluşur. Bunların sonucunda taşkın riski pek oluşturmaz ama alüvyon bölge oluşumuna etkisi çok fazladır. Alüvyon bölgesinde konglomera, kumtaşı ve çakıl taşı birikintisinin dere ıslağının kuruması sonucunda taşlaşır (diyajenez) taşkın riski oluşturmaz ama biriken alüvyon aşırı su gelmesiyle taşkın riski oluşturarak yol üzerindeki yapılara zarar verir.

Maden deresi havzası jeolojik olarak dört sınıftan oluşmakta olup jeolojik birimler ve kapladığı alanlar Tablo 3.3'te gösterilmektedir. Jeolojik birimlerin alandaki dağılımı ise Şekil 3.7'de sunulmuştur.

Tablo 3.3. Maden deresi jeolojik özellikleri

Nomara	Sınıf	Alan (m <sup>2</sup> )
1	Konglomera, Kumtaşı, Çamurtaşı	1308777,72
3	Alüvyon	657143,3054



Şekil 3.7. Maden deresi jeolojik haritası

### **3.2. CBS İle Geometrik Verilerin Hazırlanması**

Bir coğrafi bilgi sistemi (CBS), ilişkileri, kalıpları ve eğilimleri anlamak için verileri görselleştirir, sorgular, analiz eder ve yorumlar. CBS'nin ekonomik ve stratejik değeri hakkında giderek artan bir ilgi ve farkındalık oluşmaktadır. CBS, konum hakkında daha iyi kararlar vermek için kullanılan bir teknolojidir. Yaygın örnekler arasında emlak sitesi seçimi, güzergâh / koridor seçimi, tahliye planlaması, koruma, doğal kaynak çıkarma vb. yer hakkında doğru kararların verilebilmesi bir organizasyonun başarısı için kritik önem taşımaktadır.

Bu çalışmada ise CBS yazılımı kullanılarak ilk önce geometrik veriler üretilmiştir. Daha sonra bu veriler HEC-RAS'a aktarılıp hidrolik modellemesi yapılmıştır. HEC-RAS'tan elde edilen veriler risk haritalara dönüştürülmesi için yine CBS'ye aktararak risk haritalar hazırlanmıştır. CBS'de yapılan genel işlemlerin aşamaları aşağıdaki gibidir:

1. Sahanın TIN haritasının oluşturulması
2. Sahanın akış ağlarını oluşturulması
3. Sahanın geometrik verilerinin hazırlanması.

CBS ile elde edilen verilerin genel prosedür şeması Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

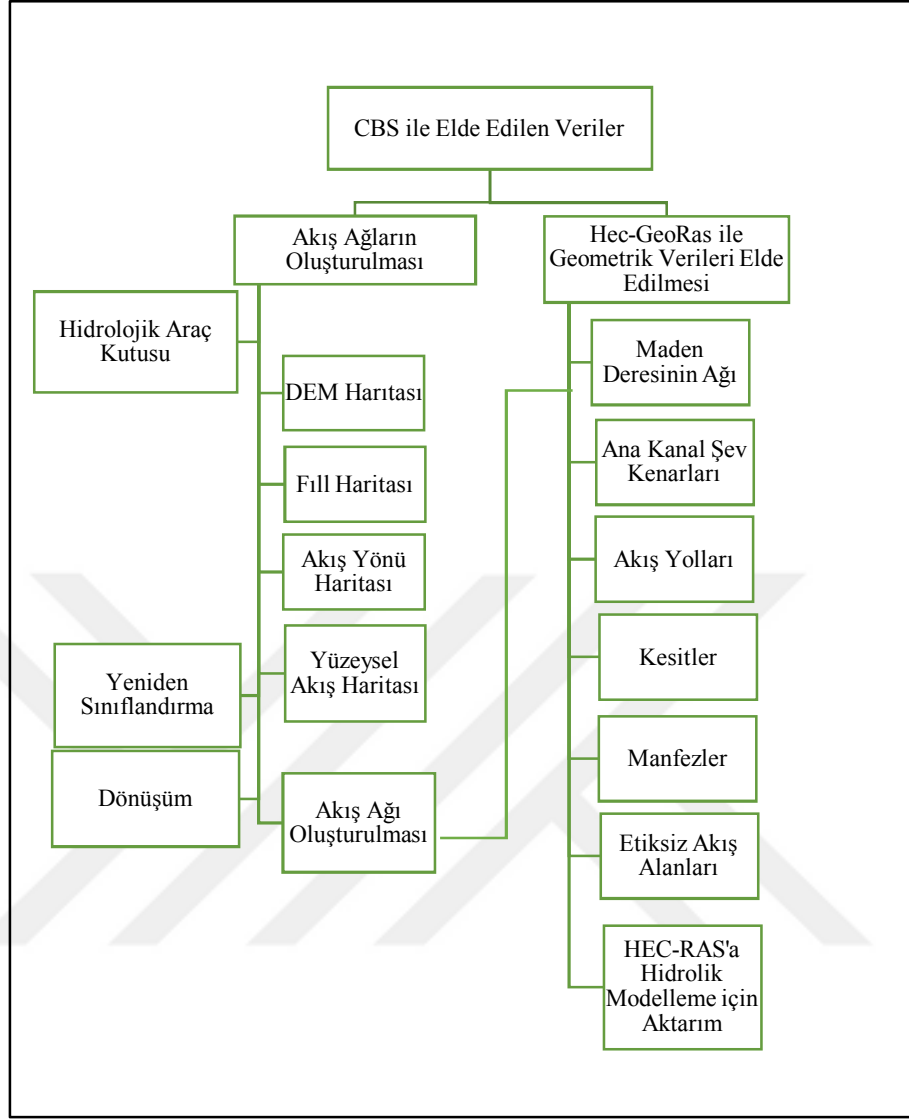
#### **3.2.1. Sahanın TIN haritasının oluşturulması**

Çalışmada TIN yüzeyi, sahayı kapsayan 8 adet pafta kullanılarak Bölüm 3.1.1'de oluşturulmuştur (Şekli 3.4).

#### **3.2.2. Sahanın akış ağının oluşturulması**

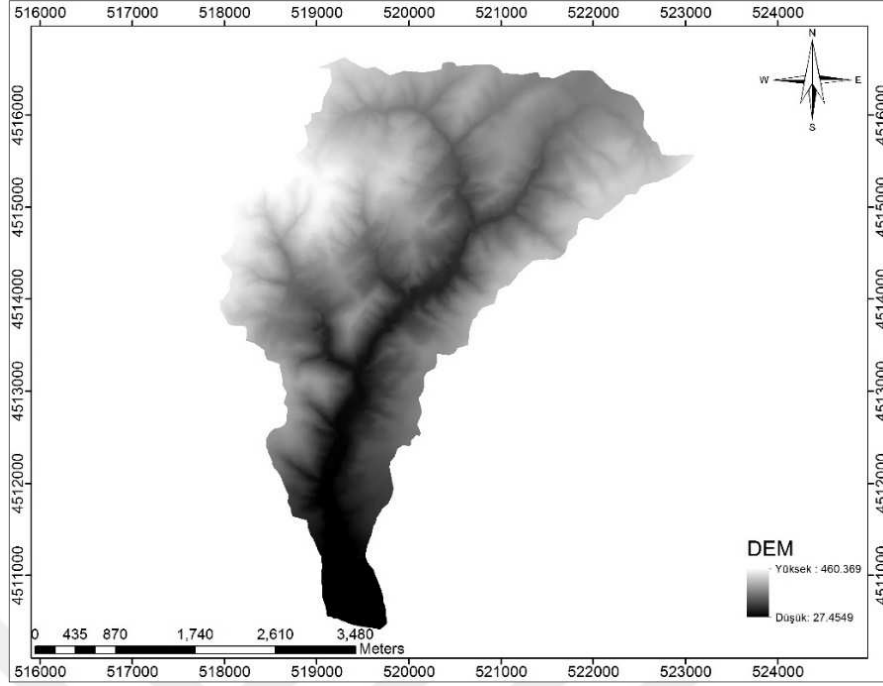
TIN yüzeyi üretildikten sonra sahanın akarsu ağının elde edilmesi için ArcMap'te yer alan Hydrology araç kutusu kullanılıp aşağıdaki aşamalar sırası ile takip edilmiştir:

1. DEM katmanı/Fill katmanı
2. Akış yönü (Flow Direction)
3. Yüzeysel akış miktarı (Flow Accumulation)
4. Yeniden sınıflandırma (Reclassify)
5. Rasterden poligona dönüşüm (Conversion from raster to polyline)



Şekil 3.8. CBS ile elde edilen genel şeması

Sayısal yükseklik modelinin (DEM), topoğrafik bir yüzey üzerinde düzenli bir z-değerleri dizisi ile gösterilmesi ile ortak bir dikey veriye atıfta bulunulur. DEM'ler tipik olarak çıplak toprak arazisini, temsil etmek için kullanılır. Bir akış ağının CBS ortamında oluşturulması için DEM verisine ihtiyaç duyulur. Bu nedenle ilk önce DEM katmanı TIN verisi kullanılarak oluşturulmuştur. DEM oluşturulması için ArcMap'tan 3D Analyst araç kutusu kullanılmıştır (Şekil 3.9).



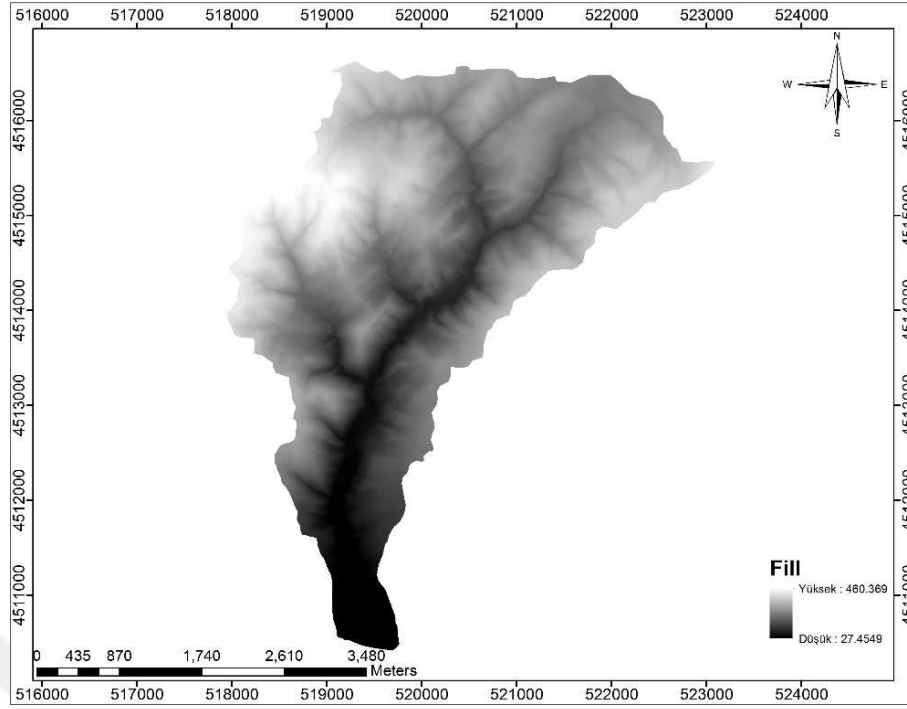
Şekil 3.9. Maden deresi DEM haritası

Zirveler genellikle, verilerin çözünürlüğü veya yüksekliklerin en yakın tam sayı değerine yuvarlanması nedeniyle oluşan hatalardır. Zirveler, havzaların ve akarsuların düzgün çizilmesini sağlamak için doldurulmalıdır. Zirveler doldurulmazsa, türetilmiş bir drenaj ağı kesintili olabilir.

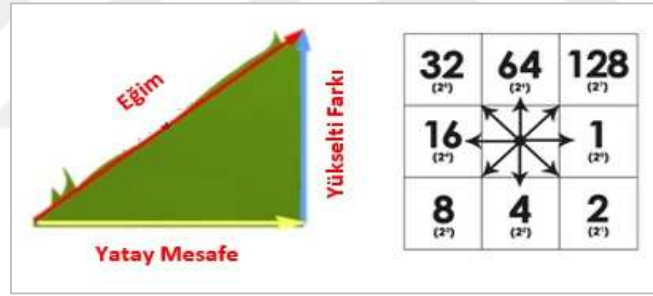
Doldurma aracı, zirve yerini belirlemek ve doldurmak için Odak Akışı, Akış Yönü, Evye, Havza ve Zonal Dolgu gibi çeşitli araçların eşdeğerlerini kullanır. Araç, belirtilen z sınırı içindeki tüm zirveler dolduruluncaya kadar yinelenmeye başlar. Zirveler doldurulduğunda, dolaşan alanların sınırlarında bir sonraki yinelenmede kaldırılan değerleri oluşturulabilir. Çalışma alanının Fill haritası Hidroloji araç kutusu kullanılarak üretilmiştir (Şekil 3.10).

Flow Direction, bir yüzeyin hidrolojik özelliklerini kullanmanın anahtarlarından biridir, rasterin içindeki her hücreden akış yönünü belirleme yeteneğidir. Akış yönü, suyun yönünü, komşu hücrelerden gelen eğimi kullanarak hesaplar. Belirli bir hücrede suyun hangi yönde akacağını belirler.

Bu genellikle her hücredeki en dik iniş yönüne göre belirlenir. Z-değeri farkı ve eğimi, en dik düşüşü anlamak için komşu hücreler arasında hesaplanır. Sekiz yönlü akma noktası modeli genellikle suyun akacağı yönü belirlemek için kullanılır.

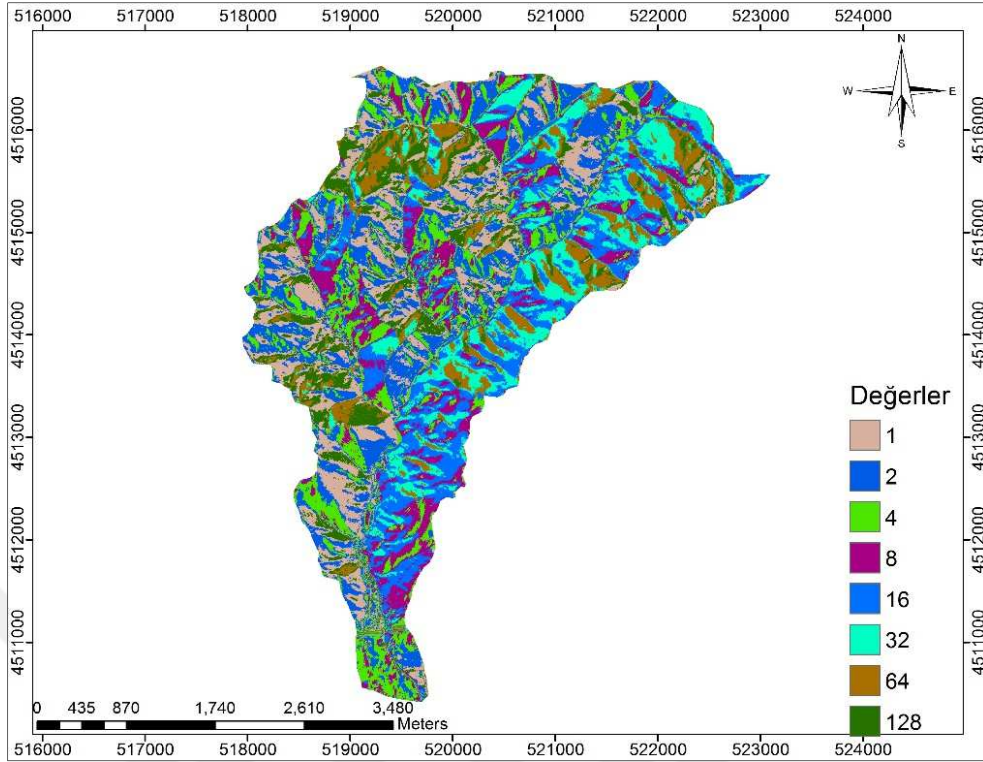


Şekil 3.10. Maden deresi Fill haritası



Şekil 3.11. Akış yönü oluşturma prosedürü

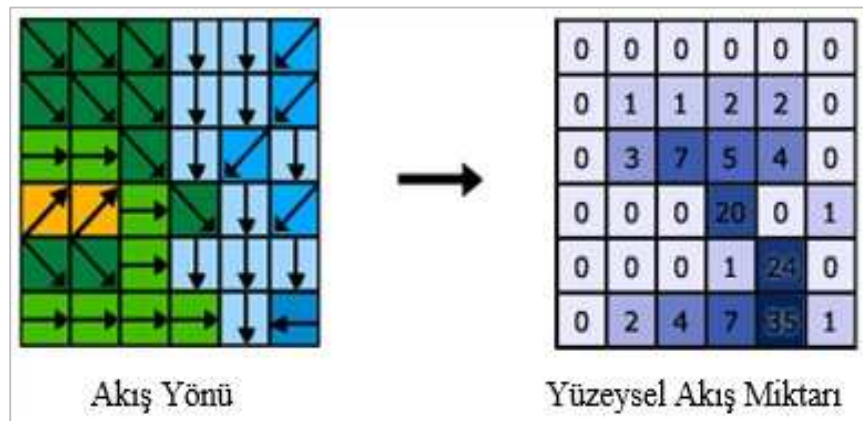
Belirli bir grid hücresinde su sekiz bitişik hücrenin bir veya daha fazlasına akabilir. Eğim, suyun bu modelde nasıl aktığı nihai faktördür. Su doğu yönünde akarken 1 değerindedir. Su batıya doğru akarken 16 değerindedir. Sekiz yönden akma noktası modelini kullanarak belirli bir noktadaki tüm 8 bitişik yön tarif edilebilir. Bu modeli bir CBS'de çalıştırırken, akış yönü aracı aşağıdaki değerleri verir: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 ve 128. Her bir değer yönü, sekiz yönlü akış noktası model şemasını kullanarak



Şekil 3.12. Maden deresi akış yönü haritası

anlaşılabilir. Çalışma alanının Akış Yönü araç kutusunu kullanılarak Şekil 3.12’de gösterdiği gibi elde edilmiştir.

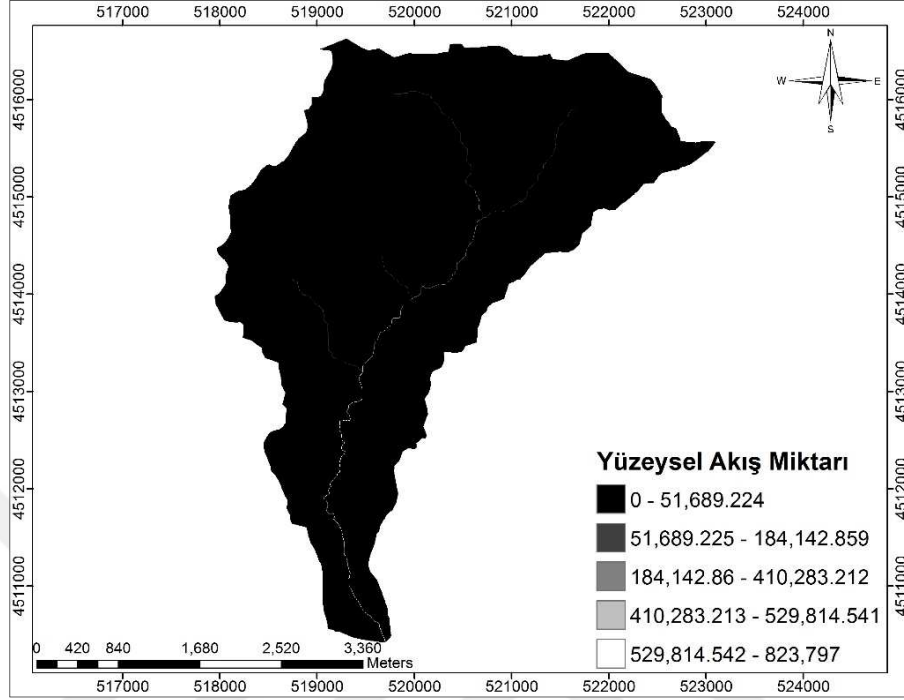
Yüzeysel akış miktarı aracı, birikmiş akışı, çıkış rasterinde her bir düşme hücreesine akan tüm hücrelerin birikmiş ağırlığı olarak hesaplanır. Ağırlık hücresi sağlanmazsa, her hücreye 1 ağırlık uygulanır ve çıkış hücreesindeki hücrelerin değeri, her hücreye akan hücrelerin sayısı olarak belirlenir (Şekil 3.13). Akış birikiminin yüksek olduğu hücreler yoğun akış alanlarıdır ve akarsu kanallarını belirlemek için kullanılabilir.



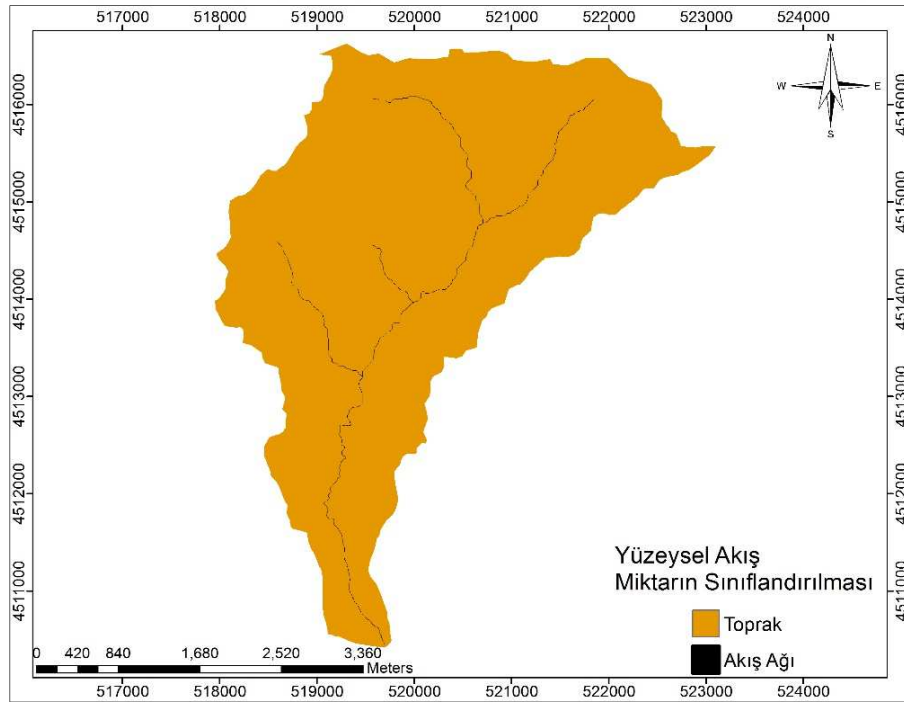
Şekil 3.13. Yüzeysel akış miktarının hesabı



Çalışma alanının yüzeysel akış miktarı da Hidrolojinin araç kutusu kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 3.14).



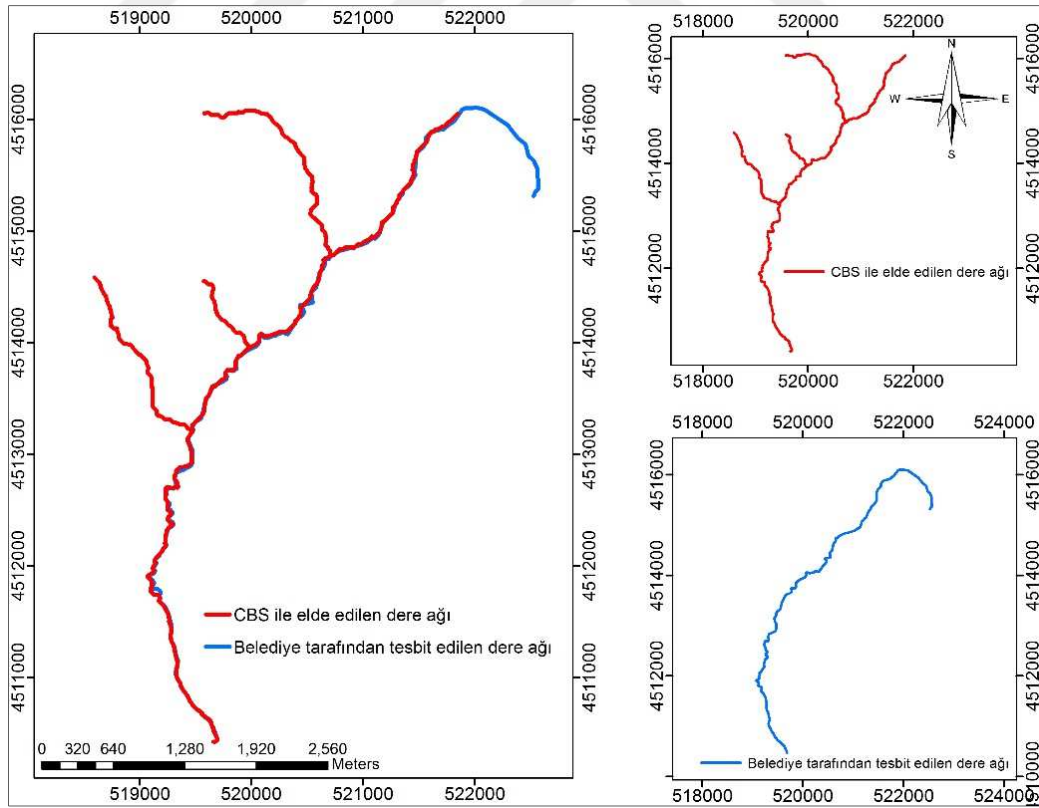
Şekil 3.14. Maden deresi yüzeysel akış miktarı haritası



Şekil 3.15. Maden deresi yüzeysel akış miktarı sınıflandırılmış haritası

Sahanın yüzeysel akış miktarını ürettikten sonra akış ağını çıkartılması için ilk önce yüzeysel akış miktarı haritasının sınıflandırması yapılır. Daha sonra akış ağı polyline formatında olduğundan dolayı elde edilen haritayı rasterden çizgiye dönüştürülmesi için dönüşüm araç kutusu (Conversion Toolbox) kullanılmıştır (Şekil 3.15). Son olarak sahanın akış ağının elde edilmesi için CBS'nin dönüşüm araç kutusu (Conversion Toolbox) kullanılarak sınıflandırılmış harita çizgiye dönüştürülmüştür.

Elde edilen akış ağının doğruluğunu kontrol edebilmek için Kocaeli Belediyesi tarafından arazi ölçüleriyle elde edilmiş olan akış ağları ve CBS ile bu çalışma kapsamında hazırlanmış akış ağları haritası karşılaştırılmış ve her iki haritanın da aynı doğrultuda, yönde ve konumda oldukları tespit edilmiştir. Çalışmalar arasındaki tek fark Kocaeli Belediyesi tarafından elde edilen haritada dere yatağının en uzun kolu dikkate alınmıştır ve derenin diğer kolları dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla CBS ile akış ağının bulunması daha doğru sonuçlar verebilmekte ve bir akış ağını oluşturan bütün kollar elde edilebilmektedir.



Şekil 3.16. Maden deresi akış ağı

### 3.2.3. HEC-GeoRAS ile geometrik verilerinin hazırlanması

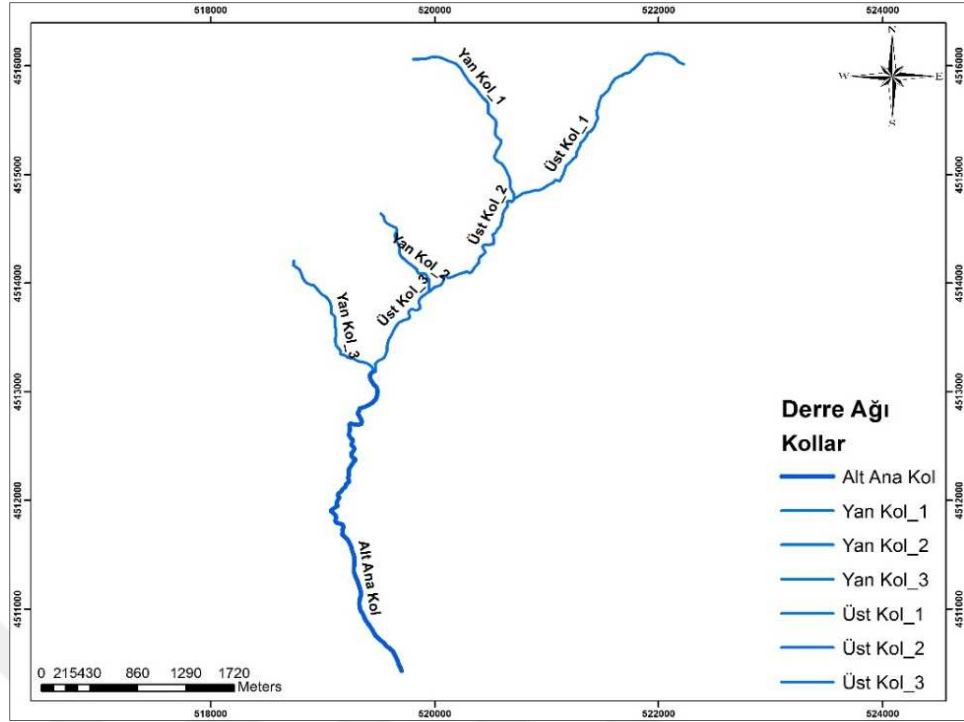
HEC-GeoRAS bir grafik kullanıcı arayüzü (GUI) ile ArcGIS coğrafi verilerinin işlenmesi için gerekli olan prosedürleri, araç ve yardımcı kısımları içermektedir. Arayüz, HEC-RAS'a için geometrik verilerin hazırlanmasında ve HEC-RAS tarafından modellenen simülasyon sonuçlarının işlenmesine izin verir.

Altlık veri olarak HEC-GeoRAS'ta oluşturulan TIN haritası kullanılarak geometrik veriler hazırlanmıştır. Dolayısıyla ilk adım TIN tanımlamasıdır. TIN'i tanımladıktan sonra bütün hazırlanacak verilerin kayıp olmaması ve aynı yerde saklanması için bir veri tabanı gerekir, bu nedenle HEC-GeoRAS ilk katmanı oluşturduğunda yeni bir veri tabanını otomatik olarak oluşturur. Yazılımda bir taşkın risk analizi için gerekli olan katmanlar bir listede hazırlanmıştır. Bu katmanlardan bazıları Poligon bazıları ise çizgisel katmanlardır. Ancak bir katmanda örnek olarak dere yatağının tanımlanması için Editor çubuğu kullanılarak katmanlar üzerinde düzenlemeler yapılabilmektedir.

HEC-GeoRAS'ta TIN'i tanımladıktan sonra ilk oluşturulması gereken katman, sahanın akış yollarının belirtilmesidir. Sahanın akış yollarının belirtilmesi için önceki aşamada elde edilen akış yolları haritası kullanılarak bu yollar çizilir. Akış yolları üst kısımdan başlamış olup alt tarafa doğru çizilmiştir. Akış yolları çizildikten sonra akış yollarının ana ve alt dalları belirtilmiştir. Burada akış yollarının ana ve alt dalları Tablo 3.4'te gösterildiği gibi tanımlanmıştır.

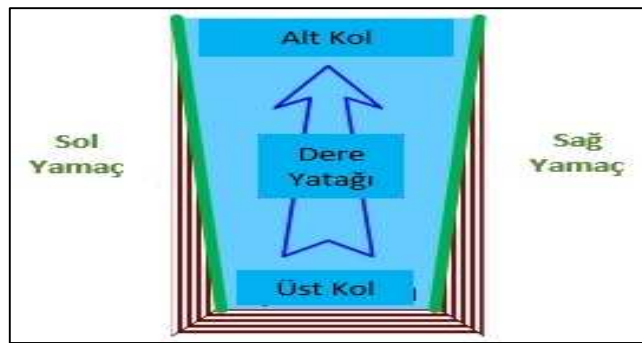
Tablo 3.4. Maden deresi akarsu ağı özellikleri

Nomara	Dere Yatağı	Kollar	Başlangıç Noktası	Bitiş Noktası	Uzunluk	Başlangıç İstasyon	Bitiş İstasyon
1	Ana Kol	Üst Kol_1	1	2	2303,67	5793,3477	8097,0181
2	Ana Kol	Üst Kol_2	2	3	1391,598	4401,75	5793,3477
3	Ana Kol	Üst Kol_3	3	4	1003,49	3398,26	4401,75
4	Ana Kol	Alt Ana Kol	4	5	3398,26	0	3398,26
5	Yan Kol_1	Yan Kol_1	6	2	1873,966	0	1873,9657
6	Yan Kol_2	Yan Kol_2	7	3	939,828	0	939,828
7	Yan Kol_3	Yan Kol_2	8	4	1404,182	0	1404,1824

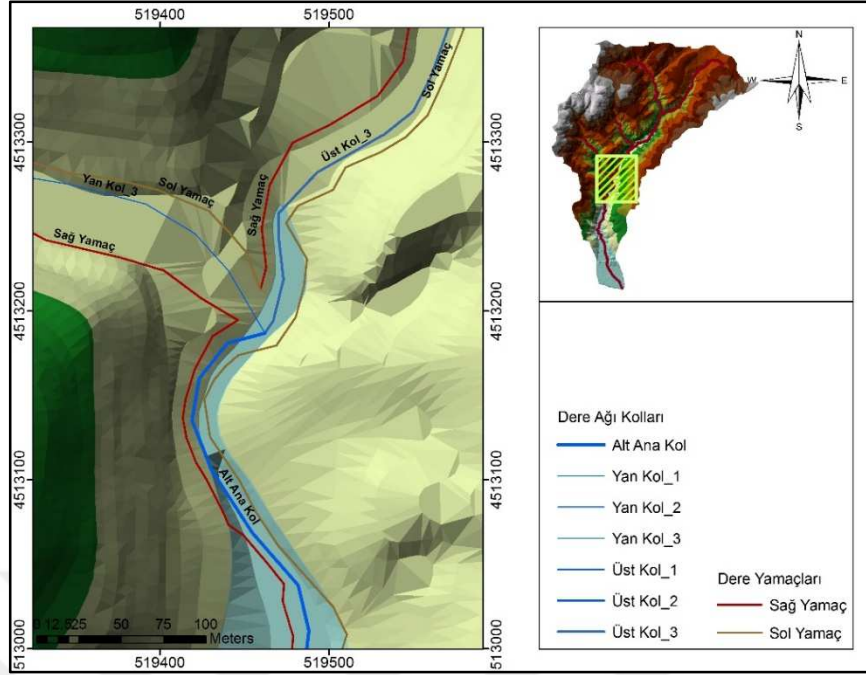


Şekil 3.17. Maden deresi ağ haritası

Akış yollarının ana ve alt dalları belirtildikten sonra dere yamaçları belirtilmiştir (Şekil 3.19). Bir akarsu veya nehir yamaçları, bir nehir, dere veya akarsu yatağının yanında kalan arazidir. Yamaçlar, kanalın arasında akışı sınırlandırılmış olarak iki yanda oluşur. Akarsu yamaçları nehirler ve akarsularla ilişkili süreçleri ve bunlarla oluşturulan mevduatları ve yeryüzü şekillerini inceleyen akarsu coğrafyasında özellikle önemlidir. Yamaçların ve sağdaki bankın bıraktığı tanımlayıcı terimler, doğru bankın gözlemcinin sağında bulunduğu aşağı akımlara bakan bir gözlemciyle ilişkilidir (Şekil 3.18). Dere yamaçları sahanın uydu görüntüsü ve sahanın TIN haritasını kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 3.18. Dere yamaçların sağ ve sol yönleri



Şekil 3.19. Maden deresi yamaçları haritası

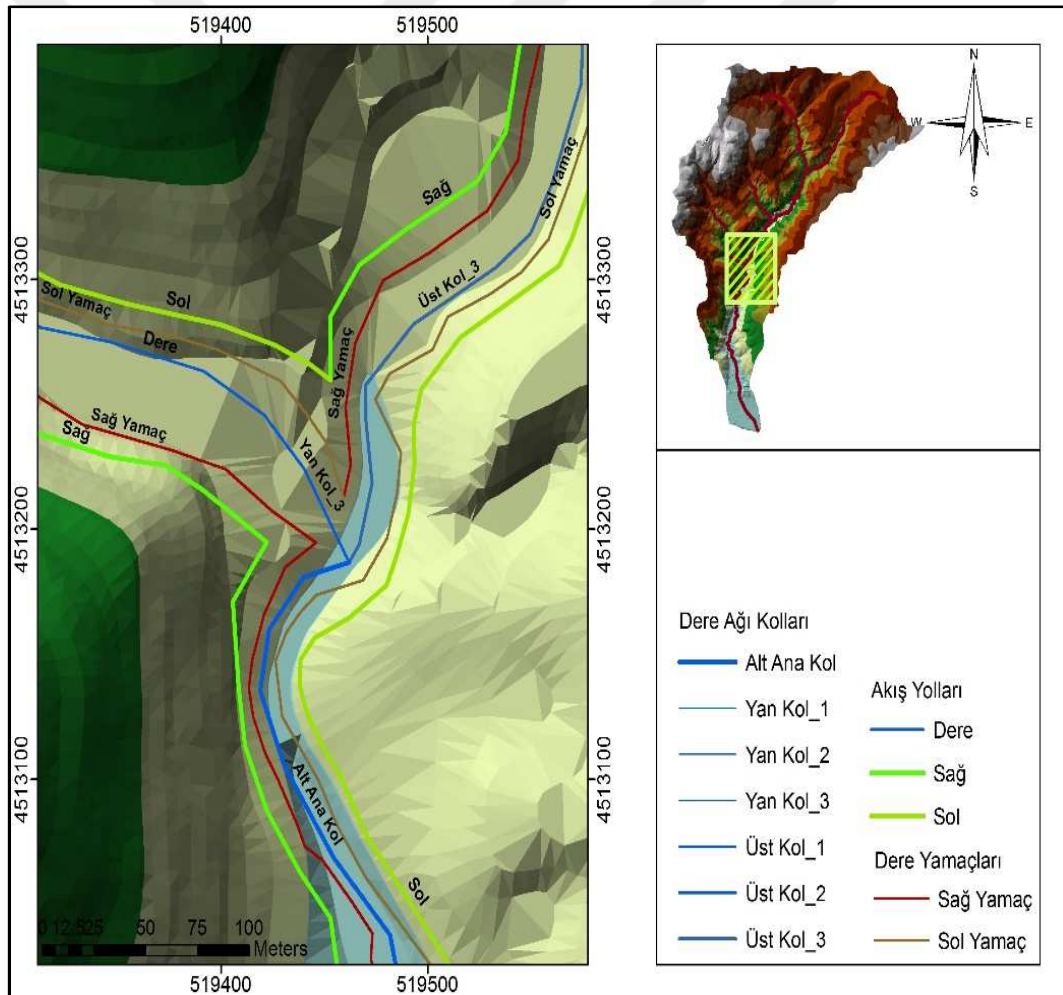
Dere yamaçları çizildikten sonra ardından akış yolları çizilmiştir. Akış yollarının katmanı üç farklı çizgiden üretilmektedir, sağ taraf, sol taraf ve ana kanal çizgisi. Bu sağ ve sol akış yolları, sağ ve sol taşkın alanlarını belirtmek ve mansaba ulaşma mesafelerinin hesaplanması için kullanılmıştır(Şekil 3.20). Tablo 3.5'te Maden deresinin akış kolları gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Maden deresi akış yolları

Nomara	Uzunluk	Çizgi Turu
1	2303,669941	Dere
2	1391,598104	Dere
3	1003,489676	Dere
4	3398,260118	Dere
5	1873,965693	Dere
6	939,828024	Dere
7	1404,182326	Dere
8	7749,651141	Sol
9	2265,700005	Sağ
10	1259,375941	Sağ

Tablo 3.5. (Devam) Maden deresi akış yolları

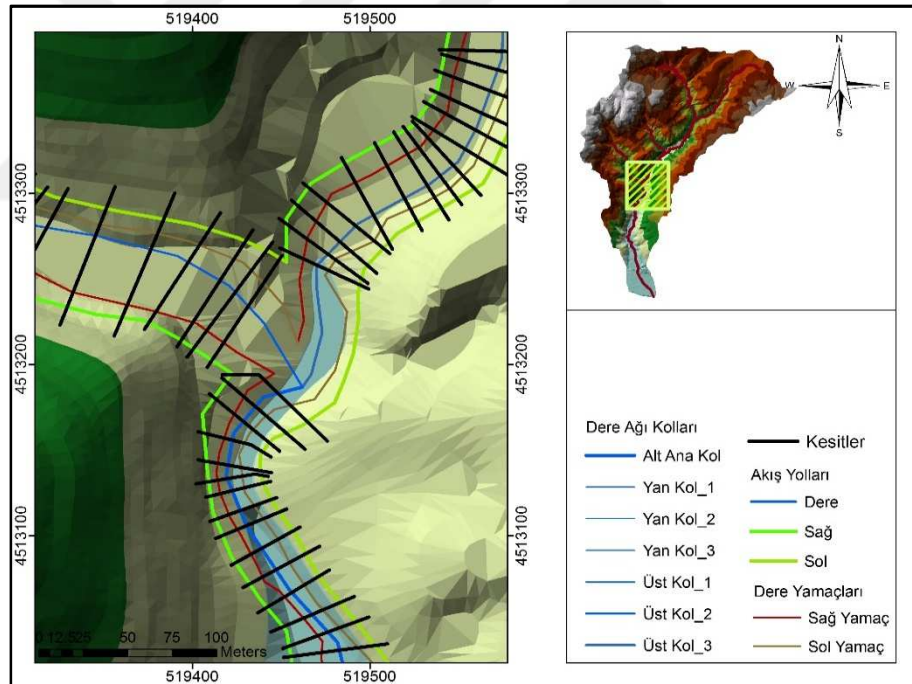
11	936,971811	Sağ
12	3452,726736	Sağ
13	1880,205003	Sol
14	1829,506288	Sağ
15	911,957864	Sol
16	894,844969	Sağ
17	1334,605519	Sol
18	1428,885818	Sağ



Şekil 3.20. Maden deresi akış yolları haritası

Akış yollarının sağ ve sol taraflarının belirlenmesinde derenin üst taraftan aşağıya doğru bakarak sağ tarafta kalan kısımlar sağ olarak ve sol tarafta kalanlar ise sol olarak adlandırılmaktadır.

Sahanın akış yollarının belirlenmesinin ardından derenin her adımda enine açısından hangi şekilde ve yükseklik olarak ne durumda olduğunu göstermek amacıyla dere yatağının enine olarak kesitleri çizilmiştir. Enine kesitleri çizmede sol taraftan başlayıp sağ tarafa doğru dere yatağına dik olarak çizgiler çizilmiştir. Genelde bu kesitleri yazılım belirli mesafelerde çizmektedir, ancak bu durumda bazı alanlarda gerekli olan kesitler çizilmeyebilir dolayısıyla bu adımda kesitler manuel olarak çizilmiştir. HEC-GeoRAS yazılımı kesitleri görme şansını sağlayıp her kesitin çizilmesiyle o çizgiyi görme şansını da vermektedir. Böylelikle her kesitin ne durumda olduğu bilgisi sağlanmış olacaktır. Sahanın enine kesitleri Şekil 3.21’te gösterilmektedir.



Şekil 3.21. Maden deresi kesit haritası

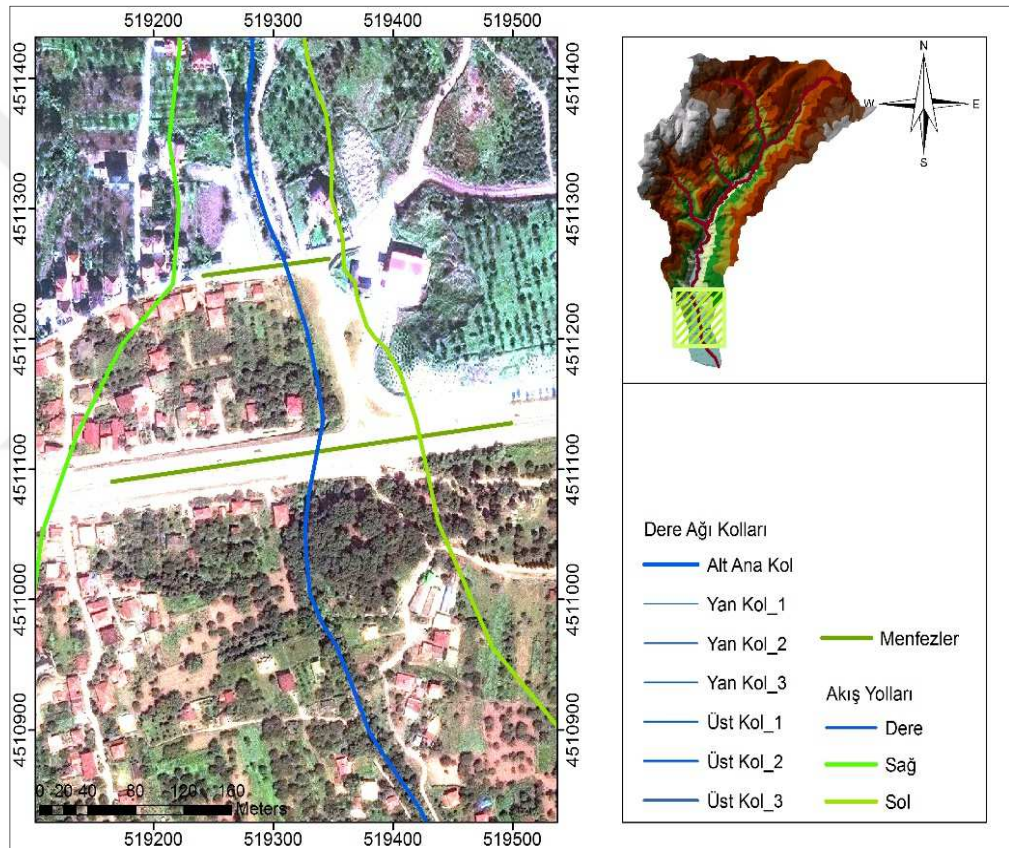
Hidrolik hesaplamaları için gerekli olan Manning's n değeri için Kocaeli Belediyesi tarafından hesaplanmış olan değerler dikkate alınmıştır. Bu kısımda genel olarak toprakla kaplı alanları için 0,013, kanal alanlarında ise 0,016 değeri alınmıştır.

Sonraki adım ise sahanın menfezlerinin belirlenmesidir. Çalışma alanında iki adet menfez mevcuttur. Hidrolojik hesaplamalar için menfezlere bağlı olarak üç adet kesit

çizilmesi gerekmektedir, dolayısıyla kesitleri çizerken bu konu dikkate alınarak çizilmiştir. Menfezleri çizmede hava fotoğrafları kullanılmıştır ve merkez kesit belirlendikten sonra çizilmiştir (Şekil 3.22).

Tablo 3.6. Maden deresi menfez öznetelik tablosu

Veri Şekli	No	Çizgi Uzunluğu	HidroNo	Dere Yatağı	Kol	İstasyon	Üst Uzunluk
Polyline	1	105,8369	2608	Ana Kol	Alt Ana Kol	957,2968	10,5
Polyline	2	336,9208	2609	Ana Kol	Alt Ana Kol	808,7255	37,5



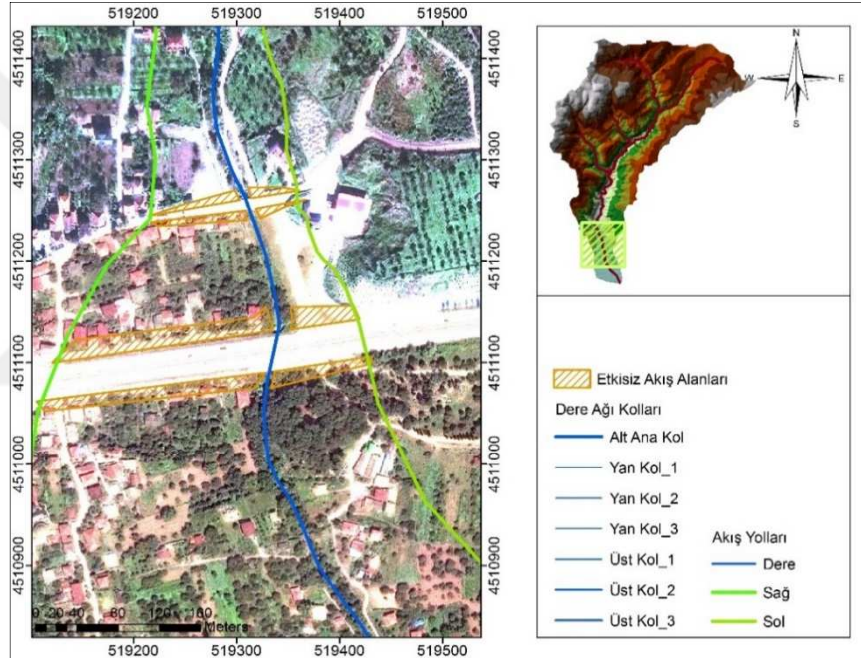
Şekil 3.22. Menfez haritası

Etkisiz akış alanları (Ineffective Flow Areas), taşkın alanının taşınmayan alanlarını (su bulunan fakat akışsız / sıfır hız) tanımlamak için kullanılır. Örneğin, daralma ve genişleme bölgelerini temsil eden köprü abutmentlerinin arkasındaki alanlar etkisiz akış alanları olarak düşünülebilir. Burada ise etkisiz akış alanları iki menfez için çizilmiştir (Şekil 3.23).



Tablo 3.7. Maden deresi etkisiz akış alanları tablosu

Veri Şekli	Nomara	Uzunluk	Alan	HidroNO
Polygon	1	167,214976	1138,469136	1657
Polygon	2	463,774282	3584,45057	1658
Polygon	3	458,444998	2621,733139	1659
Polygon	4	218,656342	1094,582136	1660
Polygon	5	108,940299	323,576131	2612
Polygon	6	187,436788	513,420806	2613
Polygon	7	108,101638	227,400684	2614
Polygon	8	196,512266	646,483422	2615

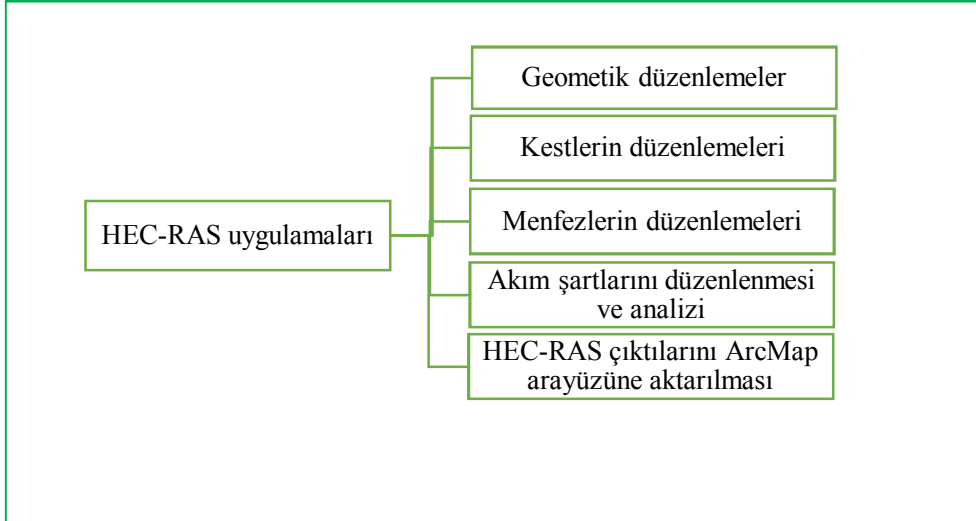


Şekil 3.23. Maden deresi etkisiz akış alanların haritası

Sahanın geometrik verileri böylelikle üretilmiş olup hidrolik hesaplamaları için HEC-RAS'a aktarılması gerekmektedir. Ancak HEC-RAS'a aktarılmadan önce ilk olarak katman ayarlarının yapılması gerekmektedir. Sahanın aktarılacak katmanlar akış yolları, dere Ağı, arazi kullanımı, etkisiz akış alanları, menfezlerdir.

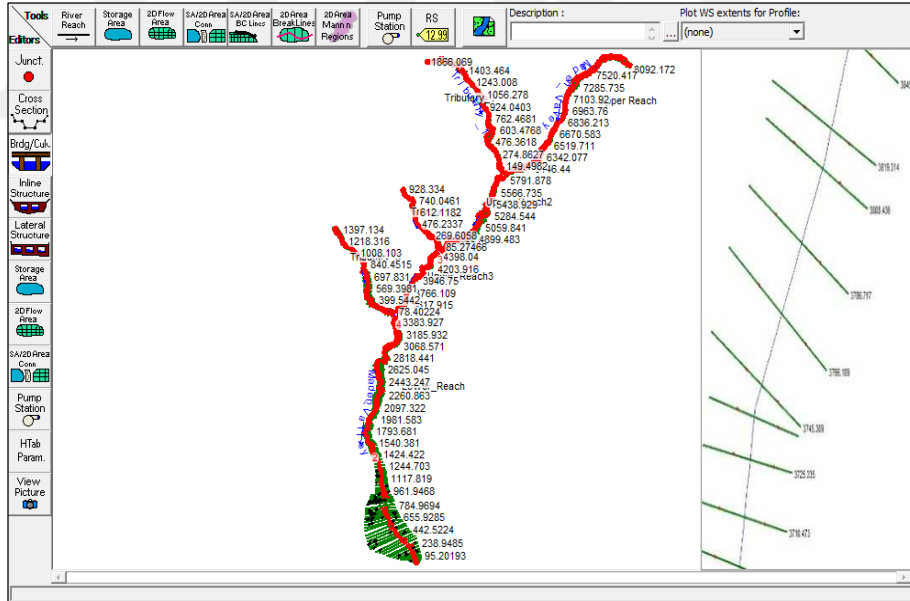
### 3.3. HEC-RAS İle Hidrolik Modelleme

Sahanın geometrik verileri CBS ortamında HEC-GeoRAS yardımıyla hazırladıktan sonra HECRAS yazılımına hidrolik modelleme için aktarılmıştır. HEC-RAS'ta genel olarak yapılmış olan işlemleri Şekil 3.24'te gösterilmiştir.



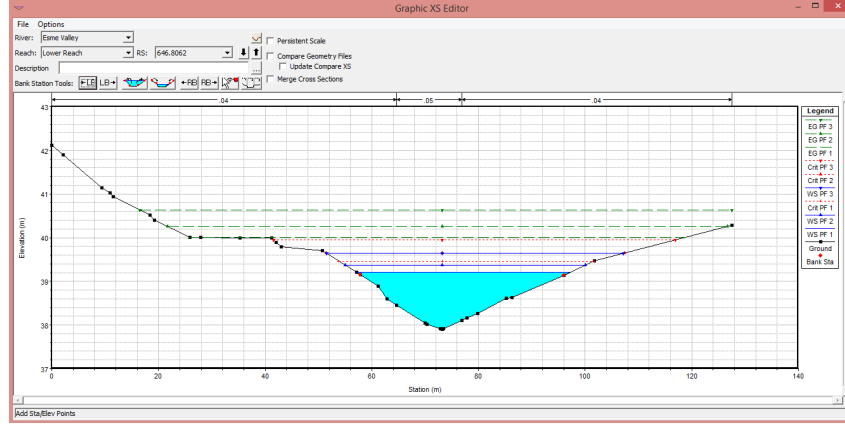
Şekil 3.24. HEC-RAS yazılımında yapılan işlem akış şeması

HEC-RAS yazılımına aktarılırken ilk yapılması gereken birim ayarlamasıdır. Birimi seçtikten sonra aktarılmış olan proje kayıt edilerek geometrik düzenlemeler yapılmıştır.



Şekil 3.25. HEC-RAS yazılımında geometrik editör

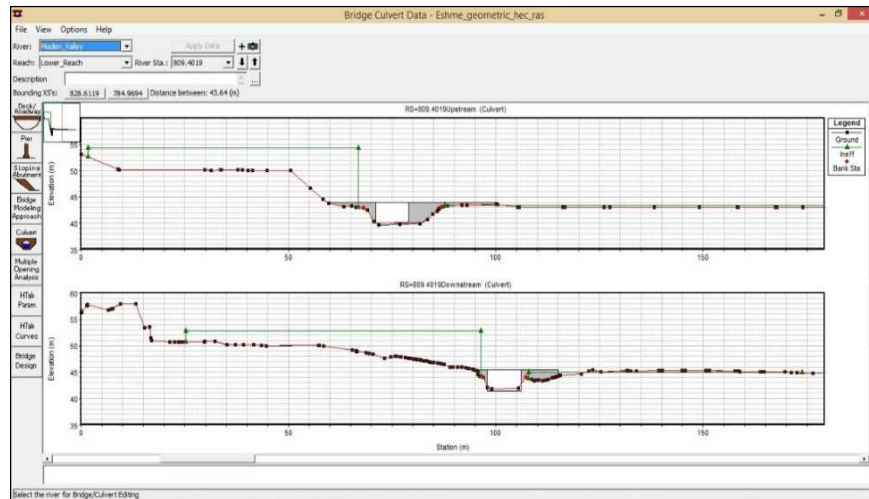
HEC-RAS'ta geometrik düzenlemeler dere yatağının konumunun kontrol edilmesi, dere yamaçlarının konumlarının kontrol edilmesi ve kesitlerin düzenlemeleri gibi işlemleri içermektedir.



Şekil 3.26. HEC-RAS yazılımında çalışma alanı kesit örneği 646,806 istasyonu

Bütün kesitler tek tek kontrol edilerek gerekli olan düzenlemeler yapılmıştır. Kesitler düzenledikten sonra akarsu üzerinde var olan yapıların düzenlemeleri yapılmıştır. Çalışma alanında yapısal anlamda menfezler var olduğu için menfezlerin düzenlemeleri yapılmıştır.

Menfezler için gerekli düzenlemeler üst ve aşağıdaki kesitlerin düzenlemelerini içermekte olup menfezlerin boyları ve Manning's n değeri gibi değerler eklenerek yapılmıştır. Burada Kocaeli Belediyesi tarafından beton için hesaplanan 0,016 Manning's n değeri kullanılmıştır.

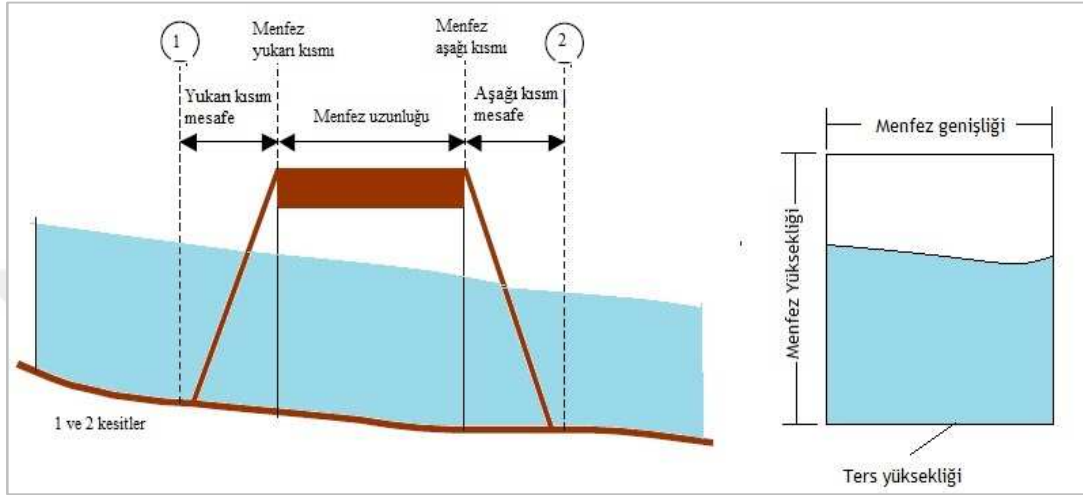


Şekil 3.27. Çalışma alanının HEC-RAS yazılımında menfez kesit örneği 809,401 istasyonu

Menfez düzenlemelerinde üst ve alt kesit detayları Tablo 3.8'deki gibi düzenlenmiştir.

Tablo 3.8. HEC-RAS yazılımında menfez düzenleme örneği

Menfez Adı	Genişlik	Yükseklik	Üst Kesiti ile Mesafesi	Menfez Uzunluğu	Manning's N Değeri	Aşağı akımın Ters Yüksekliği	Yukarı Merkezi İstasyon	Aşağı Merkezi İstasyon
1	10 m	5 m	0,15 m	37,5 m	0,016	40 m	75 m	102 m



Şekil 3.28. Menfez detayları

Bu tabloda her bir menfez için yukarı akıma olan mesafe (Distance to upstream XS), menfez uzunluğu (Culvert length), Manning's n değeri, yukarı akım ters yüksekliği (Invert Elevation), aşağı akım ters yüksekliği (Downstream invert elevation) ve yukarı ve aşağı akım merkez çizgi istasyonu (Up and Downstream centerline stations) gibi detaylar yer almaktadır.

Menfezlerin düzenlemeleri yapıldıktan sonra akım şartları düzenlemeleri ve akım analizi yapılmıştır. İstenen sonuçları hesaplamak için programı çalıştırmadan önce, sistemdeki akış miktarı belirli sınır koşullarıyla birlikte girilmelidir. Bir sistem üzerinden akan miktar, yapılan çalışma türüne bağlı olacaktır. Hangi sınır koşullarının gerekli olduğunu belirlemek, sistemin koşullarına ve çalıştırılan modelin türüne bağlıdır. Modeli çalıştırmak için seçenekler kararlı ve kararsız akış analizi olup bunların her biri içinde, kritik olmayan akış, kritik akış veya karışık akış rejimini modellemek için seçenekler bulunmaktadır.

Kararlı akım su yüzü profilleri hesaplanması sadece ana kanal için yapılabildiği gibi dendritik veya loop sisteminde olduğu gibi tüm akarsu ağı içinde yapılabilmektedir. Temel hesaplama prosedürü bir boyutlu enerji denkleminin çözümü ile

sağlanmaktadır. Kanal üzerindeki yapıların su yüzü profilleri hesaplanabilmektedir. Kararlı akım simülasyonu genellikle taşkın düzlüğünün yönetilmesi, taşkın sigortası, taşkınımın nereye kadar ulaşacağı ve kanal tabanı ile kıyılarda alınabilecek önlemlerin su yüzü profilini nasıl etkileyeceğini belirlemek amacıyla yapılmaktadır.

Kararlı akım su yüzü profilinin hesaplanması için profil hesaplama denklemleri, enkesit tasıma hesaplamaları, ana kanal için kompozit manning n formülü, hız ağırlık katsayısı, sürtünme kayıpları değerlendirmesi, daralma ve genişleme kayıpları ve kararlı akım modeli için sınırlamalar bulunmaktadır [18].

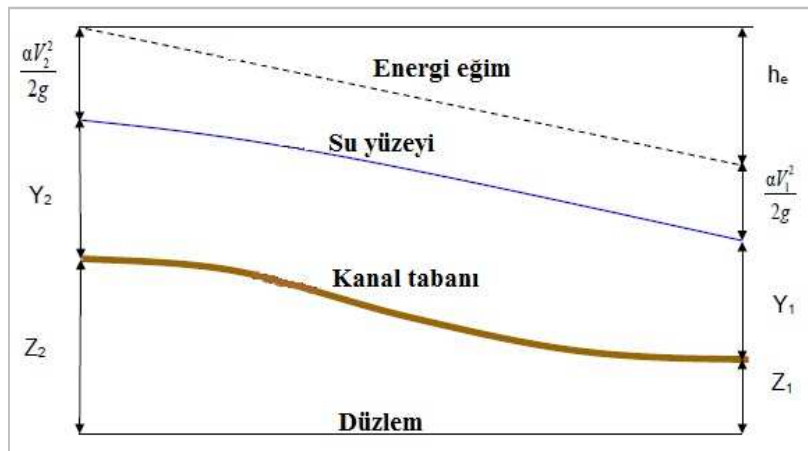
Kararlı akım simülasyonunda bir enkesitten diğerine su yüzü profilinin hesabı standart adım yöntemi olarak adlandırılan iteratif olarak enerji denklemi ile yapılmaktadır.

Enerji denklemi;

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 + V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 + V_1^2}{2g} + h_e \quad (3.1)$$

Şeklinde yazılmaktadır. Formülde;

- Y1, Y2 : Enkesitlerdeki su derinliği
- Z1, Z2 : Ana kanal yüksekliği (elevation of the main channel invert)
- V1, V2 : Ortalama hızlar (toplam deşarj/toplam akım alanı)
- $\alpha_1, \alpha_2$  : Hız ağırlık katsayıları
- g : Yerçekimi ivmesi



Şekil 3.29. Enerji denklemindeki öğelerin şematik gösterimi

$h_e$  : Enerji hareket kaybı (Energy head loss)'nı göstermektedir.

İki enkesit arasındaki enerji hareket kaybı (Energy head loss) ( $h_e$ );

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 + V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 + V_1^2}{2g} \right| \quad (3.2)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

Formülde;

$L$  : iki en kesit arası deşarj ağırlıklı uzunluk (discharge weighted reach length)

$\bar{S}_f$  : iki enkesit arasını temsil eden sürtünme eğimi

$C$  : daralma veya genişleme katsayısı

$L$  ise şu formül ile hesaplanmaktadır;

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad (3.3)$$

Formülde;

$L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$  : sırasıyla sol kıyı üst çizgisi, kanal ve sağ kıyı üst çizgisi için iki enkesit arası mesafe

$\bar{Q}_{lob}, \bar{Q}_{ch}, \bar{Q}_{rob}$  : sırasıyla sol kıyı üst çizgisi, kanal ve sağ kıyı üst çizgisi için enkesitlerdeki akımın aritmetik ortalamasıdır.

Her bir en kesitteki toplam taşıma (conveyance) ve hız katsayısının belirlenmesi için akımın uniform olarak dağıldığı varsayılarak alt birimlere bölünmektedir. HEC-RAS yaklaşımında akımın kıyı (sağ ve sol) alanlarına alt bölümlere ayrılması girdi enkesitindeki  $n$ -değeri kırılma noktası ( $n$ -değerinin değiştiği yer) kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 3.31). Her alt bölümdeki taşınmanın hesaplanması manning eşitliği ile belirlenmektedir [19];

$$K = \frac{1,486}{n} AR^{2/3} \quad (3.4)$$

$$Q = KS_f^{1/2} \quad (3.5)$$

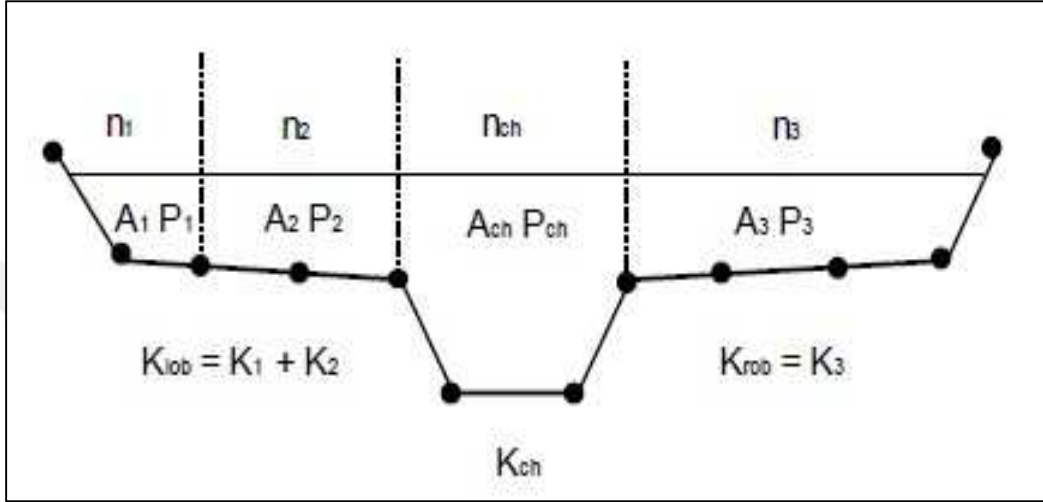
Formülde;

K : alt bölüm için taşınma

n : alt bölüm için Manning pürüzlülük katsayısı

A : alt bölüm alanı

R : alt bölüm için hidrolik yarıçap



Şekil 3.30. HEC-RAS alt bölüm taşıma yöntemi

HEC-RAS sağ ve sol kıyıdaaki taşımaları sağ ve sol kıyılara ait alt bölümlerin taşımalarını toplayarak yapmakta ana kanal taşımalarını ise tek taşıma ögesi olarak bir defada hesaplamaktadır. En kesite ait toplam taşıma ise sağ kıyı, sol kıyı ve ana kanalın taşımalarının toplamından hesaplanmaktadır [19];

$$n_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3} \quad (3.6)$$

Formülde;

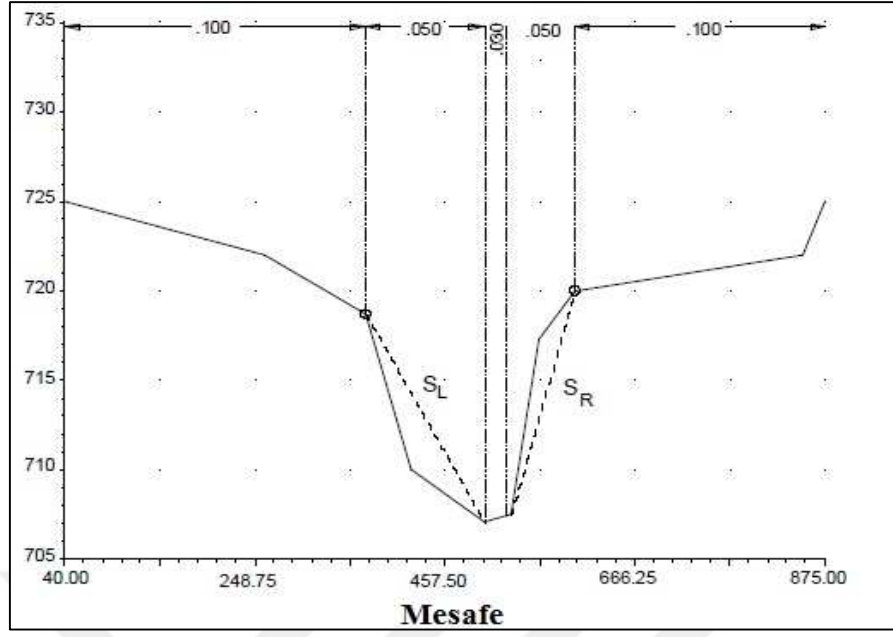
$n_c$  : Kompozit veya eşdeğer pürüzlülük katsayısı

P : ıslak çevre

$P_i$  : i.ci alt bölüm için ıslak çevre

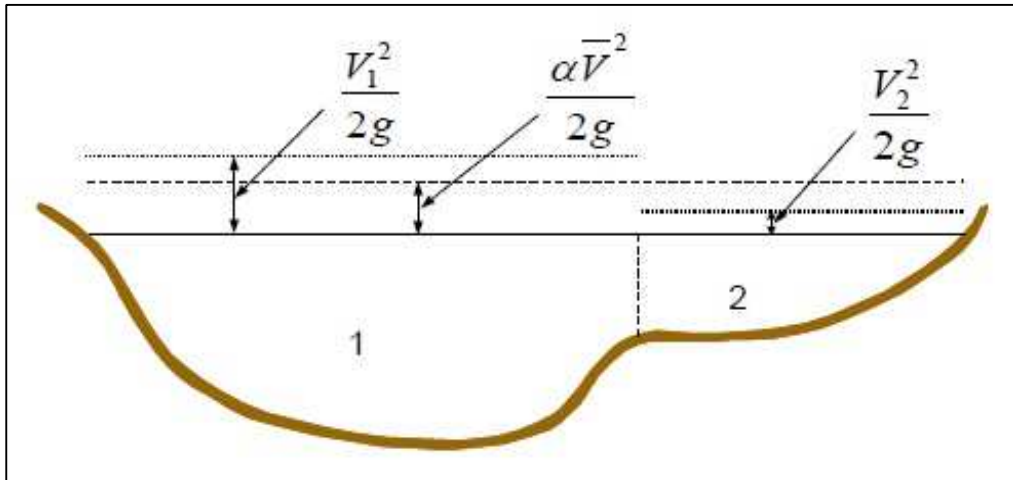
$n_i$  : i.ci alt bölüm için pürüzlülük katsayısı

Kanal yan yüz eğimi ise ana kanaldaki en yakın iki n-değeri istasyonunun yatay mesafesinin kot farkına oranı olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.32).



Şekil 3.31. Kompozit  $n_c$  hesaplaması için yan yüz eğimlerinin tanımlanması

Ortalama Kinetik Enerji Yüğü (Head) Değerlendirilmesi: HEC-RAS bir boyutlu su yüzü profil hesaplama yazılımı olduğu için her en kesitte ancak bir su yüzü profili dolayısıyla bir ortalama enerji hesaplayabilmektedir. Verilen su yüzü yüksekliği için ortalama enerji söz konusu en kesitin üç alt bölümünün (sağ kıyı, ana kanal, sol kıyı) akım ağırlıklı enerjisinden hesaplanmaktadır. Örnek olarak Şekil 3.25'te verilen en kesitte ana kanal ve sağ kıyı (sol kıyı yok) hesaba katılarak ağırlıklı enerjinin nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir [18].



Şekil 3.32. Ortalama enerjinin belirlenmesi



Sekil 3.25'te V1, 1 numaralı alan için ortalama hız ve V2, 2 numaralı alan için hızı göstermektedir.

Hız katsayısı e, aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_n V_n^2}{Q V^2} \quad (3.7)$$

Sürtünme Kaybı Değerlendirilmesi: HEC-RAS'ta sürtünme kaybı  $S_f$  (sürtünme eğimi) ve L (deşarj ağırlıklı uzunluk) tarafından belirlenmekte ve sürtünme eğimi her en kesit için aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [19];

$$S_f = \left[ \frac{Q}{K} \right]^2 \quad (3.8)$$

Daralma ve Genişleme Kaybı Değerlendirilmesi: HEC-RAS'ta daralma ve genişleme kaybı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır;

$$h_{ec} = C \left| \frac{\alpha_2 + V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 + V_1^2}{2g} \right| \quad (3.9)$$

Formülde;

C : daralma /genişleme katsayısıdır.

Kararlı Akış (Steady Flow) için Sınırlamalar: Kararlı akım için sınırlama ve kabuller şöyle sıralanabilir: akış kararlıdır, kanalda akış değişimi çok hızlı değildir (köprü, menfez gibi hidrolik yapılar hariç) [19].

Açık kanal akımları farklı yollardan sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmada, zaman ve mekân boyutunda akım derinliğinin değişimlerine bağlanmaktadır. Düzenli ve düzensiz akımlar açık kanalların su derinliğinin değişimlerine, zaman aralıklarına bağlı olarak sabit olup olmadığına göre ayrıt edilmektedir.

Bu çalışmada ise akım derinliği zamanla değişmekte olup düzensiz akım sınıfına dahil olur ancak düzenli akım analizi gerçekleştirilebilmesi için ani akım değerlerine ihtiyaç duyulur, ama sahada bu değerleri kayıt etme şansı olmadığı için analiz türü düzenli/kararlı akım olarak seçilmiştir.

Çalışmada akım tipini belirlendikten sonra akım profil sayısı, akım miktarı ve akım sınır şartları belirlenmiştir. Akım profil sayısı sahadaki tekrarlar sıklıklarına göre oluşturulan modellere göre seçilmektedir. Burada ise tekrarlar sıklığı üç periyoda göre seçilip 25, 50 ve 100 yıllık tekrarlar sıklığı seçilmiştir. Kocaeli Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından sentetik metoduna göre hesaplanan taşkın debi değerleri kullanılmıştır (Tablo 3.9). Sentetik metodu uzun süreli güvenilir akım rasatları bulunmayan akarsu havzalarından gelebilecek taşkın değerlerinin hesaplanmasını sağlamaktadır.

Tablo 3.9. Maden deresi taşkın periyotlu debi değerleri

Taşkın Debi Sıklıkları	Q25 (m <sup>3</sup> /s)	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	Q100 (m <sup>3</sup> /s)
Değerler	75	102,50	135,50

Sınır şartları taşkın periyotlu debi değerleri ekledikten sonra Reach Boundry Condition araç kutusu kullanılarak sınır şartları belirlenmiştir. Sınır şartları seçiminde üç farklı seçenek mevcuttur, onlar kritik derinlik, normal derinlik ve bilinen su yüzeyidir. Genelde normal derinlik kullanılır ve değer olarak da akım yolunun eğimi girilmektedir. Ama çalışma alanımızda su seviyesi ne normal ne de bilinen yüzeye sahip olmadığı için kritik derinlik kullanılmıştır.

Sınır şartları belirlendikten sonra akım analizi yapılmıştır. Burada dikkate alınan konular akım rejimin tipidir. Akım rejim tiplerinin sel rejimi, kritik rejimi ve nehir rejimi olarak sınıflandırılmaktadır. Maden deresinin rejimi sel olduğu için rejim tipi ise sel rejimi seçilerek akım değerlendirilmesi yapılmıştır.

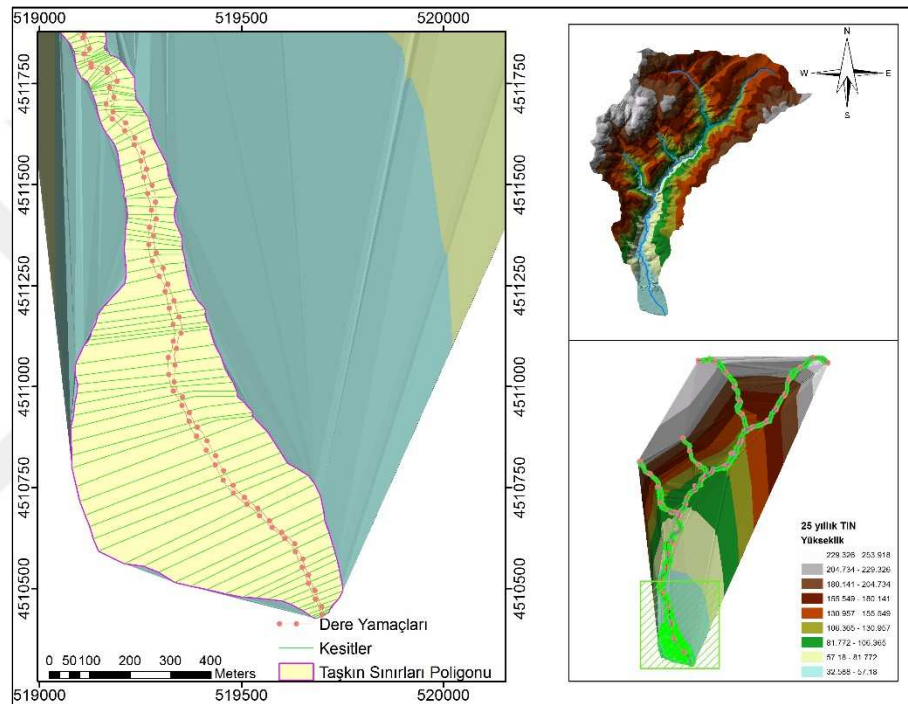
Akım analizi yapıldıktan sonra yapılan analizi görsel olarak gösterilmesi için CBS ortamına aktırılması gerekmektedir. Dolayısıyla her bir tekerrür debisi için yapılan analizleri bire bir seçilerek CBS ortamında SDF formatına aktırılmıştır.

#### **3.4. CBS Ortamında Taşkın Risk Haritalaması**

Hidrolik modellemesinden sonra elde edilen sonuçların görsel hale getirilmesi için CBS ortamına aktırılmıştır. CBS ortamında HEC-GeoRAS'ta işlenmesi için ilk önce HEC-GeoRAS uzantısına uygun olması gerekmektedir. Dolayısıyla HEC-GeoRAS

uzantısı .xml olduğu için, ilk önce HEC-RAS'tan elde edilen .sdf dosyasını .xml'e dönüştürülmüştür.

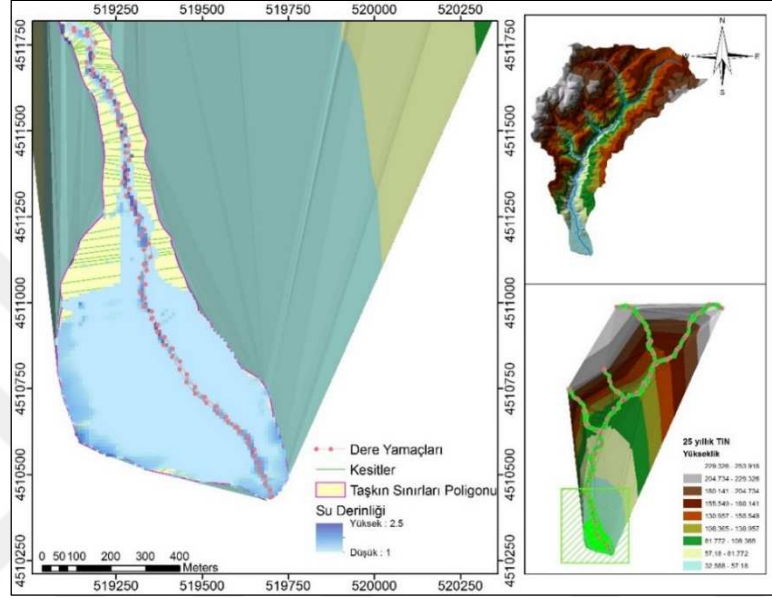
Daha sonra HEC-GeoRAS'ta yer alan RAS-Mapping araç kutusu kullanılarak her bir modelin su yüzeyine ait yükselti seviyeleri oluşturmuş ve TIN haritaları elde edilmiştir. Böylelikle HEC-GeoRAS ile taşkın alanı sınırlandırılmıştır. Bu aşamada kesit çizgilerinin son noktaları bağlanarak ve diğer genel, etkisiz akış alanları gibi katmanlar da dikkate alınarak taşkın alanı oluşturulmuştur (Şekil 3.33).



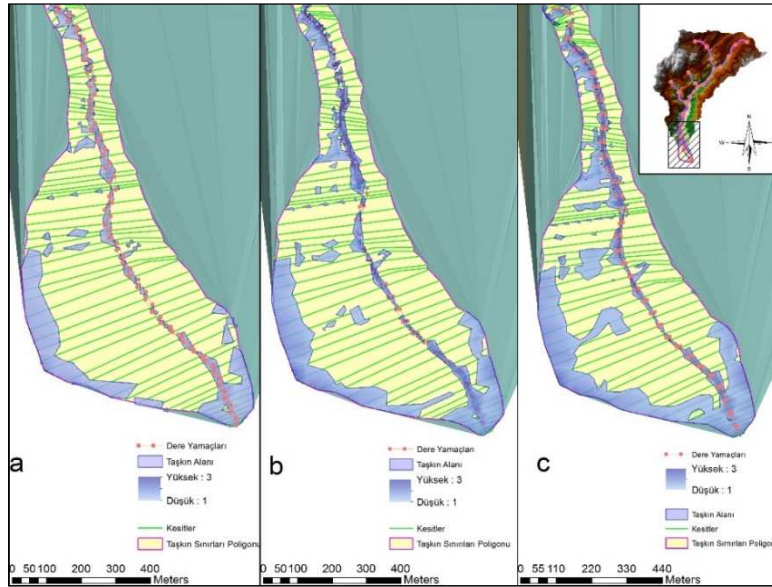
Şekil 3.33. HEC-GeoRAS ile taşkın alanının sınırlandırılması

Taşkın alanı belirlendikten sonra son aşama ise taşkın yatağının oluşturulmasıdır. Çalışma alanına ait ıslah öncesi için 25 yıllık periyot için taşkın yatağı haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanında Kocaeli Belediyesi tarafından ıslah çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yapılan ıslah çalışmalarının etkisini analiz edebilmek için, ıslah sonrası dere yatağının yeni topoğrafik özellikleri dikkate alınarak 25, 50 ve 100 yıllık periyotlar için taşkın yatağı haritaları oluşturulmuştur (Şekil 3.35). Taşkın yatağı haritalarının belirlenmesi için HEC-GeoRAS programından RAS Mapping menüsünden Floodplain Delineation komutunu kullanılarak taşkın yatağı haritası oluşturulmuştur. Her bir debi için bu aşamalar bire bir uygulanmıştır. Bu aşamada su yüzeyini temsil eden TIN harita GRID formatına dönüştürülmüş ve elde

edilen GRID formatlı harita, arazi kotlarını temsil eden GRID formatlı haritadan çıkarılmıştır. Su yüzeyinin arazi kotlarından büyük olduğu pozitif değerler taşkın yatağını göstermekte olup negatif değerler ise kuru alanları temsil etmektedir. Çıkarma işleminden sonra pozitif değerlerle sonuçlanan su yüzeyi GRID haritasındaki bütün hücreler poligona dönüştürülerek son taşkın yatağı belirlenmiştir.



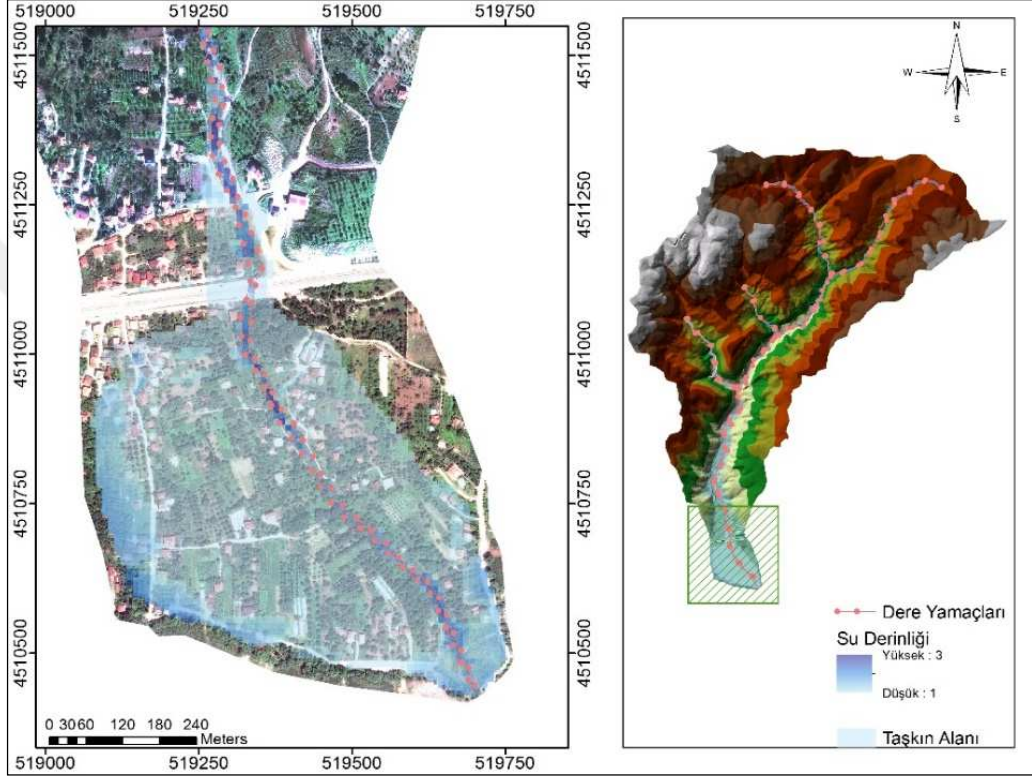
Şekil 3.34. Islah öncesi 25 yıllık periyot debisi için taşkın yatağı haritası



Şekil 3.35. Islah sonrası a = 25 yıllık debiye göre, b = 50 yıllık debiye göre ve c = 100 yıllık debiye göre taşkın yataklarının haritaları

### 3.5. Risk Altındaki Elemanların Belirlenmesi

Çalışmanın son aşamasında ıslah öncesi ve ıslah sonrası oluşturulan taşkın yatağı haritaları için taşkın riski altında kalabilecek alanlar belirlenmiştir. Bunun için farklı tekerrürler için elde edilmiş ıslah öncesi ve ıslah sonrası taşkın haritaları sahanın ortofotosu ile örtüştürülmüş ve risk altındaki elemanlar tespit edilmiştir (Şekil 3.36).

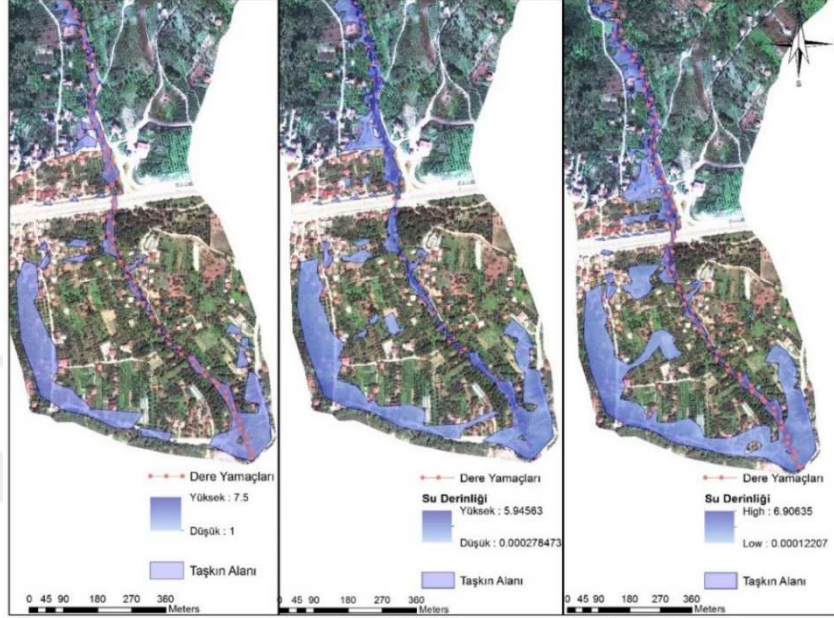


Şekil 3.36. Islah öncesi 25 yıllık periyot için taşkın yatağı haritası

Ortofoto görüntü incelendiğinde çalışma alanının yerleşim alanı, tarım alanı ve yeşil alandan oluştuğu görülmektedir. Dolayısıyla taşkın meydana gelmesi durumunda yerleşim alanları için ciddi bir tehdit oluşmaktadır (Şekil 3.37).

Islah öncesi 25 yıllık debiye göre alanda oluşacak bir taşkın riski ile 110 ev, 1 mescit ve 326255,25 m<sup>2</sup> tarla alanlarının risk altında olabileceği görülmüştür. Islah sonrası ise 25 yıllık debiye göre alanda oluşacak bir taşkın riski ile 30 ev, 1 mescit ve 43438,68 m<sup>2</sup> tarla, 50 yıllık debiye göre 42 ev, 1 mescit ve 61947,28 m<sup>2</sup> tarla ve 100 yıllık debiye göre ise 55 ev, 1 mescit ve 152450,88 m<sup>2</sup> tarlanın su altında kapabileceği görülmüştür. Islah öncesi ve ıslah sonrası taşkın modellemeleri 25 yıllık periyot debisi için karşılaştırıldığında, risk altındaki elemanların önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

Islah sonrası yapılan taşkın riski modellerinde güney, güney doğu ve güney batı bölgelerinde eğimi dere yatağından düşük olan alanlarda taşkın riski görülmüştür. Bu risklerin modelleme hatası olarak oluştuğu tahmin edilmektedir.



Şekil 3.37. Çalışma alanının ıslahlarından sonra taşkın risk altında kalabilecek elemanların haritası, a = 25 yıllık debiye göre, b = 50 yıllık debiye göre, c = 100 yıllık debiye göre

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Taşkın normal aktiviteleri etkileyen derinlikteki suyun olağandışı varlığıdır. Sel baskını sırasında en çok tehlike ile karşılaşan elemanlar bir taşkın ovasında bulunan herhangi bir yapı, topraklı inşa edilmiş olan bina veya duvarlar, yollar ve köprüler, bodrum katları veya yeraltı binaları, kamu hizmetleri, makine ve elektronik teçhizatı, gıda stokları, kültürel eserler, tarlalar ve meyve bahçeleri, nesli tükenmekte olan hayvanlar, balıkçı tekneleri ve diğer denizcilik endüstrileri gibi unsurlardır. Taşkın tanımlama ve hasarlarının değerlendirilmesi, yıllardır çevre araştırmalarının önemli konuları olmuştur.

Bir taşkın olayında nehir akış derinliğine ulaşıldığında, su ana nehir kanalında kalmayı bırakır ve su, komşu taşkın alanlarına yayılır. Bu doğrultuda su derinliği ve su baskınının boyutunun simülasyonunu sağlamak için kanal akışı için 1 boyutlu ve taşkın alanı için de 2 veya 3 boyutlu hidrolik yönlendirme prosedürü gerekmektedir. Dolayısıyla taşkın tahmini, hem mekânsal hem de zamansal bağlamda çok karmaşık bir süreç haline getirilir. Bu problemler HEC-RAS gibi bir hidrolik modelleme aracının CBS'ye entegrasyonu ile aşılabilmektedir. HEC-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları, HEC modelleri CBS teknolojisi ile birlikte ABD Kara Kuvvetleri Mühendisleri Birliği'nin Hidrolojik Mühendislik Merkezi tarafından geliştirilmiş ve çok sayıda taşkın risk değerlendirme araştırmalarında kullanılmış olan yazılımlardır.

HEC-GeoRAS, kullanıcıya veri kümelerini yönetmesi, yaratması, düzenlemesi, işlenmesi ve görselleştirmesi için gerekli ortamları sağlar. Her ortamın, kullanıcıyı prosedürlerle açık ve mantıklı bir şekilde yönlendirmesi amaçlanmaktadır. HEC-GeoRAS, kullanıcıların HEC-RAS modelini çalıştırmak için mevcut dijital arazi modelinden gerekli geometrik verileri bir akarsu için akarsu yatağı, ana kanal şevleri, akış yolları, akarsu üstünden geçen menfezler gibi yapıları ve kesitleri gibi katmanların oluşturulmalarını sağlar.

HEC-RAS kritik olmayan, süper kritik veya karışık akış rejimlerini modelleyebilir. Su, yüzey yüksekliği, kritik derinlik, enerji derecesi yüksekliği ve hız hesaplamak için her

kesitte hidrolik hesaplamalar yapılır. HEC-RAS'ın yeteneklerini bir CBS ile birleştirmek, taşkın miktarı, taşkın derinlikleri üzerindeki tam etkilerin analiz edilmesine olanak sağlar.

Bu çalışmada ise yapılan uygulamalarda havzanın taşkın risk haritasını elde etmek için CBS, HEC-GeoRAS ve HEC-RAS teknolojileri kullanılarak alanın fiziksel parametreleri belirlenmiş, öngörülen modeller, analizler ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışma alanında gerçekleşmiş taşkın olayının dere ıslahlarından önce ve ıslahlarından sonra risk haritaları elde edilmiş olup karşılaştırılmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Maden deresinin ıslahlarından sonra taşkın altında kalabilecek alanların ve elemanların azaldığı gözlemlenmiştir. Taşkın olayı meydana geldiği zaman can, mal ve maddi zararlar oluşabilmektedir. Dolayısıyla her bir nehir ve dere için taşkın olayı meydana gelmeden önce araştırma yapılması gerekmekte olup öngörülen tedbirler alınmalıdır. CBS, HEC-GeoRAS ve HEC-RAS bu hedefin gerçekleştirilmesi için en yaygın ve iyi sonuç veren yöntemlerden biri olup bu çalışma kapsamında alana ait yararlı altılıklar oluşturulmuştur.



## KAYNAKLAR

- [1] Özcan O., Sakarya Nehri Alt Havzasının Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bileşim Enstitüsü, İstanbul, 2007, 299978.
- [2] Selek B., Aras M., Kaya E., Uçar İ., Deveci C., Taşkın Çalışma Grubu Raporu, *T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı*. 6 – 7, 2017.
- [3] Krishnamoorthi, N., Role of Remote Sensing and GIS in Natural-Disaster Management Cycle, *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 2016, **2**(3), 2454-1362.
- [4] Guettouche M., Derias A., Modelling of Environment Vulnerability to Forests Fires and Assessment by GIS Application on the Forests of Djelfa (Algeria), *Journal of Geographic Information System*, 2013, **5**(1), 24-32.
- [5] Erener A., An Approach for Landslide Risk Assesment By Using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2009, 12611314.
- [6] Aylele S., Raghuvanshi T. K. Kala P. M., Application of Remote Sensing and GIS for Landslide Disaster Management: A Case from Abay Gorge, Gohatsion–Dejen Section, Ethiopia, *Landscape Ecology and Water Management, Proceedings of IGU Rohtak Conference*, DOI: 10.1007/978-4-431-54871-3\_2.
- [7] Yagoub, M. M., Spatio-temporal and Hazard Mapping of Earthquake in UAE (1984–2012): Remote Sensing and GIS Application, *Geoenviron Disaters*, DOI:10.1186/s40677-015-0020-y.
- [8] Hausmann P., Weber M., Possible Contributions of Hydroinformatics to Risk Analysis in Insurance, *2nd International Conference on Hydroinformatics, Zurich, Switzerland*, Balkema, Rotterdam, 9–13 September 1988.
- [9] Beavers M. A., Flood Plain Determination Using HEC-2 and Geographic Information Systems, Master Thesis, Texas University, Department of Civil Engineering, Austin, 1994.
- [10] Midaoui A., Lahrach A., ,Chauoni A. A., Bourak A., Benaadibate L., Integration of GIS and HEC-RAS in Floods Modelling of the Ouergha River, Northern Morocco, *European scientific journal*, 2015, **11**(2), 1857-7431.

- [11] Yang J., Townsend R. D., Daneshfar B., Applying the HEC-RAS Model and GIS Techniques in River Network Floodplain Delineation, *Canadian Journal of Civil Engineering*, DOI: 10.1139/I05-102.
- [12] Akar İ., Maktav D., Taşkın Araştırmalarında Çok Kriterli Karar Verme Analizi ve Hidrolojik Modellemelerin Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Karşılaştırılması, *II. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu*, Kayseri, Türkiye, 13 Ekim 2008.
- [13] Shrestha A. B., Erikson M., Mool P., Ghirmire P., Mishra B., Khanal R., Glacial Lake Outburst Flood Risk Assessment of Sun Koshi Basin, Nepal, *Journal of Geomatics, Natural Hazards and Risk*, DOI: 10.1080/19475701003668968.
- [14] Mohammadi S.A., Nazariha M., Mehrdadi N., Flood Damage Estimate (quantity), Using HEC-FDA Model, Case study: the Nekar River, *12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry*, DOI: 10.1016/J.Proeng.2014.02.130.
- [15] Hooper, B., *Integrated River Basin Governance*, 1st ed., IWA Publishing, London, 2005.
- [16] T.C Meteoroloji Genel Müdürlüğü, [www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=Kocaeli](http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=Kocaeli), (Ziyaret tarihi: 2 Mart 2017).
- [17] Maidment D., Djokic, D., *Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems*, 1st ed., Redlands Calif, Esri Press, California, 2000.
- [18] Sahin G., Tecim V., Yerel Yönetimler için CBS tabanlı risk planlaması, İzmir Buca Örneği, *4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, İstanbul, Türkiye, 13-16 Eylül 2006.
- [19] Brunner G. W., *Hydrologic Engineering Center HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual*, 5th ed., U.S. Army Corps of Engineers(USACE), California, 2016.

## KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

- [1] Erener A., **Shirzad M. R.**, Remote Sensing And GIS Application on Change Detection in Coastal Zone of Amu Darya at Emam Sahep District of Kunduz in North of Afghanistan, *The 36th Asian Conference on Remote Sensing*, Quezon, Philippines, 19-23 October 2015.
- [2] Erener A., **Shirzad M. R.**, Application of Remote Sensing and GIS Technologies to Determine Changes of Reservoir Area in Lake/Dam, *VII. Quaternary Symposium of Turkey*, Istanbul, Turkey, 8-10 March 2016.
- [3] Erener A., **Shirzad M. R.**, Flood Risk Evaluation, Analysis and Mapping of Kocaeli Eşme Maden Valley Using Remote Sensing, GIS and HEC-RAS, *2nd International Conference on GIS and Remote Sensing*, Vienna, Austria, 2-3 October 2017.

## ÖZGEÇMİŞ

Mohammad Reza Shirzad 1988’de Afganistan’da doğdu. Lise öğrenimini Hz. Khatamul Anbiya Lisesi’nde tamamladı. 2008 yılında girdiği Jawzjan Üniversitesi Jeodezi Mühendisliği Bölümü’nden 2012 yılında birincilik ile mezun oldu. Lisan eğitimi ile beraber aynı zamanda farklı aktivitelere katılıyordu. Lisans eğitimini bitirdikten sonra bir yıl boyunca Jawzjan Üniversitesinde asistan olarak hizmete başladı. 2013 yılın sonunda Türkiye Bursları program çerçevesinde Kocaeli Üniversitesi Jeodezi ve Jeoinformasyon Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek lisans eğitiminde “Taşkın Riskinin Uzaktan Algılama ve CBS Teknolojileri ile Değerlendirilmesi: Kocaeli Maden Deresi Örneği” konusunda çalışmaları bulunmaktadır.