

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NEHİR AĞZI SEDİMENT HAREKETİNE BAĞLI 2
BOYUTLU TAŞKIN ANALİZİ; SAKARYA NEHRİ
KARASU AĞZI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Beytullah DEMİRCİ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Osman SÖNMEZ

Ortak Danışman : Dr.Öğr.Üyesi Temel TEMİZ

Ağustos 2022

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NEHİR AĞZI SEDİMENT HAREKETİNE BAĞLI 2
BOYUTLU TAŞKIN ANALİZİ; SAKARYA NEHRİ
KARASU AĞZI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Beytullah DEMİRCİ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez08.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Üye

Üye

Üye

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Beytullah DEMİRCİ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve birikimiyle bana her zaman destek olan, bitirme çalışmamda her türlü desteği bana sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Osman SÖNMEZ'e, teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca bana vermiş oldukları tüm destekler için anne ve babama, yurt içi ve yurt dışı projelerimde beni finanse eden abim Bilal DEMİRCİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansımdaki projelerimde bana yaptığı katkılardan dolayı, dostlarım Bilgisayar Yüksek Mühendisi Ahmet Zahit ÖZDEMİR'e, ve Yazılım Yüksek Mühendisi Berk TÜRKGENÇ'e, teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarımı yapmam için bana gerekli mekan desteğini esirgemeyen dostum, Avukat Cüneyt YILMAZTÜRK'e teşekkür ederim. Ankara'da bulunduğum sürece tezimi bitirmem için bana destekte bulunan iş arkadaşlarım, Ali ZORLU, Buse KARAKÖSE, Sertaç Fatih ÜNAL ve Selçuk MERCAN'a teşekkür ederim. Yüksek lisans sürecimde beraber proje ve ödevlerde yer aldığımız, tez hazırlamamda bana yorumları ve destekleri ile yardımcı olan, değerli sıra arkadaşlarım Ahmed İyad CEYHUNLU ve Nurdan Gül KÖROĞLU'na teşekkürü borç bilirim. Tez hazırlama sürecimin son aşamalarında bana vermiş oldukları manevi destek için, Ostrava-Türk Gücü Klubü dostlarım, saygıdeğer abilerim, Safa AÇIKALIN ve Berke TUNAY'a saygı ve sevgilerimi sunarım. Yüksek lisans dönemimde bana vermiş olduğu emekler için Betül KANTAR'a derin saygı ve teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans döneminde beraber ders aldığımız, bana mühendislik etiğini öğreten, projelerimde yardım eden, saygıdeğer abim, Sakarya DSİ Başmühendisi, Yüksek Mühendis Yiğit KIZMAZ'a sonsuz saygı sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	x
 BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
 BÖLÜM 2.	
TAŞKIN	3
2.1. Taşkın Nedir?	3
2.2. Taşkın ve Taşkın Sınıflandırması.....	3
2.2.1. Oluşum sürelerine göre: taşkın.....	4
2.2.1.1. Ani taşkın.....	4
2.2.1.2. Uzun süreli taşkın	4
2.2.2. Oluşum zamanlarına göre: taşkın.....	5
2.2.3. Oluşum yerlerine göre: taşkın	5
2.2.3.1. Nehir taşkınları	5
2.2.3.2. Kıyı taşkınları	6
2.2.3.3. Deniz su seviyesi yükselmesi	6
2.2.3.4. Tsunami	7
2.3. Taşkın Etkileri	8
2.4. Taşkın Koruma	9

2.4.1. Yer değiştirme	10
2.4.2. Yükseltme.....	10
2.4.3. Set, hendek, bent	10
2.4.4. Yön değiştirme	11
2.4.5. Ziraii Tedbirler	11
 BÖLÜM 3.	
LİTERATÜR ARAşTIRMASI	12
 BÖLÜM 4.	
ÇALIşMA SAHASI	16
4.1. Coğrafya	17
4.2. İklim ve Bitki Örtüsü.....	17
4.2.1. Yağış.....	18
4.3. Sıcaklık.....	19
4.4. Katı Madde Taşınımı Sorunu	19
4.5. Deniz Su Seviyesi Yükselmesi.....	22
 BÖLÜM 5.	
YÖNTEM.....	27
5.1. Debi Hesabı	27
5.1.1. İstatiksel yöntemler ile debi hesabı	27
5.1.1.1. Gumbel dağılım hesabı	27
5.1.1.2. Normal dağılım hesabı.....	28
5.1.1.3. Log-normal dağılım hesabı.....	28
5.1.1.4. Log-pearson tip III dağılım hesabı	29
5.1.2. Kolmogorov-smirnov testi	30
5.1.3. Süperpozesiz mockus yöntemi	30
5.2. Manning Haritası.....	32
5.2.1. Manning pürüzlülük değeri	32
5.2.2. Corine arazi kullanımı	33
5.3. Hidrolik Modelleme	34

5.3.1. Model girdileri.....	35
BÖLÜM 6.	
UYGULAMA	37
6.1. Veri Temini	38
6.2. Tekerrürlü Taşkın Debisi	38
6.3. Sayısal Yükseklik Haritası	39
6.4. Manning Pürüzlülük Haritası	41
6.5. HEC-RAS Hidrolik Modeli.....	43
6.6. Taşkın Derinlik Haritaları	49
6.7. Taşkın Hız Haritaları	55
6.8. Taşkın Tehlike Haritaları	61
BÖLÜM 7.	
SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKÇA.....	69
ÖZGEÇMİŞ	75

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
TIN	: Üçgensel Yüzey Modeli
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
DEM	: Digital Elevation Model
GIS	: Geographic Information Systems
USACE	: Amerika Birleşik Devleti Ordusu Mühendisler Birliği
HEC-RAS	: Hidrolojik Mühendislik Merkezi-Nehir Analiz Sistemi
FEMA	: Federal Acil Durum Yönetim Kurumu
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
AÇA	: Avrupa Çevre Ajansı
CLC	: Corine Arazi Örtüsü

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Taşkın olayı gösterimi [27].....	5
Şekil 2.2. Tsunami dalgasının kıyıya ilerlemesinin gösterimi [29]	7
Şekil 2.3. 1980-2018 Yılları arasında toplam doğal afetlerin ve taşkınların ekonomik etkisi	9
Şekil 4.1. Çalışma sahasının Sakarya havzası ve Türkiye’deki konumu	16
Şekil 4.2. Sakarya nehrinin bir bölümü ve çalışma sahası uydu görüntüsü	17
Şekil 4.3. Sakarya günlük ekstrem yağışların yıllık yağış değerleri (mm)	19
Şekil 4.4. Kum ocakları nedeni ile kaybedilen verimli tarım arazisi değişimi uydu görüntüsü[47]	20
Şekil 4.5. Sakarya nehri ağzı ve kıyı çizgisi değişimi[48]	20
Şekil 4.6. Sakarya nehir ağzı en güncel uydu görüntüsü	21
Şekil 4.7. Çalışma sahası 0.1 m deniz su seviyesi yükselmesi	22
Şekil 4.8. Çalışma sahası 0.2 m deniz su seviyesi yükselmesi	23
Şekil 4.9. Çalışma sahası 0.5 m deniz su seviyesi yükselmesi	23
Şekil 4.10. Çalışma sahası 0.7 m deniz su seviyesi yükselmesi	24
Şekil 4.11. Çalışma sahası 1 m deniz su seviyesi yükselmesi	24
Şekil 4.12. Çalışma sahası 1.5 m deniz su seviyesi yükselmesi	25
Şekil 4.13. Çalışma sahası 2 m deniz su seviyesi yükselmesi	25
Şekil 6.1. Akış diyagramı.....	37
Şekil 6.2. Tekerrürlü taşkın debileri.....	39
Şekil 6.3. Bölge üçgensel yükseklik modeli	40
Şekil 6.4. Bölge raster verisi	40
Şekil 6.5. Bölge binaların işlendiği raster verisi	41
Şekil 6.6. Corine arazi kullanım haritası	42
Şekil 6.7. Manning pürüzlülük değerlerinin HEC-RAS programına girilmesi.....	43
Şekil 6.8. HEC-RAS Başlangıç arayüzü	44

Şekil 6.9. HEC-RAS programında kullanılan işlev erişimleri	44
Şekil 6.10. RAS Mapper ile yüzey modelinin HEC-RAS programına aktarılması	45
Şekil 6.11. HEC-RAS Programında geometrik veri arayüzü.....	45
Şekil 6.12. HEC-RAS Programına 2 boyutlu alan tanımlanması	46
Şekil 6.13. 2 Boyutlu alanın oluşturulması	46
Şekil 6.14. Kararsız akım veri giriş arayüzü	47
Şekil 6.15. Memba sınır koşulu olarak debilerin girilmesi	48
Şekil 6.16. Mansap sınır şartı olarak su derinliğinin tanımlanması	48
Şekil 6.17. 2 Boyut kararsız akım simülasyonunun çalıştırılması	49
Şekil 6.18. Q500 Derinlik haritası.....	50
Şekil 6.19. Q100 Derinlik haritası.....	50
Şekil 6.20. Q50 Derinlik haritası.....	51
Şekil 6.21. Q25 Derinlik haritası.....	52
Şekil 6.22. Q10 Derinlik haritası.....	52
Şekil 6.23. Etkilenen taşkın alanı (ha), su derinliği grafiği.....	53
Şekil 6.24. Etkilenen bina sayıları, su yüksekliği ilişkisi.....	53
Şekil 6.25. Etkilenen taşkın alanı yüzdesi ile su derinliği grafiği.....	54
Şekil 6.26. Q500 Hız haritası	56
Şekil 6.27. Q100 Hız haritası	56
Şekil 6.28. Q50 Hız haritası	57
Şekil 6.29. Q25 Hız haritası	58
Şekil 6.30. Q10 Hız haritası	58
Şekil 6.31. Yinelemeli taşkınların su hızı ile etkilenen bina sayıları ilişkisi	59
Şekil 6.32. Yinelemeli taşkınların su hızı ile etkilenen taşkın alanı yüzdelik ilişkisi	60
Şekil 6.33. Q500 Taşkın tehlike haritası	61
Şekil 6.34. Q100 Taşkın tehlike haritası	62
Şekil 6.35. Q50 Taşkın tehlike haritası	63
Şekil 6.36. Q25 Taşkın tehlike haritası	63
Şekil 6.37. Q10 Taşkın tehlike haritası	64
Şekil 6.38. Tehlike açısından etkilenen bina sayıları.....	65
Şekil 6.39. Tehlike açısından, etkilenen taşkın yüzdelik alanı	65

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Sakarya nehir ağızı 1985-2021 yılları arasındaki değişimi.....	21
Tablo 4.2. Çalışma sahası deniz su seviyesi yükselmesi sonucu su altında kalacak olan alan(ha).....	26
Tablo 5.1. Manning pürüzlülük değerleri[51].....	33
Tablo 5.2. 2-Boyutlu HEC-RAS modeli girdileri	36
Tablo 6.1. Veri temini sağlanan kurum ve kuruluşlar.....	38
Tablo 6.2. Yineleme yıllarına ait taşkın debileri.....	38
Tablo 6.3. CLC Kodlarına ait manning pürüzlülük değerleri	42
Tablo 6.4. Yinelemeli taşkınların su derinliğinden etkilenen bina sayıları.....	54
Tablo 6.5. Yinelemeli taşkınların su derinliğinden etkilenen alan(ha)	55
Tablo 6.6. Yinelemeli taşkınların su hızlarının etkiledikleri bina sayıları.....	60
Tablo 6.7. Yinelemeli taşkınların su hızlarının etkiledikleri alan (ha)	60
Tablo 6.8. Taşkın tehlikesi derecelendirme parametreleri	61
Tablo 6.9. Yinelemeli taşkınların tehlike bakımından etkiledikleri bina sayıları .	66
Tablo 6.10. Yinelemeli taşkınların tehlike bakımından etkiledikleri alan (ha).....	66

ÖZET

Anahtar kelimeler: Taşkın Derinlik Haritası, Taşkın Hız Haritası, Taşkın Tehlike haritası, , HEC-RAS, Karasu, Sakarya Nehri, Karasu Deresi

Taşkın doğal afeti dünyada ve ülkemizde can ve mal kaybına neden olmaktadır. Taşkın afeti öngörülebilir ve zararı azaltılabilir bir doğal afettir. Sakarya nehri üzerinde yer alan taş ocaklarının faaliyetleri sebebiyle, nehirin taşıdığı sediment miktarı arttırdığı ve uydu fotoğrafları ile de nehirin çevresine verilen zarar görülebilmektedir. Ayrıca nehir ağzının geçmişten günümüze doğru bakıldığında, zaman içerisinde giderek kapandığı ve sediment birikiminin olduğu gözlenmektedir. Nehir ağzının açıklığının daralması, muhtemel bir taşkın şiddetini artıracaktır. Bu amaçla Sakarya Nehrinin mansap kısmı olan ve Karasu ilçesinde yer alan Karasu nehrinin 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık tekerrürlü tehlike haritalarının hazırlanması amaçlanmıştır. Tekerrürlü taşkın debi hesabı için yağış verileri kullanılarak, deterministik ve istatistik yöntemler kullanılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), programları kullanılarak bölgenin, üçgensel yüzey modeli (TIN), sayısal yükseklik modeli (SYM) çıkartılmıştır. Elde edilen SYM verisi HEC-RAS programına aktararak, oluşturulan yüzeyde iki-boyutlu hidrolik model kurulmuştur. Model sonucu olarak su derinlik ve hız haritaları tekrar CBS ortamına aktararak, taşkın tehlike haritaları hazırlanmıştır. Yerel kurumlardan elde edilen mahalli veriler ile de, taşkın Karasu ilçesine olan etkisi etkilenen bina bazında ve etkilenen alan(ha) bazında incelenmiştir.

2-DIMENSIONAL FLOOD ANALYSIS DUE TO RIVER MOUTH SEDIMENT MOVEMENT; SAKARYA RIVER KARASU EXAMPLE

SUMMARY

Keywords: Flood Depth Map, Flood Velocity Map, Flood Hazard map , HEC-RAS, Karasu, Sakarya River, Karasu Stream

Flood natural disaster causes loss of life and property in the world and in our country. Flood disaster is a natural disaster that is predictable and its damage can be reduced. Due to the activities of the quarries on the Sakarya river, it can be seen that the amount of sediment carried by the river has increased and the damage to the surrounding of the river can be seen with satellite photographs. In addition, it is observed that the mouth of the river is closed in time, as described, and there is sediment. It will increase the open class of the river mouth, the age of a possible flood. For this purpose, it is aimed to prepare 5, 10, 25, 50, 100 and 500-year recurrent hazard maps of the Karasu river, which is the downstream part of the Sakarya River and located in the Karasu district. Deterministic and statistical methods were used by using precipitation data for the recurrent flood flow calculation. Using Geographic Information Systems (GIS) programs, the triangular surface model (TIN) and the digital elevation model (DEM) of the region were calculated. The obtained DEM data was transferred to the HEC-RAS program and a two-dimensional hydraulic model was established on the created surface. As a result of the model, the water depth and velocity maps were transferred back to the GIS environment and flood hazard maps were prepared. With the local data obtained from local institutions, the effect of the flood on the Karasu district was examined on the basis of the affected building and the affected area (ha).

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünya çapında yaklaşık 1 milyon insan taşkın sahasında yaşamaktadır [1]. Bu durum, taşkını, birçok toplum için dikkate alınması gereken bir doğa olayı haline getirmektedir. Ayrıca taşkınlar, iklim değişikliği ile de daha da kötüleşen bir problem haline gelmektedir. 1900 ve 2006 yılları arasında, dünyadaki tüm doğal afetlerin yaklaşık üçte biri taşkın afetidir. Bu afetlerde zarar gören insan sayısı tüm doğal afetlerden etkilenen insanların neredeyse yarısını oluşturmuştur [2]. Dünya nüfusunun yarısından fazlası, nehir ve kıyı şeridi bulunan şehirlerde yaşıyor. Avrupa'da sele maruz kalan toplam kentsel alanın yaklaşık son 150 yılda %1000 artmıştır [3]. 1950'lilerden 1990'lara kadar, Avrupa havzalarındaki taşkın sayısı on yılda yüzde 11'den 64'e yükselirken, 2000-2005 yılları arasında 104 taşkın afeti görülmüştür. Taşkın felaketi olayları ülkenin sosyo-ekonomik hayatını ve aynı zamanda ekonomik kalkınmasını etkilemiştir [4]. Taşkın felaketlerinin 2002 yılında Orta Avrupa'da meydana gelen tahmini zararı 16,5 milyar dolardır [5]. Taşkın etkilerinin yukarıda anlattığımız gibi ekonomik ve can kaybının yanında, mağdurların uzun vadeli sağlıklarına etkileri de olmaktadır [6]. Türkiye'deki akarsuların akış rejimlerinin düzensiz oluşu, ülkenin bulunduğu enlem-boylam ve jeolojik nedenlerden ötürü taşkın, ülkemizde en riskli doğal afettir [7]. Türkiye'de yeşillik alanların şehirlerde az olması yağışların toprağa sızmasını engellemektedir. Bu nedenle şehirlerde taşkın riski 6 kat artabilmektedir [8]. Türkiye'de 1989-1998 yılları arasında 111 taşkın meydana gelmiştir. Bu taşkınlarda toplam 306 insan can kaybı yaşanmıştır. 255.640 hektar alan su altında kalmış ve toplam maddi zarar 1.935.400.000 \$ (Amerika Birleşik Devletleri Doları)'dır [9]. Türkiye'de Sakarya Nehri Havzası sık sık sular altında kalmaktadır. Karasu deresi Sakarya nehrinin Karadeniz'e döküldüğü mansap kısmında yer almaktadır. Karasu bölgesi sanayi bölgesi olması, verimli tarım arazilerinin olması sebebi ile ekonomik değeri

yüksektir [10]. Bu nedenle bölgenin taşkın tehlike haritalarının elde edilmesi gerekmektedir.

Nehir taşkınlarının yıkıcı etkileri, taşkın tehlikesini tahmin etmeye ve haritalamaya yönelik matematiksel modeller sayesinde azaltılabilir. Taşkın tehlike haritaları hazırlıklı olmayı ve müdahaleyi artırabilir. Taşkın haritalandırma, taşkın ihtimali yüksek olan alanlarda arazi kullanım planlaması ve yönetimi için önemlidir. Öte yandan, etkili acil müdahale stratejileri geliştirmek ve etkileri önlemek ve yıkıcı etkileri azaltmak için güvenilir ve hızlı taşkın tahmin araçları çok önemlidir [11]. Tehlike haritalarının hazırlanmasının ilk kısmı veri toplama sayısal yükseklik modeli oluşturmaktır [12]. Taşkın çalışmalarında ihtiyaç duyulan verilerin toplanması ve işlenmesi için coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması tavsiye edilir [13].

Taşkın haritalamada birçok program kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devleti Ordusu Mühendisler Birliği (USACE) tarafından geliştirilen, fiziksel tabanlı denklemleri kullanan yazılım paketlerinden Hidrolojik Mühendislik Merkezi-Nehir Analiz Sistemi (HEC-RAS), hem bilimsel literatürde hem de pratikte en çok bilinen ve en çok kullanılan programlardan biridir [14]. HEC-RAS 1-boyutlu ve 2-boyutlu olmak üzere modelleme yapma imkânı sunmaktadır. Bu çalışmada HEC-RAS 1-boyutlu hidrolik modelleme yerine 2-boyutlu HEC-RAS hidrolik modelleme kullandık çünkü 1-boyutlu yöntemi çok yönlü taşkın dalgasının yayılımını hesaplama zayıf kalmaktadır. Öte yandan, 2-boyutlu hidrolik modeller, taşkın dalgası yanal difüzyonunu simüle etmek için en uygun çözümdür [15].

BÖLÜM 2. TAŞKIN

2.1. Taşkın Nedir?

Taşkın alışılmış akışın dışında; dere yatağından, aşırı yağışlar sonucunda nehrin taşması veya yağış bölgesinde yağışın akışa geçmesi, aşırı rüzgarlar veya tektonik hareketler sonucunda deniz sularının kabarması, akışın ilerlerken kazandığı taş, çamur, ağaç parçaları vb. kütlelerin artırdığı yıkıcı etki ile insan hayatını, toplumu, sosyal çevreyi, maddi ve manevi zarara uğratmasıdır [16]–[19].

2.2. Taşkın ve Taşkın Sınıflandırması

Taşkınların sınıflandırılmasında farklı kurum veya kuruluşların kendilerine ait sınıflandırılmaları bulunmaktadır.

Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (FEMA)’nın sınıflandırmasına göre taşkın, 3 büyük başlık altında toplanmıştır. FEMA’ya göre taşkınlar [20];

- Nehir Taşkınları
- Kıyısal Taşkınlar
- Yüzeysel Taşkınlar

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), taşkınları, etkilenen alanlar ve yağış sürelerine bağlı olarak, 2 genel kategoride toplamakla beraber, taşkınları ani taşkınlar, uzun süreli taşkınlar ve kıyı taşkınları olarak ayrıca sınıflandırmaktadır [21].

Ülkemiz kurumlarından Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), taşkınlar için özel bir sınıflandırması olmamakla beraber, taşkınları afet türlerinden ani gelişen afet türlerinde tanımlamaktadır [22].

Genel olarak bakıldığında taşkınlar, hidrolojik döngü içerisinde yer alan meteorolojik (sıcaklık, yağış ve rüzgar) olaylar sonucunda;

- Oluşum sürelerine bağlı olarak,
- Oluşum zamanlarına bağlı olarak,
- Oluşum yerlerine bağlı olarak,

3 sınıfta toplanabilir [23].

2.2.1. Oluşum sürelerine göre: taşkın

2.2.1.1. Ani taşkın

Kısa bir süre içinde, genellikle 6 saatten daha kısa sürede yoğun veya aşırı yağışların neden olduğu taşkınlardır. Ani taşkınlar genellikle şiddetli yağmurlardan sonra nehir yataklarında, şehir sokaklarında meydana gelen ve önlerindeki her şeyi sürükleyen geçen şiddetli taşkın olarak karakterize edilir. Aşırı yağışlarda dakikalar veya birkaç saat içinde ortaya çıkabilirler. Ayrıca, bir set veya barajın arızalanmasından sonra veya bir enkaz veya buz sıkışması nedeniyle ani bir su tahliyesinden sonra, yağmur yağmasa bile meydana gelebilirler [24].

2.2.1.2. Uzun süreli taşkın

Taşkının oluşmasının etkilerinde uzun süreli yağışların etkili olması ile taşkın alanın suyu drene edememesi sebebiyle oluşan genellikle taşkının kalıcılığının haftalar aldığı taşkınlardır. Bu taşkın oluşmasında temel olarak 3 sebep bulunmaktadır. Bunlar, taşkın yatağının belirli bir yatağının olmaması, taşkının göllenmesi ve

şehirlerde drenaj sisteminin çalışmaması ve suyun taşkın alanından uzaklaştırılamamasıdır [20].

2.2.2. Oluşum zamanlarına göre: taşkın

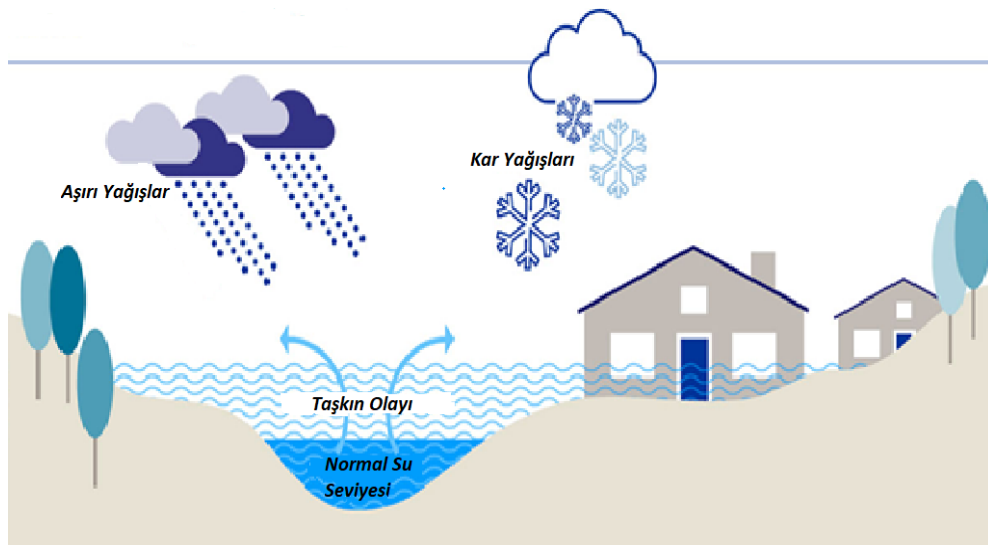
Taşkınların dönemsel olarak yağış rejimlerine sıcaklıklara bağlı olarak büyük kar buzullarının erimesiyle ve rüzgar etkileri ile bölgeden bölgeye değişen mevsimsel oluşan taşkınlardır. Örneğin Meriç nehrinin akımlarındaki etken kış aylarında Bulgaristan sınırlarında yer alan yağışlar iken yaz aylarında kar erimeleridir [25].

Güney Çin bölgesinde yer alan Yangtze Nehri ise yaz aylarında muson yağmurları etkisi altında kalmakta ve muson yağmurları taşkına sebebiyet vermektedir [26].

2.2.3. Oluşum yerlerine göre: taşkın

2.2.3.1. Nehir taşkınları

Taşkın su seviyesi nehir kıyılarının üstüne çıktığında nehir taşkını meydana gelir. Bu taşkın, tüm nehir ve akarsu kanallarında olabilir. Küçük akarsulardan, dünyanın en büyük nehirlerine kadar tüm nehirlerde görülebilir.



Şekil 2.1. Taşkın olayı gösterimi [27]

Nehir taşkınlarının 4 neden dolayı olur;

- Aşırı yağışlar,
- Tek bir bölgeye yağan uzun süreli yağışlar,
- Yağış ve kar erimelerinin beraber olması,
- Buz sıkışmaları

2.2.3.2. Kıyı taşkınları

Kıyı taşkınları; deniz su seviyesi yükselmesi, tsunami ve fırtınalar olarak 3 başlıkta incelenebilir.

2.2.3.3. Deniz su seviyesi yükselmesi

Ortalama deniz seviyesi, ortalama deniz düzeyi yüksekliğinin karadaki sabit bir noktaya göre konumu olarak bilinmektedir. Güncel çalışmalar, küresel iklim değişikliği ve buna bağlı sıcaklık ve deniz su seviyesinin yükseldiğini ortaya koymaktadır.

Deniz seviyesi değişimine neden olan birçok kısa ve orta süreli süreçler vardır. Bunlara;

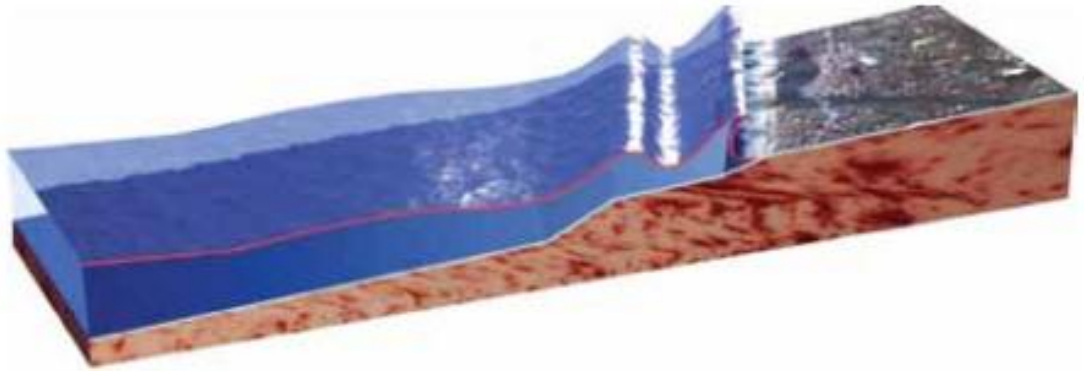
- Buzulların ve buz örtülerin oluşumu ve erimesi,
- Okyanus suların ısınması ve genleşmesi,
- Akarsu deltası bölgelerinde sediment yüküne bağlı havza çökmesi,
- Tektonik hareketler
- Tsunami
- Atmosferik koşullar (rüzgar, basınç, gelgit, yağış) dahildir.

Yapılan bir çalışmada, Türkiye'de yaklaşık 7.319 km²'lik arazi alanının 10 m'lik deniz su seviyesi çizgisinin altında kaldığı ve deniz seviyesinin yükselmesine karşı oldukça savunmasız olduğu tespit edildi. Çalışma alanında 10 m'lik deniz su seviyesi

yükseklik hattında 28 kıyı kenti, 191 ilçe ve 181 köy veya kasaba yer almaktadır [28].

2.2.3.4. Tsunami

Tsunami, okyanus kabuğunda tektonik olarak indüklenen deformasyon nedeniyle yüksek miktarda bir su kütleinin ani ve büyük bir dikey yer değiştirmesi olduğunda meydana gelir. Tsunami tektonik ve tektonik olmayan sebeplerden dolayı oluşabilir. Ancak tektonik olmayan sebepler, tektonik türler kadar yıkıcı değildir. Tsunaminin önlenmesi mümkün değildir, ancak Tsunami'nin neden olduğu tahribatı azaltmak için uyarı sinyalleri ciddi şekilde dikkate alınmalıdır [29].



Şekil 2.2. Tsunami dalgasının kıyıya ilerlemesinin gösterimi [29]

2.2.3.4.1. Fırtınalar

Kıyı boyunca oluşan fırtına dalgaları, bir kasırga tayfun ve siklonlar tarafından kaynaklanan, can ve mal kaybına neden olmaktadır. Büyük kasırgaların çoğu, okyanusun dalgalarının kıyıya vurması ile birçok can kaybına neden oldu. Katrina Kasırgası (2005), dalgalanmanın neden olabileceği hasar ve yıkımın en iyi örneğidir.

Katrina sırasında en az 1500 kişi hayatını kaybetti ve bu ölümlerin çoğu doğrudan veya dolaylı olarak fırtına dalgalanmasının bir sonucu olarak meydana geldi.

Fırtına dalgası, ölçülen yüksek gelgitlerin üzerinde ve bir fırtına tarafından üretilen anormal bir su yükselmesidir. Su seviyesindeki bu artış, fırtına gelgitlerinin oluşmasıyla, kıyı bölgelerinde taşkına neden olabilir.

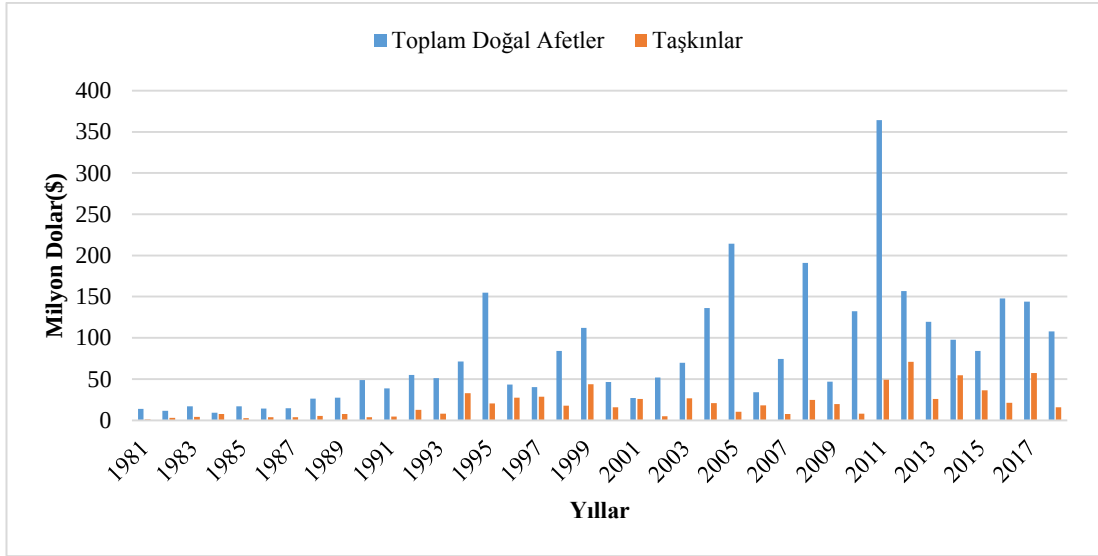
Fırtına dalgası, fırtına çevresinde siklonik olarak hareket eden rüzgarların kuvvetiyle suyun kıyıya doğru itilmesiyle üretilir. Fırtına dalgalanmasını etkileyebilecek diğer faktörler kıta sahanlığının genişliği ve eğimidir. Sığ bir eğim, potansiyel olarak dik bir raftan daha büyük bir fırtına dalgası üretecektir. Örneğin, çok geniş ve sığ bir kıta sahanlığına sahip Louisiana kıyı şeridini vuran Kategori 4 fırtınası, 6 m'lik bir fırtına dalgası oluşturabilirken, Miami Beach, Florida gibi kıta sahanlığının düştüğü bir yerde aynı kasırga çok hızlı bir şekilde, 2-3 m'lik bir dalgalanma görebilir [30].

2.3. Taşkın Etkileri

Doğal afetlerden sebebiyle ölen insan sayısı yıldan yıla değişiklik göstermektedir. Dünya çapında geçen son 10 yılın ortalamalarına bakarsak yaklaşık olarak 60,000 insan doğal afetler sebebiyle hayatını kaybetmiştir. Bu ölümler Dünyada meydana gelen tüm ölümlerin %0.1 ine tekabül etmektedir [31].

Son elli yıllık zaman diliminde, taşkın olaylarının sıklığı ve şiddetinin artmasına bağlı olarak, yine aynı zaman aralığında şehirleşme ve ormansızlaştırma gibi nedenlerle de can ve mal kayıpları da büyük oranda artmıştır. Dünyada 1980-2009 yılları arasında 539,811 ölüm 361,974 yaralı ve 2,821,005 kişilik nüfus taşkınlardan etkilenmiştir [32].

Doğal afetler insan hayatlarına etki etmenin yanında, büyük ekonomik yıkımlara da sebep olmaktadır. Dünyadaki 1980-2018 yılları arasında tüm doğal felaketlerin ve taşkın felaketinin yıllık olarak vermiş olduğu ekonomik zarar grafikteki gibidir [31].



Şekil 2.3. 1980-2018 Yılları arasında toplam doğal afetlerin ve taşkınların ekonomik etkisi

Son on yılda, dünyada yaşanan taşkınların meydana getirdiği zararlarının 250 milyar doların üzerinde olduğu bilinmektedir [11]. Afetlerin zararlarını azaltmadan sürdürülebilir bir kalkınma planı yapılamaz. Gelişmekte olan ülkelerde afetlere karşı önlem alınmadığında elde edilen kazanımlar bir afet sebebiyle yok olabilmektedir [33].

Plansız ve hızlı şehirleşme hareketleri, dere yatakları üzerinde yapılaşmalar taşkınların ekonomik zararlarını artırmaktadır. 1990 yılından günümüze kadar olan büyük afetlerin Türkiye ekonomisine zararlarının toplamı 17,460 Milyon \$ dır [34].

2.4. Taşkın Koruma

Taşkın koruma yapısal ve yapısal olmayan önlemler alınarak ayrılmaktadır. Yapısal olmayan önlemler hukuki işlemler, halkın bilinçlendirilmesi, sigortalama işlemleri olarak gösterilebilir [35]. Taşkın koruması yapısal önlemlerde ise, nehir ve çevresinin fiziksel karakteristiğinin değişmesi ile alınan önlemlerdir. Bunlar yapısal ve yapısal olmayan önlemler olarak ayrılabilir.

2.4.1. Yer değiştirme

Taşkın etkisinden korunmak için etkilenecek değerlerin, yapılacak koruma yapılarının maliyetini karşılamama durumunda etkilenecek değerler başka bir konuma taşınması işlemidir. Bu işlem nehir doğal akışını koruduğu için nehirin doğal akışını desteklemektedir. Çevreci bir önlem olarak uygulanabilir.

2.4.2. Yükseltme

Taşkın kontrolünün etkisi, pedin orijinal temeline göre pedin boyutuna bağlıdır. yapı. Ped, yapının orijinal temeline benzer boyutta ise, ped çalışmayacaktır. taşkın kontrolü üzerindeki etkileri değiştirmek. Ped, orijinal yapı temelinden daha büyükse, ped, taşkın akışını küçük bir oranda kısıtlayabilir ve yükselterek taşkın kontrolünü olumsuz etkileyebilir. akış yukarı sel yüksekliği. Bir yapının kazıkların üzerine kaldırılması, kazıkların yerleştirilmesiyle yapılabilir. yapıya bitişik ve yapının (kriko kaldırma ve taşıma) kazıklara taşınması veya kaldırma yükseltilmiş yapının altında yapı ve sondaj kazıkları, ardından yapıyı üzerine alçaltma yığınlar.

2.4.3. Set, hendek, bent

Setler, hendekler ve bentler, bu yapıların tümü nehirin akış güzergahı içerisinde planlanan tekerrürlü taşkın debisi etkisinde kalan alanın koruması için yapılmaktadır. Amaç gelebilecek maksimum debiyi taşıyacak yapılar inşaa etmektir. Bu yapıların başarılı olması yapıldığı bölgeyi koruması ile beraber aynı zamanda da sahip olduğu su yükü nedeni ile de potansiyel riski de her zaman bulunmaktadır. Yapılan yapıların yıkılması, tahrip olması ve işlevini yerine getirememesi durumunda taşkın suları koruduğu değerlerin kısa bir sürede, meydana gelebilecek olan zarardan daha büyük bir zarar verme potansiyeline sahiptir.

2.4.4. Yön değiştirme

Taşkın sırasında, taşkın sularının bir tahliye kanalına yönlendirilerek gelen suyun bir depolama alanında toplanması veya kovuşturulması işlemidir. Ayrıca dere yatağının tamamen yönünün değiştirilmesi de bu önem içerisinde sayılabilir. Bu önem ile dere yatağının mansaptaki etkileri azaltılmış olur.

2.4.5. Ziraai Tedbirler

Ziraai tedbirler, bitkilerin ve dikimlerinin kullanılması ile yapılan taşkından koruma  nlemlerindendir.

Tohumlama işlemi, taşkın yatağı içinde gübre ve bitki karışımı bir uygulamanın uygulanarak, büyüyen bitki ve köklerin yatak içerisinde akışı yavaşlatıp, yüzey pürüzlülüğünü artırmaya yönelik yapılır.

Fidan ekimi, taşkın yatağı kıyısında fidanlar ekilerek taşkının yıkıcı etkisinin azaltılmasına yönelik yapılan önlemdir.

Ziraai tedbirler derenin doğal sürecini destekleyici, uygulanması maliyetli olan yapı mühendisliği uygulamalarına karşı olarak uygulanmaktadır.

BÖLÜM 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür taraması, Türkiye ve diğer ülkelerdeki taşkın ve taşkın müdahale uygulamalarını incelemek için bağlam sağladığı için bu çalışmanın kritik bir parçasıdır. Taşkın olayında, sosyo-ekonomik ve ekolojik faktörlerin birbiriyle bağlantılı olduğu ve dayanıklılık planlamasında bütüncül bir bakış açısının uygulanması önemlidir. Dayanıklılık planlamasındaki ana zorluklardan biri, öngörülebilirliği ölçmek, gelecekteki olayları tahmin etmek ve en kötü taşkın senaryosu modelleri geliştirmektir. Bu nedenle, literatür taraması bu zorlukların uygulamada nasıl ele alındığını ve planlama ve karar vermede kilit uygulamaların neler olduğunu incelemiştir.

Demir (2022), Samsun’da yer alan Mert Irmağında elde edilen akış ölçümlerinin yetersiz sebebiyle, tekerrür taşkın debilerinin hesabında Mockus, Synder ve DSİ sentetik yöntemleri kullanmıştır. 3 meteoroloji istasyonundan veriler alınmış en uygun dağılım Kolmogorov-Smirnov testi görülmüştür. Maksimum yağışlar kullanılarak akım debileri ve taşkın hidrografları elde etmişlerdir. Modelleme programı olarak FLO-2D programı kullanılmıştır. Elde edilen taşkın yayılım alanları ve yükseklikleri, dikkate alınarak köprü ve yapılar için önerilerde bulunmuşlardır [36].

Çanta (2022), Artvin ili Ardanuç ilçesinde Pona ve Örtülü derelerinde ArcGIS programını arazi modellemesi için kullanmış, hidrolik çalışmaları için FLO-2D ve HEC-RAS programlarını kullanmış ve maksimum su derinliği ve yayılım haritalarını elde etmiştir [37].

Oğuz (2022), çalışmalarında, yağış verileri, eğim, bakı, akarsuya uzaklık, jeoloji ve toprak haritaları gibi sayısal haritaları kullanmışlardır. Çok kriterli karar verme

yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi çalışmada kullanılmıştır. Bu yöntem ile haritalara ağırlık dereceleri vererek haritalar karşılaştırılmış ve iki senaryo için ayrı ayrı modelleme çalışması yapılmıştır. Çalışma neticesinde çok kriterli karar verme yöntemi gibi istatistiksel yöntemleri, coğrafi bilgi sistemleri ile yapılan taşkın çalışmalarında kullanılabilir olduğu görüşünü sunmuşlardır [38].

Demir (2021), yapılan çalışmada son dönemde yapılan modelleme çalışmalarının avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Araştırmada, çalışmalarına uygun olarak spesifik analizler ve veriler kullanılmışlardır. Çalışma sonunda gelişen teknoloji ile veri kalitesinin ve modelleme tekniklerinin giderek iyileştiği görüşünü savunmuşlardır [39].

Tektaş (2021), Diyarbakır ili Çınar ilçe merkezine ait halihazır haritalar ve dere yatağı üzerindeki köprüleri kullanarak, HEC-RAS programında hidrolik modellemesini yapmıştır. Ayrıca Sentinel-2 uydu görüntülerini QGIS programının SCP eklentisi kullanarak, bölgenin yerleşim alanlarını, tarım arazilerini elde etmişlerdir. Hidrolik model sonuçları ile uydu görüntülerinden elde edilen arazileri sınıflandırılmasını kullanarak, etkilenen arazilerinin yüz ölçümleri hesaplamışlardır [40].

Dasallas (2019), Güney Kore'deki Baeksanriver nehri için yapılan HEC-RAS modelinde, dere içerisi bir-boyutlu olarak, derenin kıyı üstünden itibaren başlayarak tanımlanan iki-boyutlu alan ile de bir-boyutlu alan ile iki-boyutlu alan birleştirilmiş ve birlikte hibrit bir çalışma yapılmış. Bu çalışma ile taşkınları doğru tahmin etmede doğru bir yöntem olduğunu öne sürmüşlerdir [41].

Marina (2015), çalışmada Romanya da yer alan Ozana nehirinin bir kolu olan Plüton nehrinin taşkın risk haritalarının belirlenmesi için HEC-RAS programı ve programın bir bağlantısı olan ve ArcGIS programından model çalışmalarının HEC-RAS programına aktarılmasını sağlayan HEC-GeoRAS uzantısı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile nehrin 100 yıllık tekerrürlü bir taşkında taşması sonucu, 123 hanenin zarar gördüğü tespit edilmiştir [42].

Prastica (2018), Bojonegoro şehri her yıl taşkınlar nedeni ile maddi kayıplara neden olmasından dolayı, HEC-RAS programı ile taşkın modellemesi yapılmıştır. Yapılan modelde 5 yıl, 10 yıl, 25 yıl, 50 yıl ve 100 yıl için sentetik birim hidrograf kullanılmıştır. Analizler sonucunda mevcut dere yatağının kapasitesinin taşkın debisini taşıyamayacak olduğu ve yerel ve ulusal birimlerin taşkın kapasitesini artırmaya yönelik önlemler almasını tavsiye etmiştir [43].

Samanta (2012), yapılan çalışmada, 20 cm çözünürlüğünde LiDAR uydu görüntüleri, 1m çözünürlüğünde dijital yükseklik modeli, tarihsel deniz su seviyesi verileri kullanılmıştır. Bu veriler ışığında maksimum deniz su seviyesi olan 1.96 m'de, 50 yıllık ve 100 yıllık projeksiyonlarda olması muhtemel 3 m ve 4.5 m su yüksekliğinden etkilenen alanın taşkın tehlike ve risk haritaları elde edilmiştir [44].

Mehta (2014), Hindistan'ın Surat şehrinin 1883-2012 yılları arasında 14 büyük taşkına maruz kalması nedeniyle, şehrin dere yatağının kapasitesinin araştırılması ve gelecek önlemleri alabilmek için gerekli modellemeleri HEC-RAS programında 24 kesiti tanımlayarak 1-boyutlu model kurmuşlardır [45].

Alphen (2009), çalışmada 2007'de kabul edilen Avrupa Taşkın Risk Yönetimi Direktifi kapsamında, Avrupa ülkelerinin 2014'ten önce taşkın tehlikesi ve taşkın risk haritalarını hazırlamalarının gerekli olduğunu belirtmişler. Taşkın Haritalama Değişim Çemberi (EXCIMAP), Avrupa'daki taşkın haritalama uygulamalarının bir dokümanlarını çıkarmıştır. Bu dokümanların, arazi kullanım planlaması, acil durum planlaması, taşkın risk yönetimi, gibi farklı kullanım türleri içerdiği belirtilmiş. Yapılan bu çalışmada bu dokümanlar değerlendirilmiştir [5].

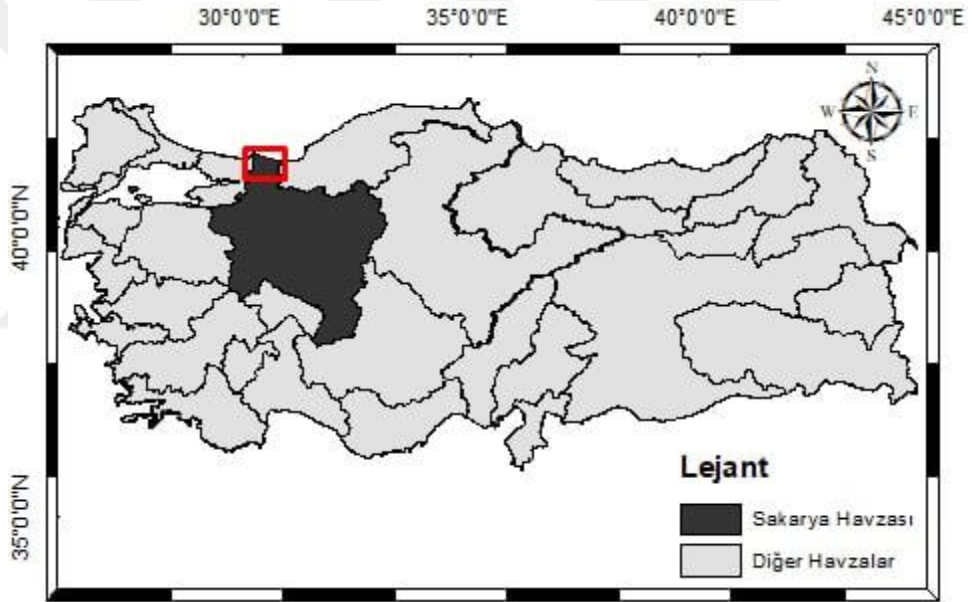
Tran (2008), çalışma, yerel düzeyde CBS kullanımını ve modern teknoloji ile yerel bilgiyi afet yönetimine entegre etme ihtiyacını değerlendirmiştir. Yerel kuruluşlar ile ulusal kurumlar arasındaki ortaklığı güçlendirmek için teknik birimleri kullanmaya değinmiştir. Çalışma ayrıca, taşkın afetinin, neden olduğu kayıpların ve hasarların arasında ilişkiyi kurarak, oluşturulacak risk haritalarının bu riski azaltmak için gereken çalışmaların altlığı olacağını belirtmiştir [46].

Bu çalışmada ise Sakarya Nehrinin mansap kısmı olan ve Karasu ilçesinde yer alan Karasu nehrinin 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık tekerrürlü tehlike haritaları hazırlanmıştır. Tekerrürlü taşkın debi hesabı için yağış verileri kullanılarak, deterministik ve istatistik yöntemler kullanılmıştır. CBS, programları kullanılarak bölgenin, TIN ve DEM modelleri çıkartılmıştır. Elde edilen DEM verisi HEC-RAS programına aktararak, oluşturulan yüzeyde iki-boyutlu hidrolik model kurulmuştur. Model sonucu olarak su derinlik ve hız haritaları tekrar CBS ortamına aktararak, taşkın tehlike haritaları hazırlanmıştır. Yerel kurumlardan elde edilen mahalli veriler ile de, taşkın Karasu ilçesine olan etkisi etkilenen bina bazında ve etkilenen alan(ha) bazında incelenmiştir.



BÖLÜM 4. ÇALIŞMA SAHASI

Bu bölümde Karasu ilçesinin coğrafi, meteorolojik özellikleri ve iklim ve bitki örtüsüne ait bilgiler verilmiştir. Çalışma sahasının Sakarya havzasının mansabında yer aldığı Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Çalışma sahası uydu görüntüsü ayrıca Şekil 4.2.'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.1. Çalışma sahasının Sakarya havzası ve Türkiye'deki konumu

Çalışma sahası Sakarya ilinin Karasu ilçesinde yer alan Sakarya Nehrinin bir bölümü olan Karasu nehri, Karasu ilçe merkezi, Karasu ilçesine bağlı Tuzla mahallesi, Manavpınar mahallesi, İhsaniye Mahallesi ve bu mahalleler arasında kalan kısımlar olarak Sakarya nehrinin Karadeniz'e döküldüğü kısma kadar belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Sakarya nehrinin bir bölümü ve çalışma sahası uydu görüntüsü

4.1. Coğrafya

Çalışma alanı olarak Karasu nehrinin mansabından itibaren 6 km'lik bir nehir uzunluğu belirlenmiştir. Bu kilometre bölge coğrafi şartları dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışma sahası yaklaşık olarak 22.38 km²'dir. Nehrin en geniş kesiti 180 m iken en dar kesiti ise 40 m'dir. Nehir boyunca kesit genişliği bu değerler arasında değişmektedir. Ortalama olarak nehir genişliği normal zamanda 100 m olarak söylenebilir. Nehir derinliği 3 ila 5 m arasında nehir boyunca değişmektedir. Nehre bağlantısı olan, ilçe merkezine doğru 1 adet, İhsaniye mahallesi ve yakınlarında bulunan tarla ve bahçelerde kullanmak üzere 3 adet, genişlikleri tahmini ortalamaları 10 m olan, toplamda 4 adet su kanalı bulunmaktadır. Bu kanallarda ayrıca arazi modeline (tahliye görevi görebilecekleri sebebiyetiyle hidrolik modellemeyi etkileyebileceklerinden) işlenmiştir.

4.2. İklim ve Bitki Örtüsü

Bölge Karadeniz ve Marmara bölgelerinin iklim özelliklerini yansıtmaktadır. Sakarya ilinin Karadeniz kıyısında ve doğusunda Karadeniz iklimi görülürken, batısında ve güneyinde Marmara bölgesi iklim özelliklerini taşımaktadır. 365 günün

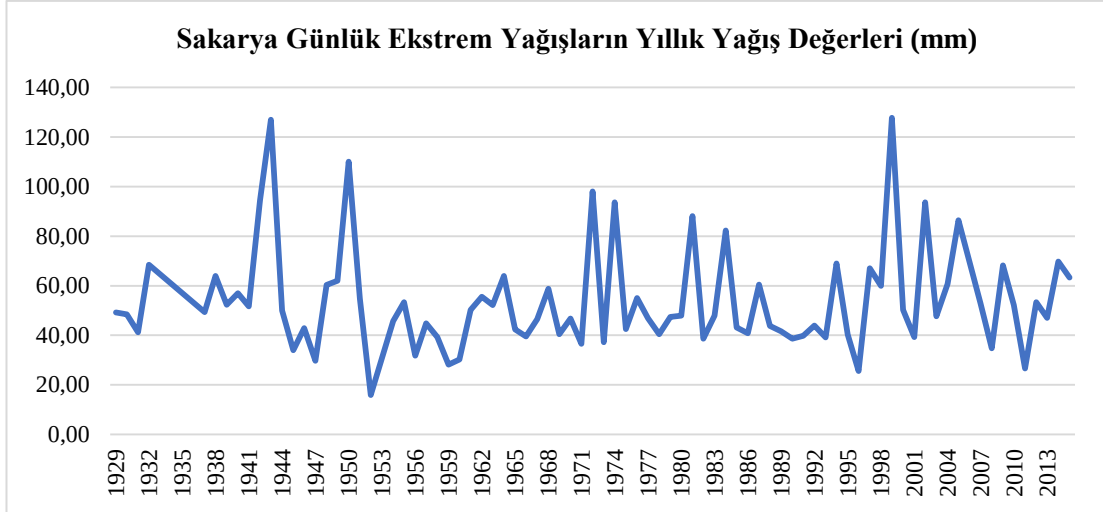
en fazla 40 gününde 0⁰C'nin altında ve en az 30 gününde 30⁰C'nin üstünde seyreder. Yağış ortalaması kimi yerde 632 mm iken kimi yerde 900 mm'dir.

Bölge de, dağlarda yoğun ormanlarla kaplı iken, platolar da makiler yer alır. Ova ve vadiler tarıma amaçlı kullanılır. Karasu bölgesi de dağlardaki gibi ormanlık alanlara sahiptir. Fundalıklar ve orman alanları Sakarya ilinin %45'ini, ekili-dikili alanlar % 47'sini, çayır ve meralar ise % 3,5'ini teşkil etmektedir. Deniz seviyesinden 700 metre rakıma kadar gürgen, kayın, kestane, ıhlamur, çınar, kavak ve meşe ağaçları bulunmaktadır. 700 metre den yukarıda olan alanlarda ise iğne yapraklı ağaçlar yer almaktadır [35].

4.2.1. Yağış

Karasu, sıcak ve ılıman iklim özelliklerini göstermektedir. Yılın en kurak geçen aylarında dahi yağış miktarı fazladır. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Cfa sınıfında yer almaktadır. İlçenin yıllık ortalama sıcaklığı 14.1 °C ve yıllık ortalama yağış miktarı 953 mm'dir. Temmuz ayı 45 mm yağışla yılın en kurak ayı ayıdır. En fazla yağış miktarı ise 120 mm yağış miktarı ile Aralık ayında görülmektedir.

Karasu bölgesine ait gözlem istasyonunun yağış verilerinin düzensiz ve eksik olması nedeni ile çalışmada Sakarya iline ait gözlem istasyonundan alınan verilerle hesaplamalar yapılmıştır. 1929-2015 yılları arasında yıl yıl ilin yıllık ortalama yağış verileri Şekil 4.3.'deki gibidir.



Şekil 4.3. Sakarya günlük ekstrem yağışların yıllık yağış değerleri (mm)

Çalışma kapsamında, yapılan tekerrürlü taşkın debi hesabı Sakarya DMİ istasyonunun bir sene içerisinde yer alan, günlük maksimum yağış değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak frekans analizi yapılmış, örnek dağılıma en uygun dağılım fonksiyonu ile tekerrürlü maksimum yağış debi değeri elde edilmiştir.

4.3. Sıcaklık

Karasu ilçesi, yılın en sıcak ayı 23.7 °C sıcaklıkla Ağustos ayıdır. Yılın en düşük sıcaklık ortalaması ise 5.4 °C ile Ocak ayındadır. İlçede yıl boyunca sıcaklık 18.3 °C dolaylarında değişim görülmektedir. Karasu kıyısında su sıcaklığı yıl boyunca 16 °C 'de dir. En yüksek su sıcaklığı Temmuz ayında 25.8 °C iken en düşük su sıcaklığı 7 °C civarlarından Şubat ayında görülmektedir.

4.4. Katı Madde Taşınımı Sorunu

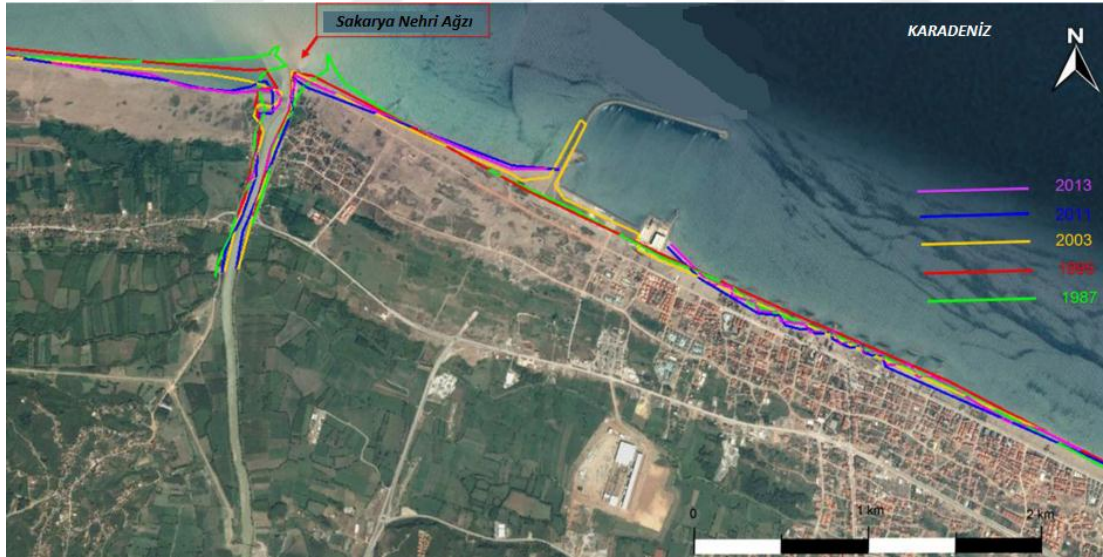
Sakarya nehri üzerinde, yapılan bir çalışmada, sadece Sakarya ili sınırlarında yer alan 11 adet kum ocağı bulunduğu belirtilmiştir. Bu ocakların 6 adeti Karasu ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Ocak çalışmaları yapılırken, oyulan dere yatağının doldurması gerekmektedir. Bu yönde çalışmadığına haberler ve çalışmalar mevcuttur.

Bölgede aktif olarak çalışan ocaklarının değerli tarım arazilerini ve dere morfolojisini tahribat ettiği Şekil 4.4.'te görülebilmektedir [47].



Şekil 4.4. Kum ocakları nedeni ile kaybedilen verimli tarım arazisi değişimi uydu görüntüsü[47]

Karasu ilçesi ekonomik açıdan balıkçılık ve turizm bölgesi olması açısından önemlidir. Bu amaçla bölge için yapılan çalışmalar literatürde mevcuttur. Yapılan bir çalışmada, Sakarya nehir ağzı ve kıyı bölgesi, 1987-1995-2003-2011 ve 2013 yıllarındaki değişimi gösterilmiştir [48]. (Şekil 4.5.)



Şekil 4.5. Sakarya nehir ağzı ve kıyı çizgisi değişimi[48]

Nehir ağzının en geniş açıklığı, 1985 yılına ait uydu fotoğrafları incelendiğinde yaklaşık olarak 250 metredir. Tablo 4.1.'de 1985 yılına ait nehir ağzı genişliği başlangıç olarak kabul edilmiştir. Bu açıklığa göre yıllar için de olan değişim tablosu aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.1. Sakarya nehir ağzı 1985-2021 yılları arasındaki değişimi

Yıllar	Nehir ağzı genişliği	Biriken sediment genişliği (m)
1985	250	0
2003	75	175
2013	80	170
2017	100	150
2018	90	160
7/2019	65	185
10/2019	30	220
2021	150	100

Nehir ağzı 1985-2021 yılları arasındaki değişimi incelendiğinde biriken sedimentin arttığı ve azaldığı görülmüştür. Nehir ağzının zaman zaman temizlenmeye çalışıldığının ve yine de bu durumun yetersiz kaldığı, geçici bir çözüm olduğu zaman içerisinde tekrar ağzın sediment ile dolduğu görülmektedir. Ağzın en dar olduğu zamanın 2019 yılının 10.ayında 30 metre genişlik ile olduğu görülmektedir. Şekil 4.6. incelendiğinde Sakarya nehri ağzının çekilen en güncel uydu görüntüsünde nehir ağzının düzenlendiği görülmektedir.



Şekil 4.6. Sakarya nehir ağzı en güncel uydu görüntüsü

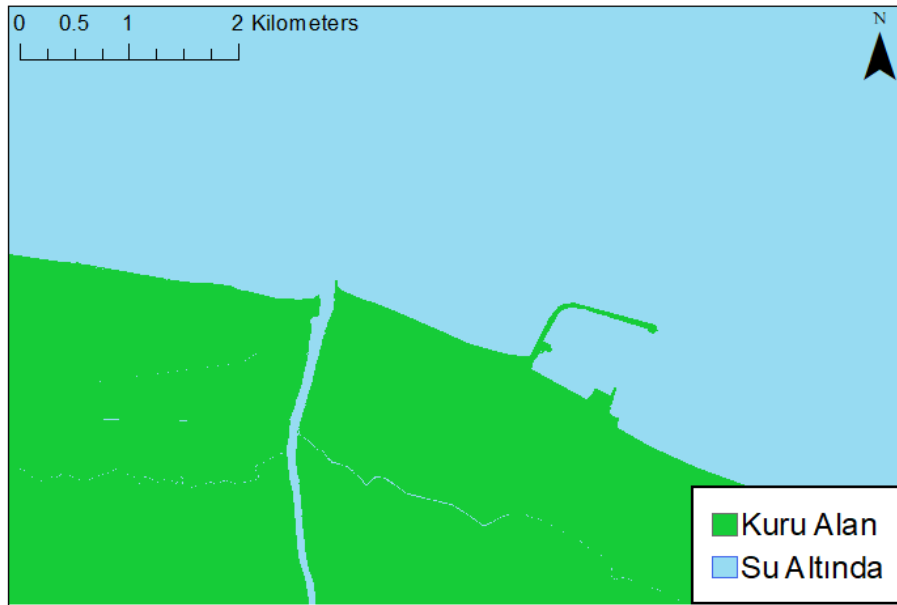
Nehir ağzında yapılan (Şekil 4.6.) bu düzenleme bölge için önemli olmak ile beraber bu durumun devamlılığını sürdürebilmek için kum ocakları ile ilgili gerekli inceleme

ve denetlemelerin yapılması gerekmektedir. Karasu ilçesinde Konacık da yer alan kum ocağının usulüne uymadığı ve çevre sorunlarına yol açabileceği riski bulunmaktadır [49].

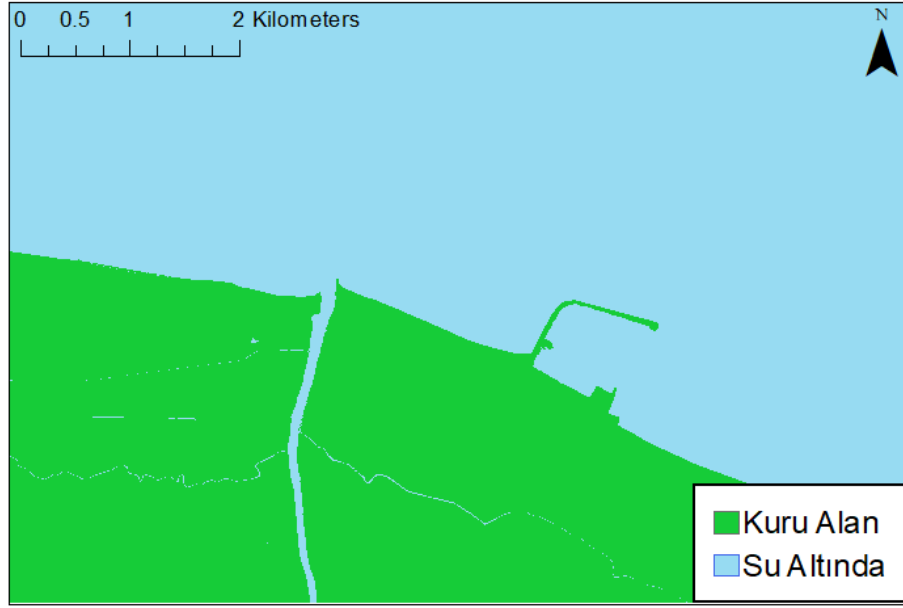
Çalışma kapsamında temin edilebilen veriler doğrultusunda, bölge için hazırlanan taşkın tehlike haritaları ve tehlike altında kalan alanların incelenmesi için, Sakarya nehir ağzı açıklığı 130 metre olarak kabul edilmiştir.

4.5. Deniz Su Seviyesi Yükselmesi

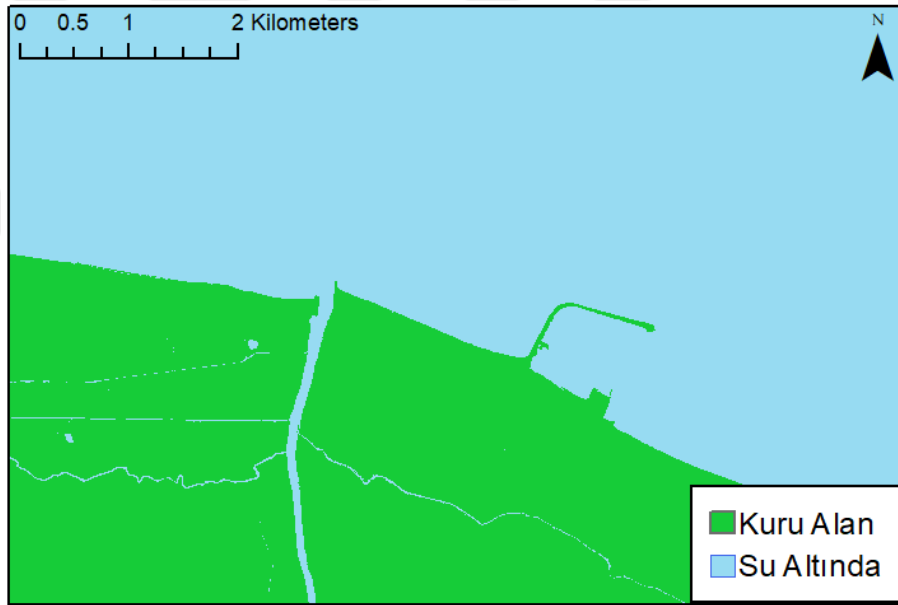
Kuleli' nin yaptığı bir çalışmada deniz su seviyesi yükselmesine dikkat çekmiş ve Türkiye kıyılarının su yükselmesi sonucunda yaşanacak toprak kaybı haritaları elde etmiştir [28]. Bu çalışmada çalışma ise sahasının hem kıyısıal olarak daha iyi anlaşılması hem de iklim değişikliği nedeniyle yaşanabilecek su yükselmeleri sonucunda, bölgedeki toprak kaybı ve tehlikeli alanlara, dikkat çekilmek istenmiştir. Bu amaçla CBS ortamında 0.1 m, 0.2 m, 0.5 m, 0.7 m, 1 m, 1.5 m ve 2 m 'lik su yükseltmeleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar sırası Şekil 4.7. - Şekil 4.13.'te paylaşılmıştır.



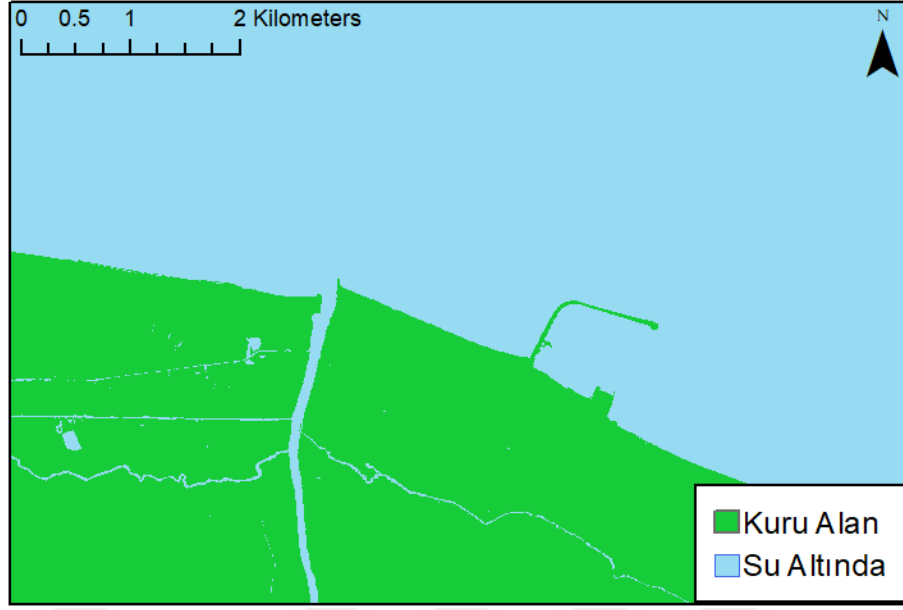
Şekil 4.7. Çalışma sahası 0.1 m deniz su seviyesi yükselmesi



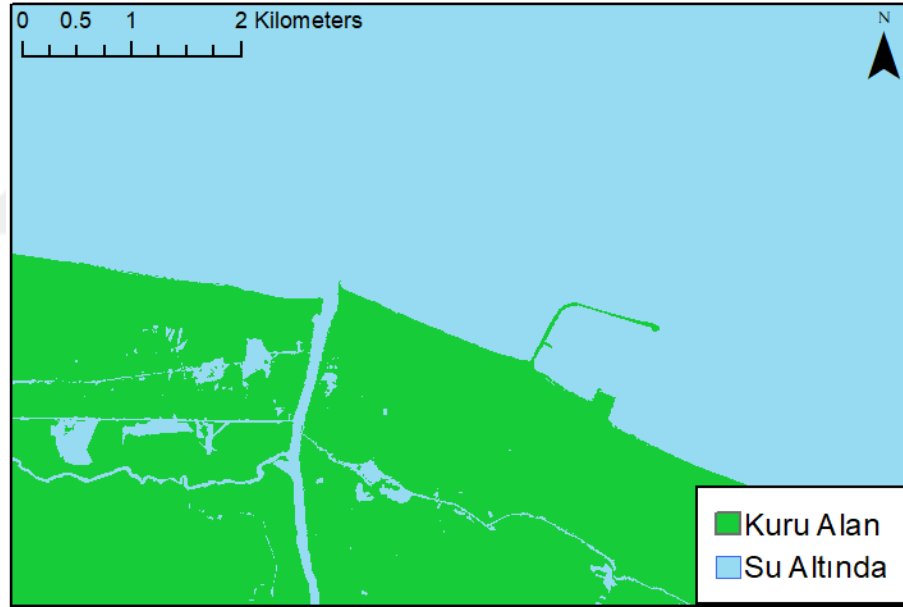
Şekil 4.8. Çalışma sahası 0.2 m deniz su seviyesi yükselmesi



Şekil 4.9. Çalışma sahası 0.5 m deniz su seviyesi yükselmesi



Şekil 4.10. Çalışma sahası 0.7 m deniz su seviyesi yükselmesi



Şekil 4.11. Çalışma sahası 1 m deniz su seviyesi yükselmesi



Şekil 4.12. Çalışma sahası 1.5 m deniz su seviyesi yükselmesi



Şekil 4.13. Çalışma sahası 2 m deniz su seviyesi yükselmesi

Çalışma sahası deniz su seviyesi yükselmesi haritaları incelendiğinde 0.1 m, 0.2 m, 0.5 m ve 0.7 m yüksek su yükselmelerinde, nehir ve nehir ile bağlantılı sulama kanallarında yükselme görülsede, çalışma sahası içinde yer alan şehirleşme bölgelerinde ciddi bir yükselme ve tehlike gözlenmemektedir.

Tablo 4.2. Çalışma sahası deniz su seviyesi yükselmesi sonucu su altında kalacak olan alan(ha)

Deniz Su Seviyesi Yükselmesi	Etkilenen Alan (ha)
10 cm	-
20 cm	15.45
50 cm	68.45
70 cm	110.97
100 cm	231.71
150 cm	863.29
200 cm	1457.52

Hazırlanan Tablo 4.2. incelendiğinde yükselmeler arasında etkilenecek ve tehlikede olan alanlar hektar cinsinden paylaşılmıştır. 10 cm’lik su seviyesi yükselmesinde etkilenecek alan gözlenmemiştir.

BÖLÜM 5. YÖNTEM

5.1. Debi Hesabı

Bu çalışmada, akım gözlem istasyon (AGİ) verilerinin yetersiz olmasından dolayı, nehirin pik tekerrür debileri, gözlemlenen akım değerleri ile hesaplanamamıştır.

Çalışmada kapsamında tekerrürlü taşkın debi hesabı için günlük maksimum ekstrem dağılım hesapları, Normal, Lognormal, Gumbel, Log Pearson tip III dağılım yöntemleri ile hesaplanmıştır.

5.1.1. İstatiksel yöntemler ile debi hesabı

5.1.1.1. Gumbel dağılım hesabı

Elde edilen verilerin dağılımında, $\bar{x}$ ile gösterilen ortalama, denklem 5.1.'den hesaplanır. s ile gösterilen standart sapma denklem 5.2.'den, n ile gösterilen serilerdeki veri sayısı kullanılarak hesaplanır [50].

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (5.1)$$

$$s = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1} \quad (5.2)$$

İstenen bir periyot için hesaplanan yağış derinliği aşağıdaki formülle belirlenir.

$$X_T = \bar{X}_{T_D} + K_T s_{T_D} \quad (5.3)$$

Burada $\bar{x}$ ve s , sırasıyla T_D 'nin farklı belirtilen yağış sürelerinin ortalamasını ve standart sapmasını gösterir.

Frekans faktörü olan K_T aşağıdaki formülden hesaplanabilir. T , dönüş süresini gösterir.

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[0,5772 + \ln \left(\ln \frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (5.4)$$

5.1.1.2. Normal dağılım hesabı

Gauss Dağılımı olarak kabul edilen normal dağılım, hidrolojik değişkenlerin analizinde en sık kullanılan dağılımdır. Normal dağılımda hesaplanacak iki parametre, ortalama $\bar{x}$ ve standart sapma s 'dir. z ise standart birim olarak adlandırılan, birimsiz bir değişkendir [50].

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (5.5)$$

$$x = \bar{x} + zs \quad (5.6)$$

İstenen dönüş periyodu için standartlaştırılmış değişken z , p ile gösterilen dönüş periyodu süresinin gerçekleşme olasılığı ile belirlenir.

$$p = \frac{1}{T} \quad (5.7)$$

5.1.1.3. Log-normal dağılım hesabı

Hidrolojik değişkenler normal dağılıma uymadıkları zaman 10 tabanlı logaritmik normal dağılım uygulanır. Bu dağılımda ortalama ve standart sapma olmak üzere iki parametrenin hesaplanması gerekir. Ayrıca verilerin ortalamaya göre simetrik olması için 10 tabanlı logaritmanın alınması gerekir [50].

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (5.8)$$

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (5.9)$$

Veri boyunu n olarak gösterilmektedir.

$$\log x = \overline{\log x} + z * S_{\log x} \quad (5.10)$$

5.1.1.4. Log-pearson tip III dağılım hesabı

Log-Pearson tip III dağılım hesabı çeşitli yağış süreleri ve tekerrüre ait yağış şiddetlerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Log-Pearson tip III dağılım hesabı tekerrürlü taşkın debi hesabında yaygın olarak kullanılmaktadır [50].

G ile gösterilen çarpıklık katsayısı aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

$$G = \frac{n \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S_{\log x})^3} \quad (5.11)$$

Diğer bir parametre ise K_T ile gösterilen ve G çarpıklığına katsayısına bağlı olan frekans faktörüdür.

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5 \quad (5.12)$$

$$k = \frac{G}{6} \quad (5.13)$$

Burada z, belirtilen tekerrür süresine sahip standartlaştırılmış birimdir.

5.1.2. Kolmogorov-smirnov testi

Kolmogorov-Smirnov testi istatistiksel dağılımın doğruluğunu kontrol etmede kullanılan tipik bir testtir. Teorik kümülatif dağılım fonksiyonu ile ampirik kümülatif dağılım fonksiyonu arasındaki maksimum sapmaya dayanan bir testtir [35].

$$D_N = \max|F_N(x) - F_o(x)| \quad (5.14)$$

Burada, $F_N(x)$ teorik kümülatif dağılım ve $F_o(x)$ ampirik dağılım fonksiyonudur.

5.1.3. Süperpozesiz mockus yöntemi

Bu yöntem ile elde edilen hidrografların üçgen şeklinde olması, çizim ve hesap kolaylığı sağlaması sebebiyle tercih nedenidir. Akım gözlem istasyonlarının olmadığı veya uzun yıllara ait kayıtların olmadığı bölgelerde uygulanabilir. Bu yöntem yağışın havza alanına 30 saatten az bir sürede toplandığı havzalarda kullanılabilir. Aksi takdire havza yardımcı alanlara ayrılmalıdır [35].

$$t_c = 0,00032 * \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (5.15)$$

Burada;

t_c : Suların havza alanına toplanma zamanı (sa)

L: Nehir kolunun uzunluğu (m)

S: Harmonik eğim

$$D = 2\sqrt{t_c} \quad (5.16)$$

Burada;

D: Taşkını meydana getiren yağışın süresi (sa)

$$t_p = (0,5 * D) + (0,6 * t_c) \quad (5.17)$$

Burada;

t_p : Taşkın hidrografının yükselme zamanı (sa)

$$t_r = 1,67 * t_p \quad (5.18)$$

Burada;

t_r : Taşkın hidrografının alçalma zamanı (sa)

$$t_b = t_p + t_r \quad (5.19)$$

Burada;

t_b : Taşkın hidrografının taban süresi (sa)

$$Q_p = \frac{K * A * h_a}{t_p} \quad (5.20)$$

Burada;

Q_p : Birim hidrograf pik debisi (m^3/s)

K: Havza katsayısı

h_a : 1 mm'lik yağışı ifade eder.

Son olarak taşkın debilerini bulmak için, H akış katsayıları aşağıdaki formül ile hesaplandıktan sonra her bir tekerrür için ayrı ayrı hesabı edilen akış katsayıları ile pik debi değerleri çarpılır.

$$h_{akış} = \frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)} \quad (5.21)$$

$$Q = \text{Akış katsayısı} * Q_p \quad (5.22)$$

5.2. Manning Haritası

5.2.1. Manning pürüzlülük değeri

Açık kanal akımlarında, akan suyun ortalama hızını belirlemeye yarayan manning katsayısı, boyutsuzdur.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (5.23)$$

V: kesitte suyun ortalama hızı (m/sn),

n: manning katsayısı,

R: hidrolik yarıçap (m),

S: Eğim

Manning katsayısının değeri, kanalın topografyasındaki değişikliklerle değişir ve bu değişiklik, kanalın boyutu ve şekli, kanal kıvrımı, bitki örtüsü, kanal yatağının pürüzlülüğü yüksekliği, asılı tortu yükü gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Manning katsayısını etkileyen birkaç faktör olsa da en önemli faktörler kanal malzemesinin tipi ve boyutu ve kanalın şeklidir.

Manning pürüzlülük katsayısı değerleri, arazi çalışmaları ile ölçülen, veriler ile kalibre edilerek kullanılır. Ancak, saha verilerinin mevcut olmadığı durumlarda Manning katsayıları, aşağıdaki kılavuz Tablo 5.1.'de gösterildiği gibi kabul edilir.

Tablo 5.1. Manning pürüzlülük değerleri[51]

Kanalın türü ve açıklaması.	Minimum	Normal	Maximum
1. Ana Kanallar			
a. Temiz, düz, dolu, yarık veya derin havuz yok	0.025	0.030	0.033
b. Yukarıdakiyle aynı, ancak daha fazla taş ve yabancı ot	0.030	0.035	0.040
c. Temiz, dolambaçlı, bazı havuzlar ve sürüler	0.033	0.040	0.045
d. Yukarıdakiyle aynı, ancak bazı yabancı otlar ve taşlar	0.035	0.045	0.050
e. Yukarıdakiyle aynı, daha düşük aşamalar, daha fazla etkisiz eğimler ve bölümler	0.040	0.048	0.055
f. “d” ile aynı, ancak daha fazla taş	0.045	0.050	0.060
g. Ağır, otlu, derin havuzlar	0.050	0.070	0.080
h. Çok otlu alanlar, derin havuzlar veya ağır kereste direkleri olan taşkın yolları	0.070	0.100	0.150
2. Taşkın Sahası			
a. Çalışız mera			
1. Kısa çim	0.025	0.030	0.035
2. Yüksek çim	0.030	0.035	0.050
b. Ekili alanlar			
1. Kırpmaya yok	0.020	0.030	0.040
2. Olgun sıra bitkileri	0.025	0.035	0.045
3. Olgun tarla bitkileri	0.030	0.040	0.050
c. Çalılık			
1. Dağınık çalı, ağır yabancı otlar	0.035	0.050	0.070
2. Hafif çalılar ve ağaçlar, kışın	0.035	0.050	0.060
3. Yaz aylarında hafif çalı ve ağaçlar	0.040	0.060	0.080
4. Kışın orta ila yoğun çalı	0.045	0.070	0.110
5. Yaz aylarında orta ila yoğun çalı	0.070	0.100	0.160
d. Ağaçlar			
1. Ağaç kütükleri olan, filizsiz temizlenmiş arazi	0.030	0.040	0.050
2. Yukarıdakiyle aynı, ancak ağır filizler	0.050	0.060	0.080
3. Ağır kereste, az sayıda ağaç, küçük çalılar, dalların altında akış	0.080	0.100	0.120
4. Yukarıdakiyle aynı, ancak dallara akış var	0.100	0.120	0.160
5. Yoğun söğütler, yaz, düz	0.110	0.150	0.200
3. Dağ dereleri, kanalda bitki örtüsü yok sahil genellikle dik, ağaçlık ve çalılık			
a. Altta: çakıllar, parke taşları ve birkaç kaya parçası	0.030	0.040	0.050
b. Altta: büyük kayalar içeren parke taşları	0.040	0.050	0.070

5.2.2. Corine arazi kullanımı

Hızlı nüfus artışı ile arazi kullanımında hızlı bir şekilde değişmektedir. Arazi kullanımı değişim ve iklim değişikliği etkisi, kalkınma projelerine karar verirken hesaba katılmasını gereken iki ana faktördür. Arazilerin daha etkin kullanılması, değişimi ölçümlemek, doğal kaynakların daha doğru bir şekilde yönetilmesi, çevrenin ne ölçüde değiştiği, çevre ile alınacak kararlarla ilgili politika oluşturmaya yönelik amaçla Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) tarafından Corine Arazi Örtüsü (CLC) haritaları üretilmektedir.

CLC, 1985 yılında çalışmalarına Avrupa Birliği'nde çevre sorunları ile çalışmalarına başlamış, bir projedir. Günümüzde üretilen arazi kullanım haritalarının yer aldığı veri tabanları ve programlarının çoğu AÇA tarafından devralınmıştır. CLC, 44 sınıf içeren arazi kullanım haritaları sunmaktadır [52].

1990,2000,2006,2012 ve en güncel olarak 2018 yılları için Landsat-5, Landsat-7, SPOT-4/5, IRS P6 LISS III, Sentinel-2 ve Landsat-8 uydularını kullanarak 50 metreden 10 metreye kadar doğrulukta, haritalar üretilmiştir. 1990 yılında arazi örtüsünün kapsadığı ülke sayısı 26 iken 2018 yılında bu sayı 39 ülkeye çıkmıştır. 1990 yılında arazi kullanım haritasının üretimi 10 yıl sürerken, gelişen teknoloji ile 2018 yılında üretimi 1.5 yıl sürmüştür.

Ülkemizde, Tarım ve Orman Bakanlığının yapmış olduğu çalışmalar ile Corine Arazi Değişim veri tabanı bakanlıkça verilen siteden erişimi yapılabilmektedir [53].

5.3. Hidrolik Modelleme

Çalışmada Sakarya Nehri Karasu bölgesi için 2-boyutlu kararsız akış (unsteady flow) taşkın analizi 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın debileri ve hidrografları için gerçekleştirilmiştir.

Hidrolik model HEC-RAS paket programı ile oluşturulmuştur. HEC-RAS programı USACE tarafından üretilmiştir. Program, kullanıcının tek boyutlu sabit akış, bir ve iki boyutlu kararsız akış hesaplamaları, sediment hareketi, su sıcaklığı ve su kalitesi modellemesi yapmasına olanak tanır [54]. Programın 4.0, 5.0 ve ara sürümler ile en son yayınlanan 6.1. sürümü bulunmaktadır. Bu çalışma son sürüm olan 6.1 sürümü ile yapılmıştır.

HEC-RAS programı, çalışma sahasına ait yüksek çözünürlüklü sayısal arazi modeli (SAM), karesel alanlara (grid) ayrılmıştır. Bu altlık üzerinde, su derinliği, hız ve taşkın yayılımı analizi 2 boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir. Program toprak sızması

miktarı ve diğer buharlaşma kayıplarını hesaba katmadığı için toplam yağış, etkin yağış olarak girilmesi tavsiye edilmektedir [55].

HEC-RAS programı, nehir hidrolik analizi, grafiksel gösterim, tablolama, taşkın ve taşkın yayılım animasyon hazırlanması gibi işlevlerde kullanılmaktadır [56]. Bu program, açık kanallarda tek boyutlu ve iki boyutlu veya bileşik (coupled) boyutlu akışı simüle edebilmektedir [57].

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0 \quad (5.24)$$

Denklem 5.24' de H su yüzey kotu, h su derinliği, u ve v, x ve y yönlerindeki ortalama hızı göstermektedir.

2 boyutlu momentum denklemi 5.25 numaralı denklemde x yönünde, 5.26 numaralı denklemde y yönündedir.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + v_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + f v \quad (5.25)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} + v_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v - f u \quad (5.26)$$

Bu denklemlerde H su yüzey kotu, v_t eddy vizkozite katsayısını, c_f sürtünme katsayısını, f Coriolis parametresini, v ve u ortalama hız derinliklerini x ve y yönlerinde temsil etmektedir.

5.3.1. Model girdileri

Bu çalışmada 2-Boyutlu HEC-RAS modeli için gereken model girdileri Tablo 5.2.' de verilmiştir.

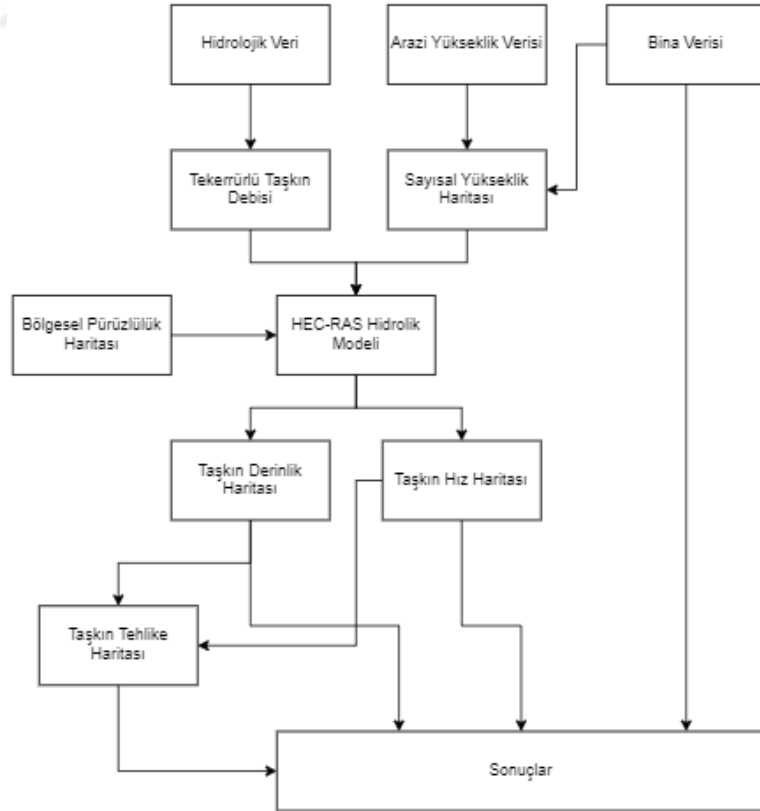
Tablo 5.2. 2-Boyutlu HEC-RAS modeli girdileri

2-Boyutlu model	
Geometri	Çalışma sahası karesel alan olarak tanımlanması
Manning değerleri	Arazi kullanımına bağlı olarak belirlenen manning değerleri
Sınır şartları	- Membada, hesaplanan tekerrürlü taşkın maksimum debileri - Mansapta, bölge deniz kıyısı olduğundan:0.001 metre
Geometri kaynak verisi	Sayısal yükseklik haritası

Model için öncelikle hazırlanan 0.5 m hassasiyete sahip SAM altlık olarak tanımlanmıştır. Daha sonra hazırlanan manning pürüzlülük haritası modele girilmiştir. Belirlenen taşkın sahası sınırları model içerisinde çizilmiş, memba ve mansap sınır şartları modele tanımlanmıştır. Model analiz edilmiş ve taşkın yayılım alanı, akım hızı, su derinliği çıktıları coğrafi bilgi sistemlerine aktarılmıştır ve çalışmanın amacı olan tehlike haritaları elde edilmiştir.

BÖLÜM 6. UYGULAMA

Çalışma kapsamında izlenen işlem adımları Şekil 6.1.'de verilmiştir. Meteorolojiden elde edilen yağış verileri ile tekerrürlü taşkın debi hesabı; Yerel kurumlardan alınan arazi yükseklik verisi ve bina verileri ile sayısal yükseklik haritası; AÇA'nın paylaştığı bölgesel pürüzlülük haritası; HEC-RAS programında hidrolik taşkın modeli kurmak için kullanılmıştır. HEC-RAS programı yardımıyla elde edilen taşkın derinlik ve taşkın hız haritaları, CBS ortamında taşkın tehlike haritalarının üretilmesini sağlanmıştır. Son olarak elde edilen taşkın tehlike, taşkın hız ve taşkın derinlik haritaları hem alansal olarak hem bina verisi ile kesiştirilmesi sayesinde bölgenin taşkın altında olan maruziyetinin boyutunu göstermiştir.



Şekil 6.1. Akış diyagramı

6.1. Veri Temini

Çalışma kapsamında kullanılacak, bina verisi, arazi kotlarını içeren sayısal haritalar, hidrolojik veriler, arazi kullanım haritası taşkın modelleri için temel girdilerdir. Bu verilerin temini çeşitli kurum ve kuruluşlardan sağlanmıştır. Alınan veri ve temin edilen kurum hakkında bilgiler Tablo 6.1.'de paylaşılmıştır.

Tablo 6.1. Veri temini sağlanan kurum ve kuruluşlar

Veri	Veri Türü	Temin edilen kurum ya da kuruluş
Arazi bina verileri	Fiziksel	Karasu Belediyesi
Arazi yükseklik verileri	Fiziksel	Karasu Belediyesi
Arazi kullanım haritası	Fiziksel	CORINE
Yağış verileri	Meteorolojik	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Sakarya Nehri batımetrik kesit verileri	Fiziksel	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

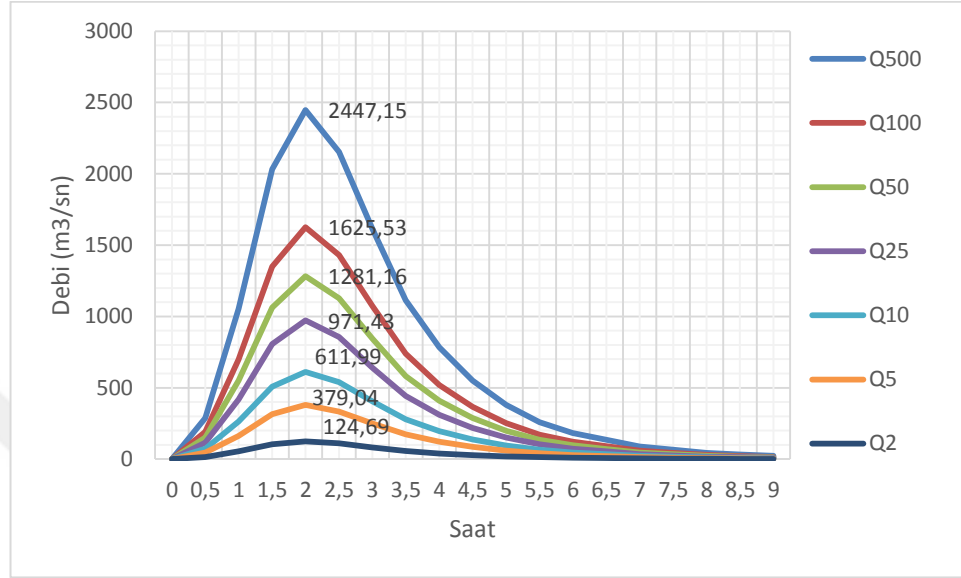
6.2. Tekerrürlü Taşkın Debisi

Sakarya ili günlük ekstrem yağışlarından yıllık ekstrem yağış değerleri sentetik yöntemler kullanılarak ekstrem yağış hesabı yapılmıştır. Ekstrem yağışların belirlenmesinde; Log-Normal Dağılım, Normal Dağılım, Gumbel Dağılımı ve Pearson Tip III Dağılımı olmak üzere 5 farklı sentetik yöntem kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu Pearson Tip III Dağılımı ile elde edilen ekstrem yağışlar debi hesabında kullanılmıştır. Yağış verilerini kullanarak, havza alanı, birim hidrograf pik süreleri ve suların toplanma zamanı parametreleri ile Karasu deresi için tekerrürlü debi hesabı, mockus yöntemi ile hesaplanmıştır. Mockus yönteminde, havzanın karakteristik özelliklerini belirten arazi kullanım katsayıları bulunmaktadır. Bu çalışmada havzanın sınırları içindeki ormanlık alanlar, dikili alanlar, tarım alanları ve kentleşme oranına göre bu katsayı 75 olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda Karasu Deresinin 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 yıllık taşkın tekerrür debileri sırasıyla; 124.69 m³/s, 379.04 m³/s, 611.99 m³/s, 971.43 m³/s, 1281.16 m³/s, 1625.53 m³/s, 2447.15 m³/s olarak hesap edilmiştir. (Tablo 6.2.)

Tablo 6.2. Yineleme yıllarına ait taşkın debileri

Yineleme Yılları	2	5	10	25	50	100	500
Debi Değerleri(m ³ /sn)	124.69	379.04	611.99	971.43	1281.16	1625.53	2447.15

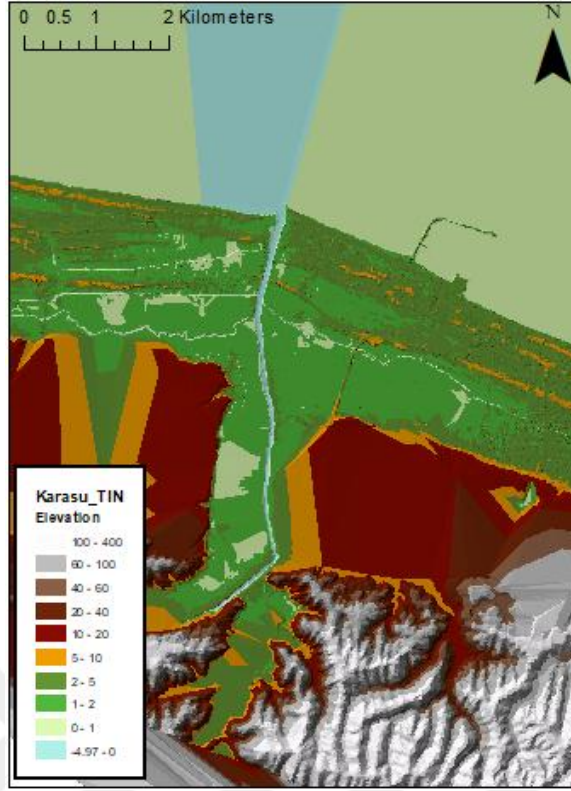
Farklı tekerrürlü taşkın pik debileri Q500, Q100, Q50, Q25, Q10, Q5, Q2 sentetik yöntemler ile hesaplanmış olup taşkın hidrografları Şekil 6.2.'deki gibidir.



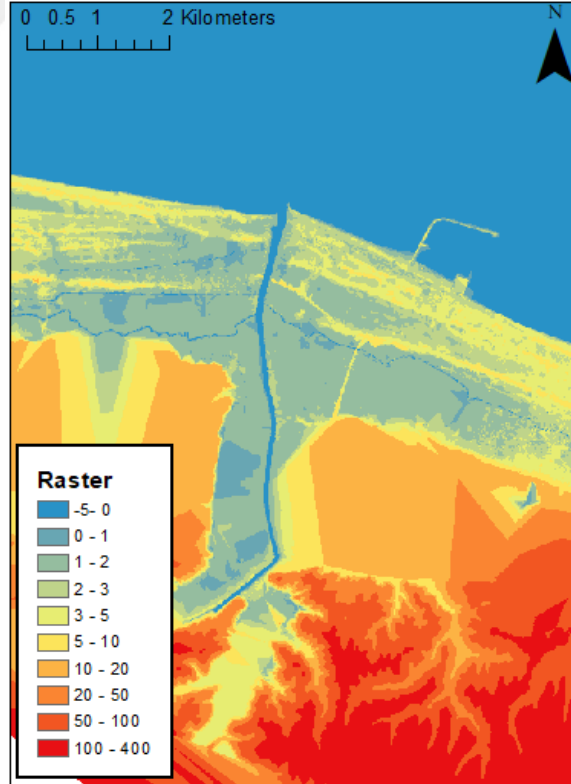
Şekil 6.2. Tekerrürlü taşkın debileri

6.3. Sayısal Yükseklik Haritası

Çalışma sahasına ait sayısal yükseklik haritası, belediye ve kurumlardan elde edilen halihazır verileri yardımıyla üretilmiştir. Nehir yatağı ve kesitlerinin halihazır dosyalarında bulunmaması nedeniyle, nehir yatağına ait batimetri haritası en kesitlerinden üretilmiş, modelin doğruluğunu artırmak amacıyla, işlenmiştir. (Şekil 6.3.-Şekil 6.4.)

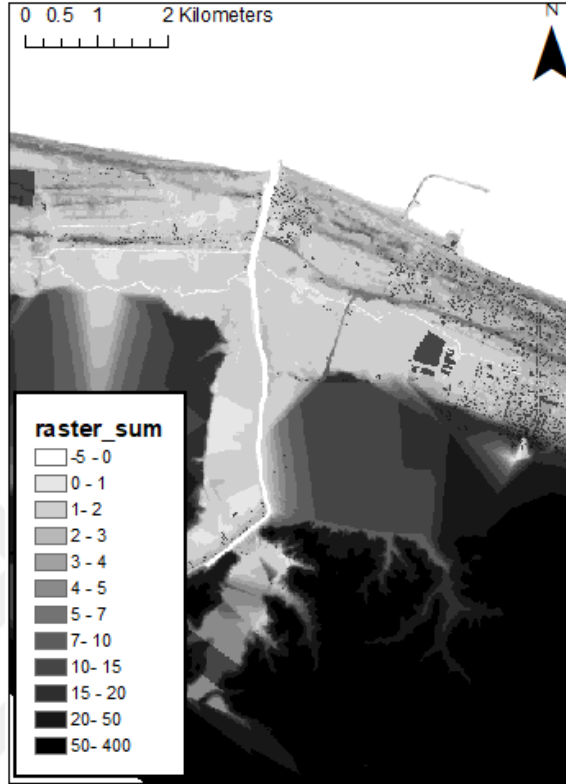


Şekil 6.3. Bölge üçgensel yükseklik modeli



Şekil 6.4. Bölge raster verisi

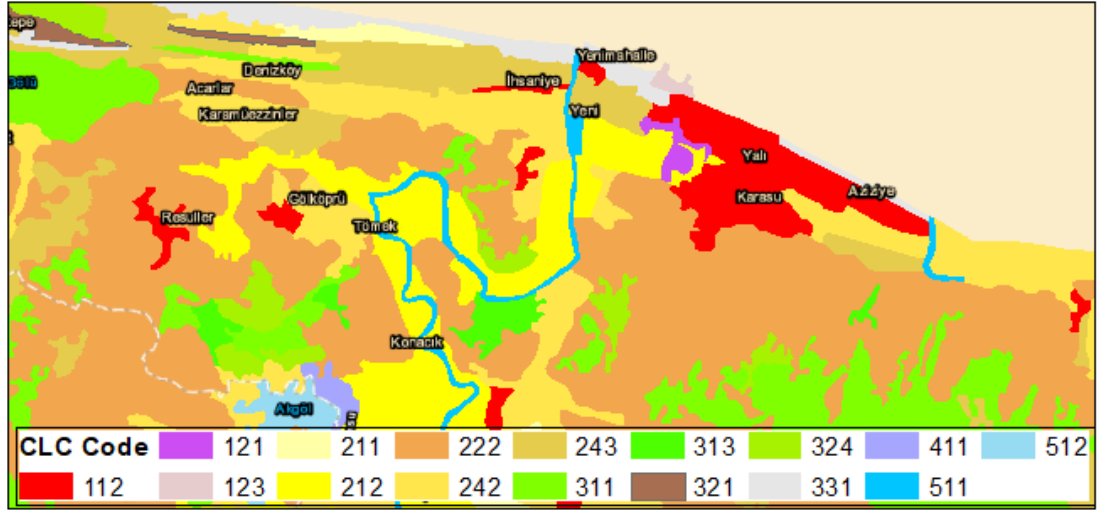
Tin verisi ile raster verisi, 0.5 m hassasiyetli olacak şekilde üretilmiştir. Ardından bölge bina verileri raster verisinin üzerine işlenmiştir. (Şekil 6.5.)



Şekil 6.5. Bölge binaların işlendiği raster verisi

6.4. Manning Pürüzlülük Haritası

Çalışma sahasına ait manning pürüzlülük haritasının hazırlanması için 2018 yılında yayımlanan arazi kullanım haritası AÇA'nın veri havuzundan sağlanmıştır. Haritada yer alan arazi kullanım sınıflamasına göre atanan bir CLC kodu bulunmaktadır. Bu kodlara karşılık gelen manning değerleri de Tablo 5.1.'de seçilmiştir. Çalışma için gerekli manning pürüzlülük değerleri Tablo 6.3.'de paylaşılmıştır. Bölge pürüzlülük haritası Şekil 6.6.'daki, CLC arazi kullanım haritasına Tablo 6.3.'teki değerler girilerek elde edilmiştir.

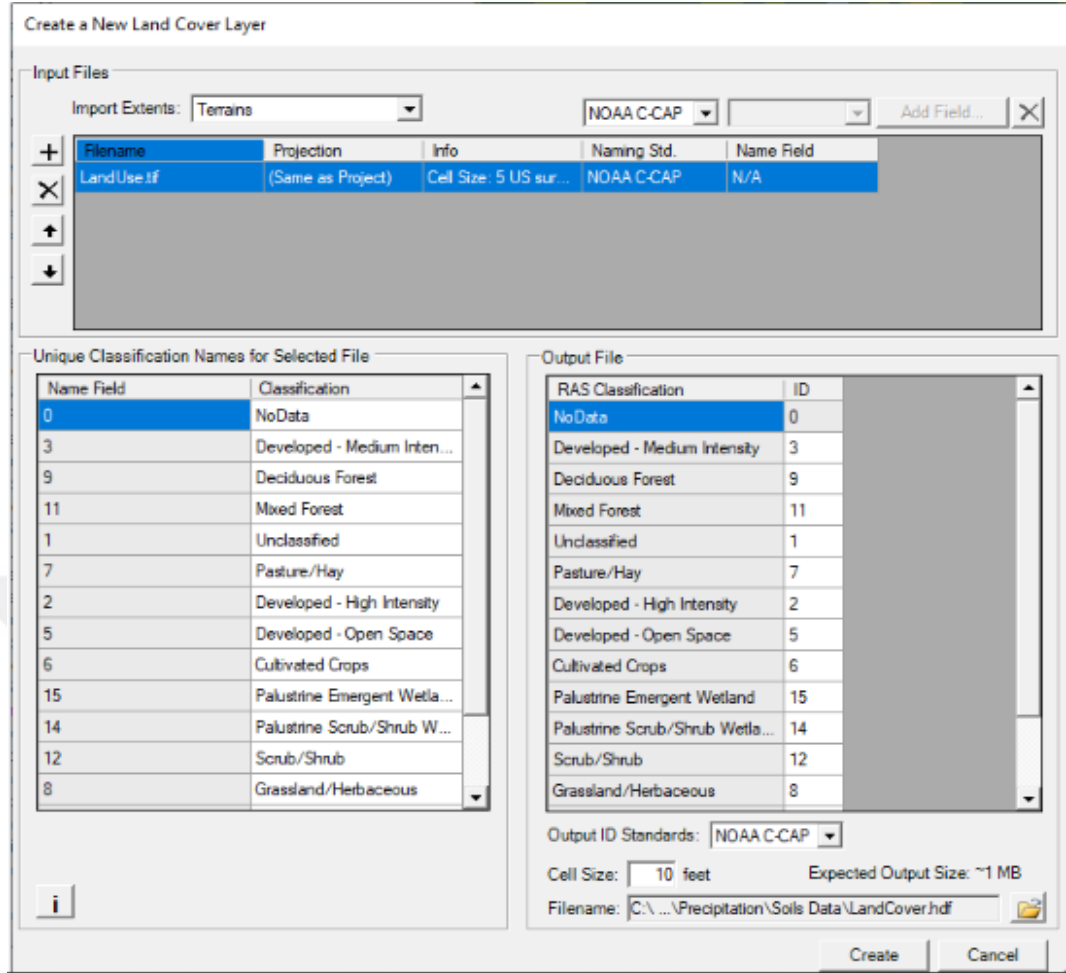


Şekil 6.6. Corine arazi kullanım haritası

Tablo 6.3. CLC Kodlarına ait manning pürüzlülük değerleri

CLC kod	Arazi	Manning Değerleri
112	Süresiz kentsel doku	0.013
121	Endüstriyel veya ticari üniteler	0.013
123	Liman alanları	0.013
211	Sulanmayan ekilebilir arazi	0.03
212	Sürekli sulanan arazi	0.03
222	Meyve ağaçları ve meyve tarlaları	0.08
242	Karmaşık yetiştirme kalıpları yetiştirme kalıpları	0.04
243	Önemli doğal bitki örtüsüne sahip, esas olarak tarım tarafından işgal edilen arazi	0.05
311	Geniş yapraklı orman	0.1
313	Karışık orman	0.1
321	Doğal çayırlar	0.04
324	Geçiş ormanlık-çalı	0.06
331	Plajlar, kum tepeleri, kumlar	0.025
411	Bataklılar	0.04
511	Su kursları	0.05
512	Su kütleleri	0.05

CBS ortamında pürüzlülük haritası polygonlara ayrılmış, Tablo 6.3.'teki manning değerleri bölgelere tanımlanmıştır. Daha sonra oluşturulan polygonlar CBS ortamından HEC-RAS programına tanımlanmıştır.

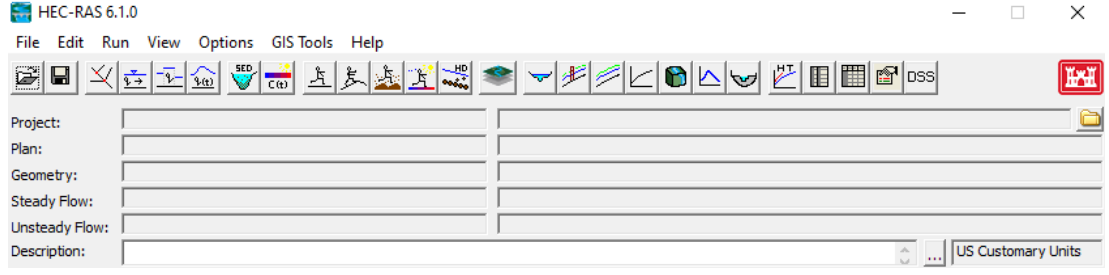


Şekil 6.7. Manning pürüzlülük değerlerinin HEC-RAS programına girilmesi

Şekil 6.7.'de görülen arazi örtüsü katmanı arayüzü ile, manning haritası HEC-RAS programına aktarılmıştır.

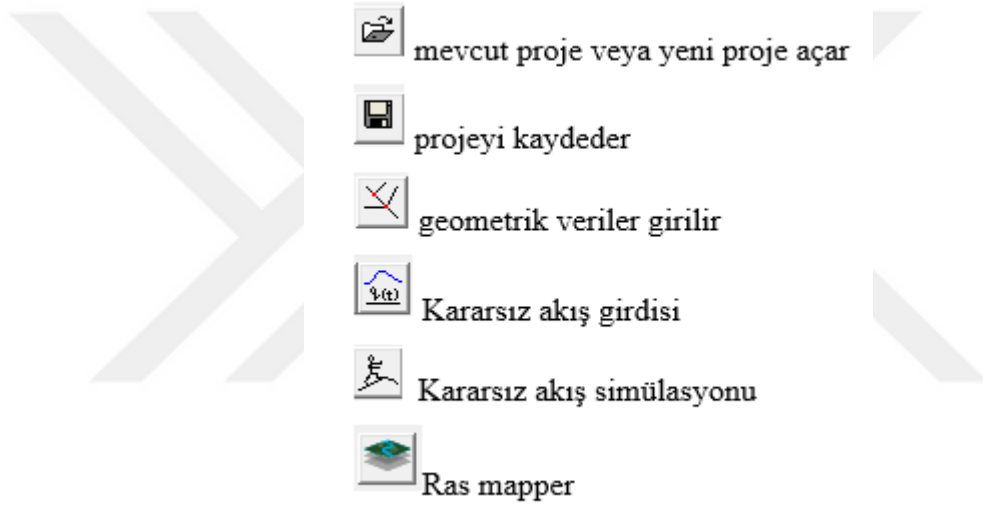
6.5. HEC-RAS Hidrolik Modeli

HEC-RAS programı başlangıç arayüzü Şekil 6.8.'deki gibi olup birçok farklı analiz, hesaplama yöntemi ve sonuç raporlama işlevleri bu arayüz üzerinden gerçekleştirilebilmektedir.



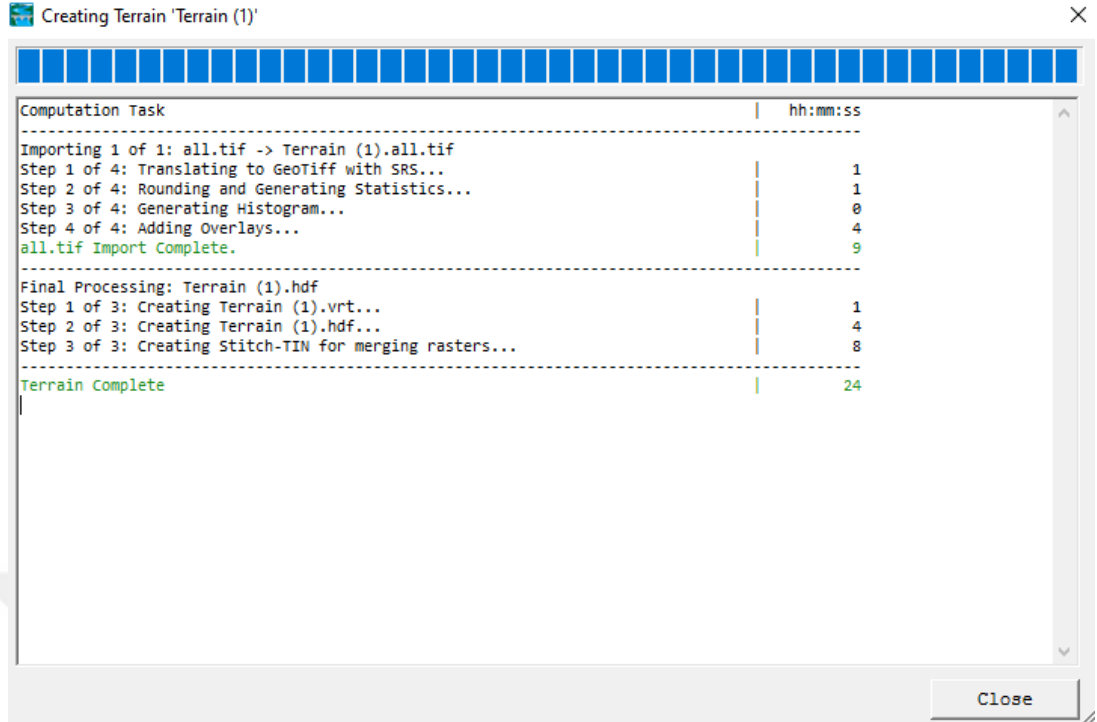
Şekil 6.8. HEC-RAS Başlangıç arayüzü

Başlangıç arayüzü üzerinden 2 boyutlu kararsız akış taşkın analizi için kullandığımız işlev erişimleri Şekil 6.9.'daki bağlantılar ile gerçekleştirilmiştir.



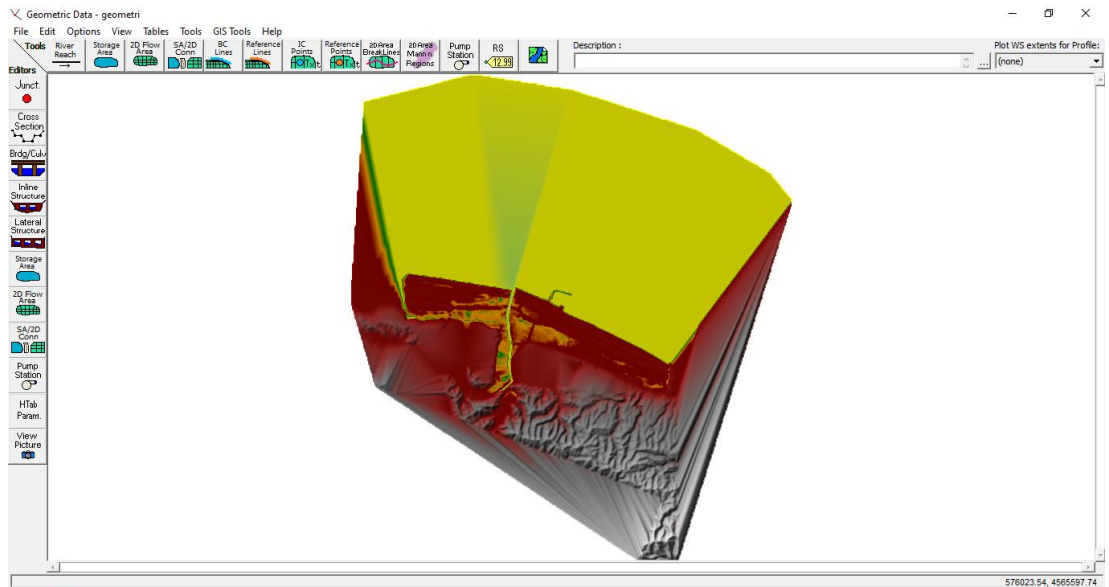
Şekil 6.9. HEC-RAS programında kullanılan işlev erişimleri

Ras mapper köprüsü kullanılarak SAM verisi, HEC-RAS ortamına aktarılmıştır.



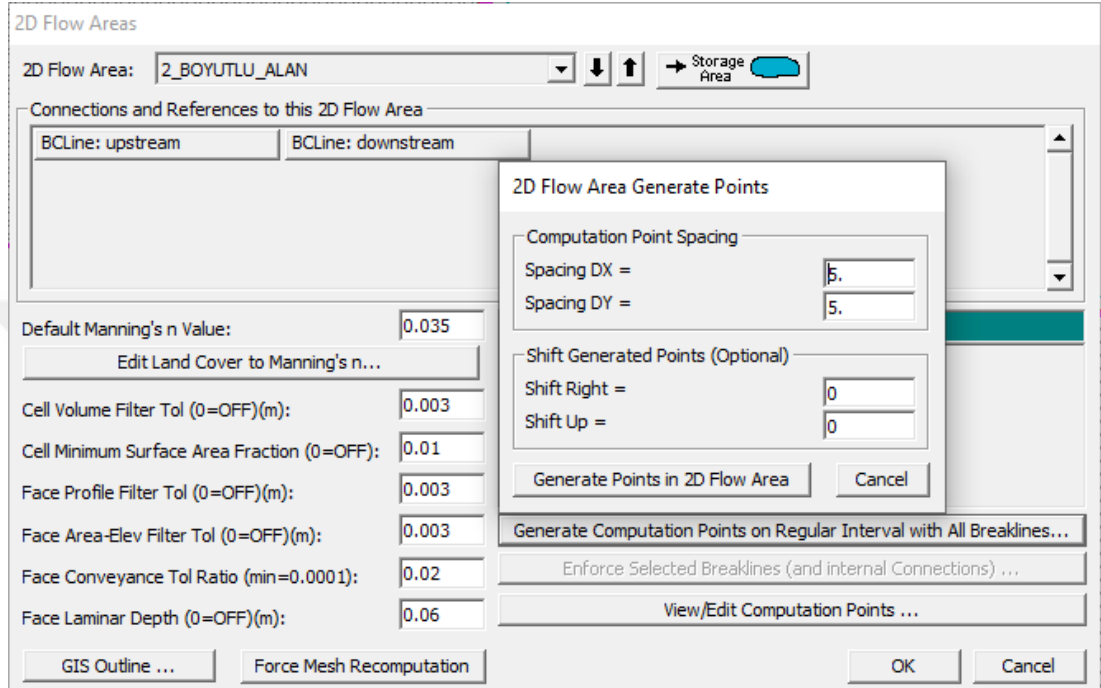
Şekil 6.10. RAS Mapper ile yüzey modelinin HEC-RAS programına aktarılması

Geometrik verilerin girilmesi için yukarıda gösterilen pencerelerden geometri işlevi ile karışımıza çıkan ekranda modele girdi olarak, tanımlanan arazi modelini Şekil 6.11.'de görülebilmektedir.



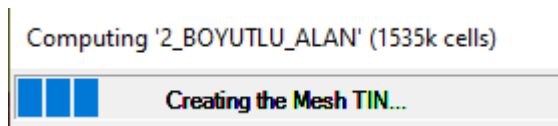
Şekil 6.11. HEC-RAS Programında geometrik veri arayüzü

Programa 2 boyutlu taşkın sahasını tanımlarken kullanılan 2 boyutlu akış alanı arayüzü Şekil 6.12.'de verilmiştir. Karesel alanlar, 5m x 5m olarak tanımlanmış, böylece hem modelin çalışma hızını istenen seviyeye getirilmiş hem de çalışma bölgesi için yeterli detay verdiği öngörülmüştür.



Şekil 6.12. HEC-RAS Programına 2 boyutlu alan tanımlanması

Oluşturulan karesel alan, çalışma sahasında toplam 1.535.000 adet karesel hücre olarak tanımlanmıştır (Şekil 6.13.).



Şekil 6.13. 2 Boyutlu alanın oluşturulması

2 boyutlu modeller sadece kararsız akım ile çalışmaktadır. Kararsız akım memba ve mansap sınır şartlarını belirlemek için Şekil 6.14.'teki program kararsız akım arayüzü açılmıştır.

Unsteady Flow Data - q500_uns

File Options Help

Description:

Boundary Conditions | Initial Conditions | Meteorological Data | Observed Data

Boundary Condition Types

Stage Hydrograph	Flow Hydrograph	Stage/Flow Hydr.	Rating Curve
Normal Depth	Lateral Inflow Hydr.	Uniform Lateral Inflow	Groundwater Interflow
T.S. Gate Openings	Elev Controlled Gates	Navigation Dams	IB Stage/Flow
Rules	Precipitation		

Add Boundary Condition Location

Add RS ... Add SA/2D Flow Area ... Add SA/2D Area Conn ... Add Pump Station ...

Select Location in table then select Boundary Condition Type

River	Reach	RS	Boundary Condition
Storage/2D Flow Areas			Boundary Condition
1	2_BOYUTLU_ALAN	BCLine: upstream	Flow Hydrograph
2	2_BOYUTLU_ALAN	BCLine: downstream	Normal Depth

Şekil 6.14. Kararsız akım veri giriş arayüzü

Memba sınır koşulu için elde edilen tekerrürlü taşkın debilerine ait hidrograflar Şekil 6.15.'te belirttiği gibi girilmiştir. Mansap sınır koşulu için deniz kıyısı ile bağlantılı olması sebebi ile Şekil 6.16.'da görüldüğü gibi normal su derinliği 0.001 metre olarak girilmiştir.

Flow Hydrograph

2D: 2_BOYUTLU_ALAN BCLine: upstream

☐ Read from DSS before simulation Select DSS file and Path

File:

Path:

☒ Enter Table Data time interval: 1 Hour

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☐ Use Simulation Time: Date: 03SEP2008 Time: 03:00

☒ Fixed Start Time: Date: 03SEP2008 Time: 03:00

No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

Hydrograph Data			
	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m ³ /s)
1	03Sep2008 0300	00:00:00	0
2	03Sep2008 0400	01:00:00	287.54
3	03Sep2008 0500	02:00:00	1052.274
4	03Sep2008 0600	03:00:00	2031.134
5	03Sep2008 0700	04:00:00	2447.151
6	03Sep2008 0800	05:00:00	2153.491
7	03Sep2008 0900	06:00:00	1615.119
8	03Sep2008 1000	07:00:00	1113.453
9	03Sep2008 1100	08:00:00	783.088
10	03Sep2008 1200	09:00:00	550.609
11	03Sep2008 1300	10:00:00	379.308
12	03Sep2008 1400	11:00:00	259.398
13	03Sep2008 1500	12:00:00	183.536
14	03Sep2008 1600	13:00:00	135.817
15	03Sep2008 1700	14:00:00	88.097

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

☐ Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step):

Min Flow: Multiplier: EG Slope for distributing flow along BC Line: 0.05 ☒ TW

Plot Data OK Cancel

Şekil 6.15. Memba sınır koşulu olarak debilerin girilmesi

Normal Depth Downstream Boundary

2D: 2_BOYUTLU_ALAN BCLine: downstream

Friction Slope:

2D Flow Area Boundary Condition Parameters

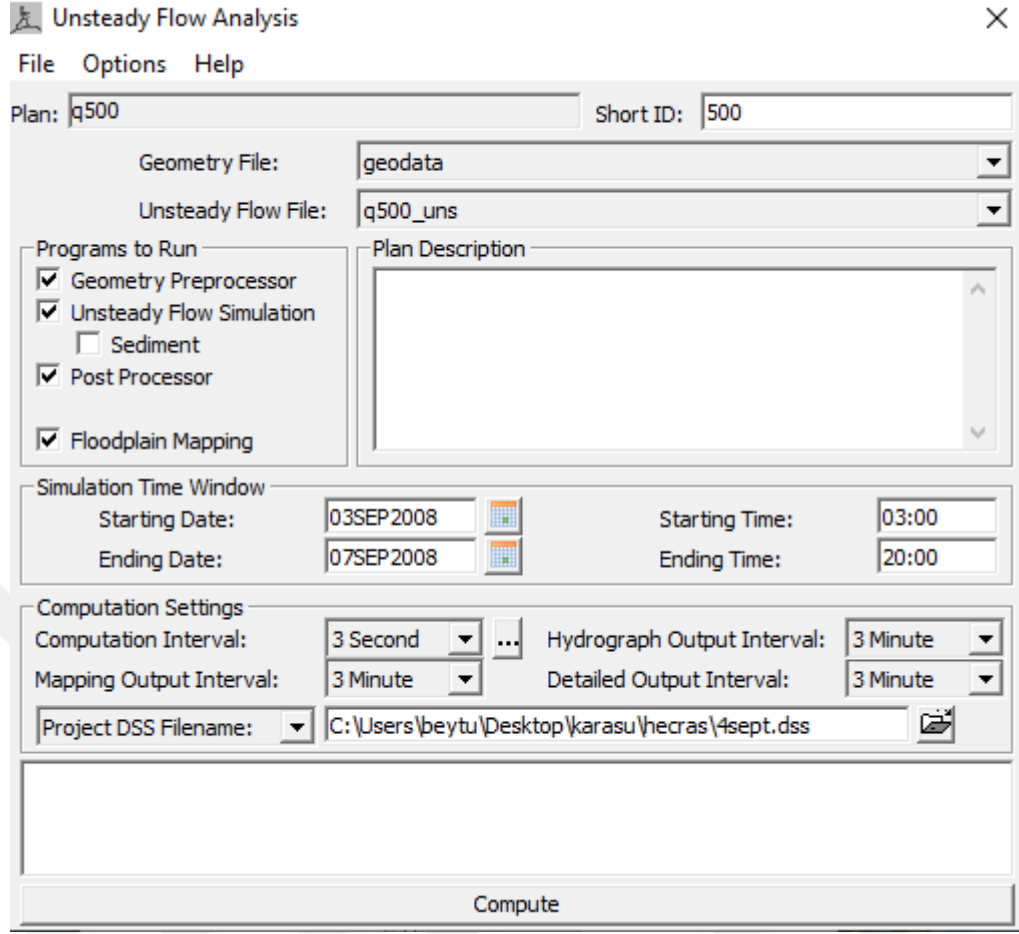
☒ Compute separate water surface elevation per face along BC Line

☐ Compute single water surface for entire BC Line

OK Cancel

Şekil 6.16. Mansap sınır şartı olarak su derinliğinin tanımlanması

Son olarak model kararsız akım simülatör ile çalıştırılmıştır. Burada simülasyonun başlangıç tarihi ve saati, kullanılacak geometri dosyası, kararsız akım girdileri ve hangi aralıklarla simülasyon sonucu istendiği bilgileri tanımlanmıştır.(Şekil 6.17.)



Şekil 6.17. 2 Boyut kararsız akım simülasyonunun çalıştırılması

6.6. Taşkın Derinlik Haritaları

Modelde farklı tekerrürlü taşkın debilerine göre simülasyon analizi yapılarak taşkın derinlik haritaları elde edilmiştir. Q2 ve Q5 debileri için nehir dışında bir taşkın gözlemlenmediği için bu debilere ait taşkın derinlik haritaları paylaşılmamıştır. Elde edilen maksimum taşkın yayılım alanları ve etkilenen bölgelerle ilgili bilgiler şu şekildedir;



Şekil 6.18. Q500 Derinlik haritası

Şekil 6.18.'de yer alan Q500 derinlik haritası incelendiğinde; 166.84 hektar alan 1 metrenin üzerinde, 33.55 hektar alan 0.75 ile 1 metre arasında, 77.74 hektar alan 0.50 ile 0.75 metre arasında, 137.7 hektar alan 0.25 ile 0.50 metre arasında, 122.54 hektar alan 0.25 metre su derinliğinden etkilenmektedir. Ayrıca binaların 125 tanesi 1 metrenin üzerinde, 110 tanesi 0.75 ile 1 metre arasında, 106 tanesi 0.50 ile 0.75 metre arasında, 152 tanesi 0.25 ile 0.50 metre arasında, 251 tanesi 0.25 metrenin altında, su derinliğinden etkilenmektedir.



Şekil 6.19. Q100 Derinlik haritası

Şekil 6.19.'da yer alan Q100 derinlik haritası incelendiğinde; 109.24 hektar alan 1 metrenin üzerinde, 22.24 hektar alan 0.75 ile 1 metre arasında, 27.2 hektar alan 0.50 ile 0.75 metre arasında, 27.6 hektar alan 0.25 ile 0.50 metre arasında, 70.74 hektar alan 0.25 metre su derinliğinden etkilenmektedir. Ayrıca binaların 43 tanesi 1 metrenin üzerinde, 31 tanesi 0.75 ile 1 metre arasında, 76 tanesi 0.50 ile 0.75 metre arasında, 91 tanesi 0.25 ile 0.50 metre arasında, 95 tanesi 0.25 metrenin altında, su derinliğinden etkilenmektedir.



Şekil 6.20. Q50 Derinlik haritası

Şekil 6.20.'de yer alan Q50 derinlik haritası incelendiğinde; 78.53 hektar alan 1 metrenin üzerinde, 18.67 hektar alan 0.75 ile 1 metre arasında, 24.31 hektar alan 0.50 ile 0.75 metre arasında, 26.51 hektar alan 0.25 ile 0.50 metre arasında, 26.83 hektar alan 0.25 metre su derinliğinden etkilenmektedir. Ayrıca binaların 7 tanesi 1 metrenin üzerinde, 23 tanesi 0.75 ile 1 metre arasında, 38 tanesi 0.50 ile 0.75 metre arasında, 40 tanesi 0.25 ile 0.50 metre arasında, 30 tanesi 0.25 metrenin altında, su derinliğinden etkilenmektedir.



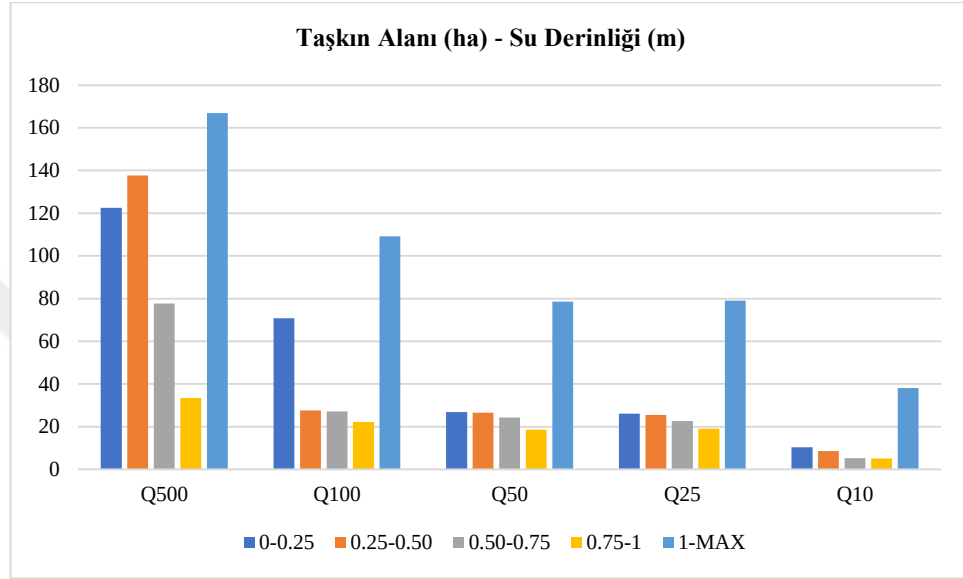
Şekil 6.21. Q25 Derinlik haritası

Şekil 6.21.'de yer alan Q25 derinlik haritası incelendiğinde; 79.09 hektar alan 1 metrenin üzerinde, 19.05 hektar alan 0.75 ile 1 metre arasında, 22.71 hektar alan 0.50 ile 0.75 metre arasında, 25.46 hektar alan 0.25 ile 0.50 metre arasında, 26.06 hektar alan 0.25 metre su derinliğinden etkilenmektedir. Ayrıca binaların 7 tanesi 1 metrenin üzerinde, 23 tanesi 0.75 ile 1 metre arasında, 38 tanesi 0.50 ile 0.75 metre arasında, 58 tanesi 0.25 ile 0.50 metre arasında, 59 tanesi 0.25 metrenin altında, su derinliğinden etkilenmektedir.

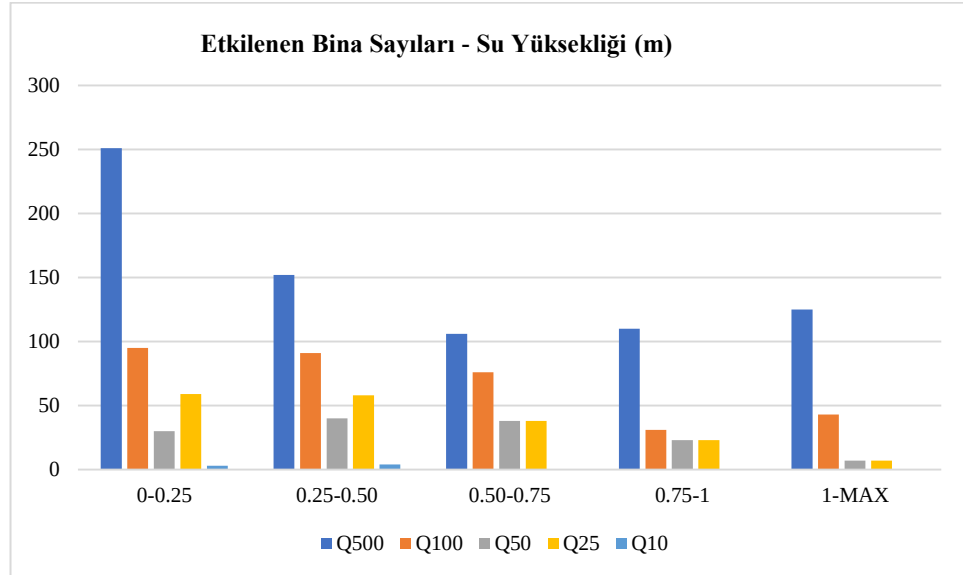


Şekil 6.22. Q10 Derinlik haritası

Şekil 6.22.'de yer alan Q10 derinlik haritası incelendiğinde; 38.10 hektar alan 1 metrenin üzerinde, 5.07 hektar alan 0.75 ile 1 metre arasında, 5.36 hektar alan 0.50 ile 0.75 metre arasında, 8.63 hektar alan 0.25 ile 0.50 metre arasında, 10.43 hektar alan 0.25 metre su derinliğinden etkilenmektedir. Ayrıca binaların, 4 tanesi 0.25 ile 0.50 metre arasında, 3 tanesi 0.25 metrenin altında, su derinliğinden etkilenmektedir.



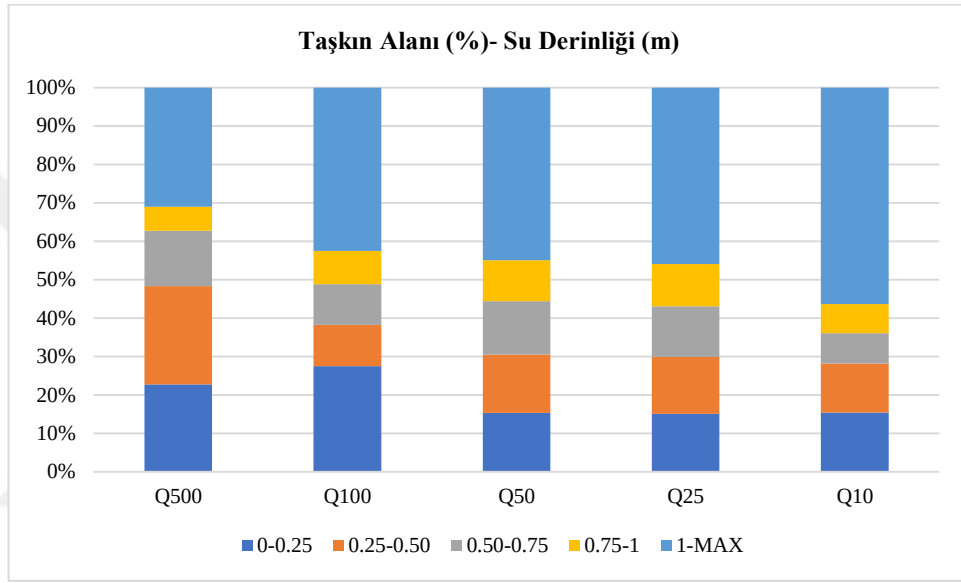
Şekil 6.23. Etkilenen taşkın alanı (ha), su derinliği grafiği



Şekil 6.24. Etkilenen bina sayıları, su yüksekliği ilişkisi

Şekil 6.23. ve Şekil 6.24.'te yeralan, tekerrürlü taşkın debilerinin etkiledikleri alan bina sayılarına bakıldığında, tüm su yüksekliklerinde, 500 yıllık tekerrürün en fazla

sayıda binayı etkilediği görülmektedir. 0.25 metre altındaki etkilenen bina sayılarına bakıldığında 25 yıllık tekerrürün 50 yıllık tekerrüre göre daha fazla binayı etkilediği görülmektedir. Bu durumu 25 yıllık tekerrürde su hızının yavaş olması ve suyun yayılması olarak açıklayabiliriz. Aynı durum 0.25 ile 0.50 metre arasında etkilenen bina sayılarında da görülebilmektedir. 10 yıllık tekerrürün fazla yayılamadığı ve su yüksekliğinin 0.50 metre üzerinde, bölgede herhangi bir binayı etkilemediği görülmektedir.



Şekil 6.25. Etkilenen taşkın alanı yüzdesi ile su derinliği grafiği

Şekil 6.25.'te yer alan taşkın alanı yüzde olarak su altında kalan alanlar farklı tekerrürler için incelendiğinde; 500 yıllık tekerrürde, 0.25 metre altında etkilenen alanlar ile 0.25 metre ile 0.50 metre arasında etkilenen alanlar yaklaşık olarak eşit olduğu ve en az 0.75 ile 1 metre arasındaki su derinliğinden etkilenen alan olduğu görülmektedir. 100, 50, 25 ve 10 yıllık tekerrürlerde ise 1 metre üzerinde olan alanlar yüzdesi en fazla su derinliğinden etkilenmiştir.

Tablo 6.4. Yinelemeli taşkınların su derinliğinden etkilenen bina sayıları

Su Derinliği (m)	Q500	Q100	Q50	Q25	Q10
0-0.25	251	95	30	59	3
0.25-0.50	152	91	40	58	4
0.50-0.75	106	76	38	38	0
0.75-1	110	31	23	23	0
1-Max	125	43	7	7	0

Tablo 6.4. incelediğinde 500, 100 ve 25 yıllık tekerrürde, 0.25 metre altındaki su derinliklerinde, en fazla bina sayıları taşkından etkilendiği; 50 ve 10 yıllık tekerrürlerde 0.25 ile 0.50 metrelik su derinliklerinde en fazla bina sayılarının taşkından etkilendiği görülmektedir.

Tablo 6.5. Yinelemeli taşkınların su derinliğinden etkilenen alan(ha)

Su Derinliği (m)	Q500	Q100	Q50	Q25	Q10
0-0.25	122.54	70.74	26.83	26.06	10.43
0.25-0.50	137.7	27.6	26.51	25.46	8.63
0.50-0.75	77.74	27.2	24.31	22.71	5.36
0.75-1	33.55	22.24	18.67	19.05	5.07
1-MAX	166.84	109.24	78.53	79.09	38.1

Tablo 6.5. incelendiğinde tüm tekerrürlü taşkınlarda en fazla etkilenen alanın 1 metreden fazla olduğu görülmektedir.

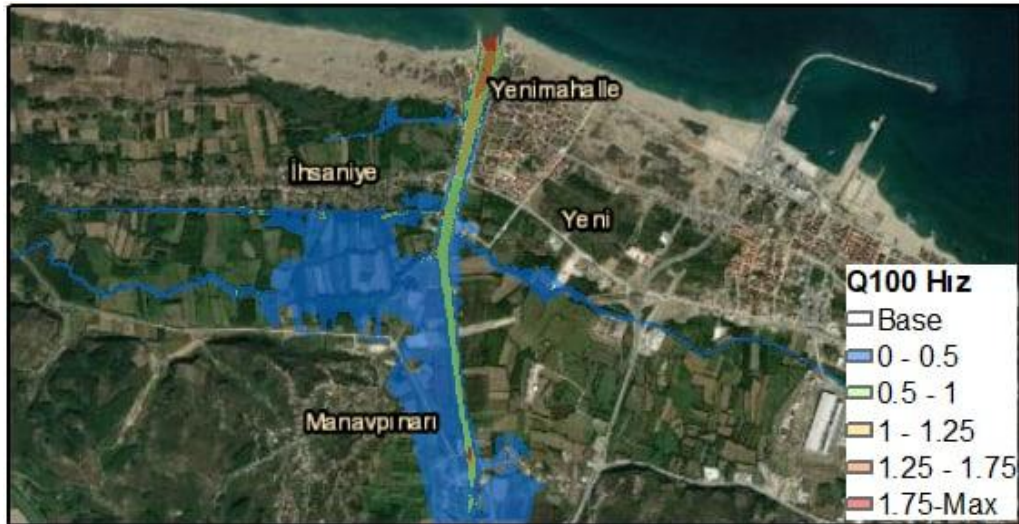
6.7. Taşkın Hız Haritaları

Modelde farklı tekerrürlü taşkın debilerine göre taşkın yayılım analizi yapılarak su akış hızı haritaları elde edilmiştir. Q2 ve Q5 debileri için nehir dışında bir taşkın gözlemlenmediği için bu debilere ait su akış hızı haritaları paylaşılmamıştır. Elde edilen maksimum taşkın yayılım alanları ve etkilenen bölgelerle ilgili bilgiler şu şekildedir;



Şekil 6.26. Q500 Hız haritası

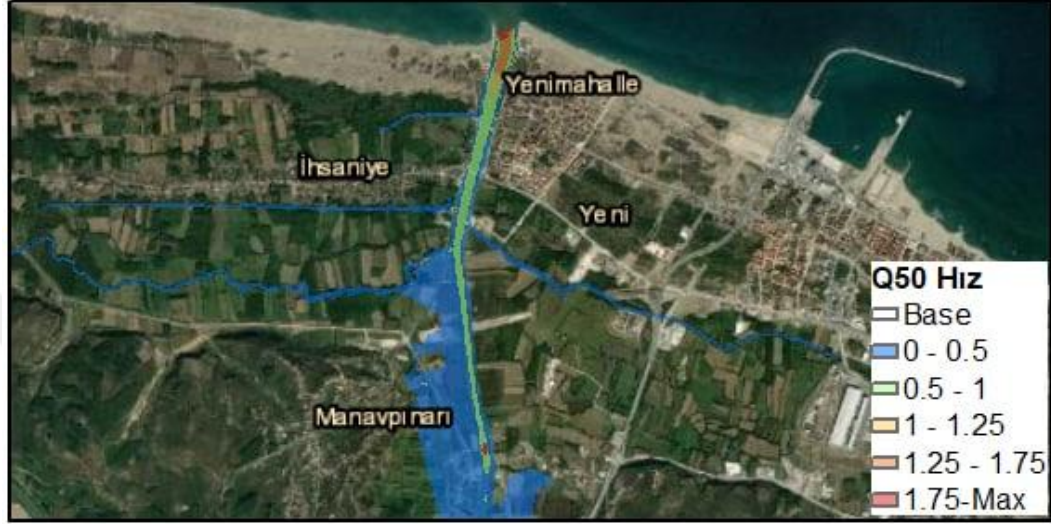
Şekil 6.26.'da yer alan Q500 su akış hızı haritası incelendiğinde; 4.28 hektar alan 1.75 m/sn üzerinde, 5.87 hektar alan 1.25 ile 1.75 m/sn arasında, 3.48 hektar alan 1 ile 1.25 m/sn arasında, 24.7 hektar alan 0.50 ile 1 m/sn arasında, 500.05 hektar alan 0.50 m/sn su hızından etkilenmektedir. Ayrıca binaların 5 tanesi 1.75 m/sn üzerinde, 6 tanesi 1.25 ile 1.75m/sn arasında, 8 tanesi 1 ile 1.25 m/sn arasında, 46 tanesi 0.50 ile 1 m/sn arasında, 384 tanesi 0.5 m/sn altında, su hızından etkilenmektedir.



Şekil 6.27. Q100 Hız haritası

Şekil 6.27.'de yer alan Q100 su akış hızı haritası incelendiğinde; 1.27 hektar alan 1.75 m/sn üzerinde, 2.78 hektar alan 1.25 ile 1.75 m/sn arasında, 4.33 hektar alan 1

ile 1.25 m/sn arasında, 17.59 hektar alan 0.50 ile 1 m/sn arasında, 231.05 hektar alan 0.50 m/sn su hızından etkilenmektedir. Ayrıca binaların 4 tanesi 1.75 m/sn üzerinde, 10 tanesi 1.25 ile 1.75m/sn arasında, 11 tanesi 1 ile 1.25 m/sn arasında, 33 tanesi 0.50 ile 1 m/sn arasında, 132 tanesi 0.5 m/sn altında, su hızından etkilenmektedir.



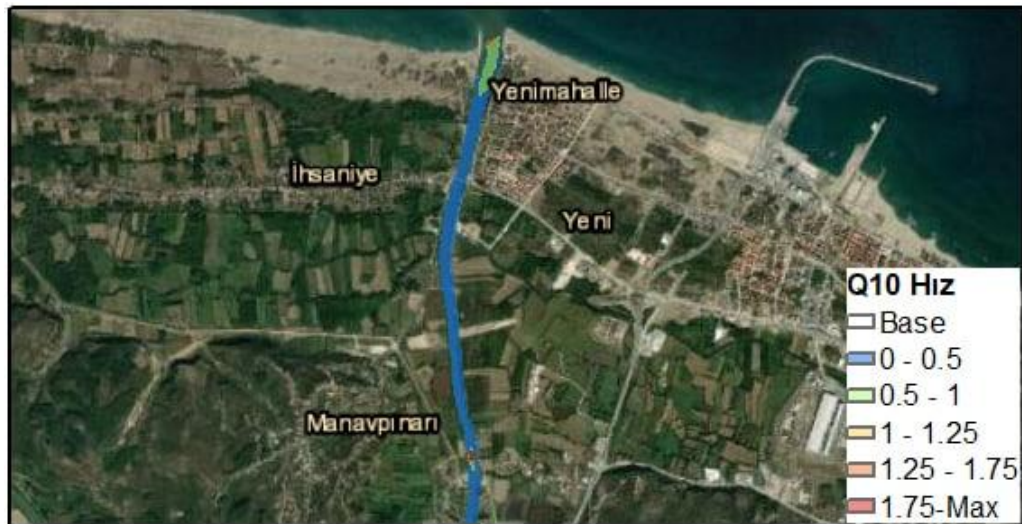
Şekil 6.28. Q50 Hız haritası

Şekil 6.28.'de yer alan Q50 su akış hızı haritası incelendiğinde; 0.71 hektar alan 1.75 m/sn üzerinde, 2.22 hektar alan 1.25 ile 1.75 m/sn arasında, 1.96 hektar alan 1 ile 1.25 m/sn arasında, 16.67 hektar alan 0.50 ile 1 m/sn arasında, 153.28 hektar alan 0.50 m/sn su hızından etkilenmektedir. Ayrıca binaların 1 tanesi 1.75 m/sn üzerinde, 2 tanesi 1.25 ile 1.75m/sn arasında, 3 tanesi 1 ile 1.25 m/sn arasında, 23 tanesi 0.50 ile 1 m/sn arasında, 56 tanesi 0.5 m/sn altında, su hızından etkilenmektedir.



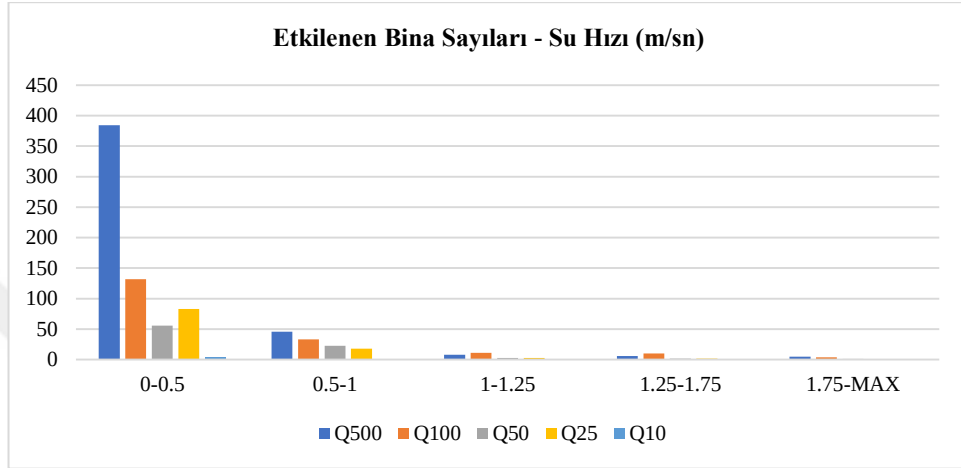
Şekil 6.29. Q25 Hız haritası

Şekil 6.29.'da yer alan Q25 su akış hızı haritası incelendiğinde; 0.74 hektar alan 1.75 m/sn üzerinde, 2.10 hektar alan 1.25 ile 1.75 m/sn arasında, 2.06 hektar alan 1 ile 1.25 m/sn arasında, 16.50 hektar alan 0.50 ile 1 m/sn arasında, 150.97 hektar alan 0.50 m/sn su hızından etkilenmektedir. Ayrıca binaların hiçbirisi 1.75 m/sn üzerinde taşkından etkilenmezken, 2 tanesi 1.25 ile 1.75m/sn arasında, 3 tanesi 1 ile 1.25 m/sn arasında, 18 tanesi 0.50 ile 1 m/sn arasında, 83 tanesi 0.5 m/sn altında, su hızından etkilenmektedir.



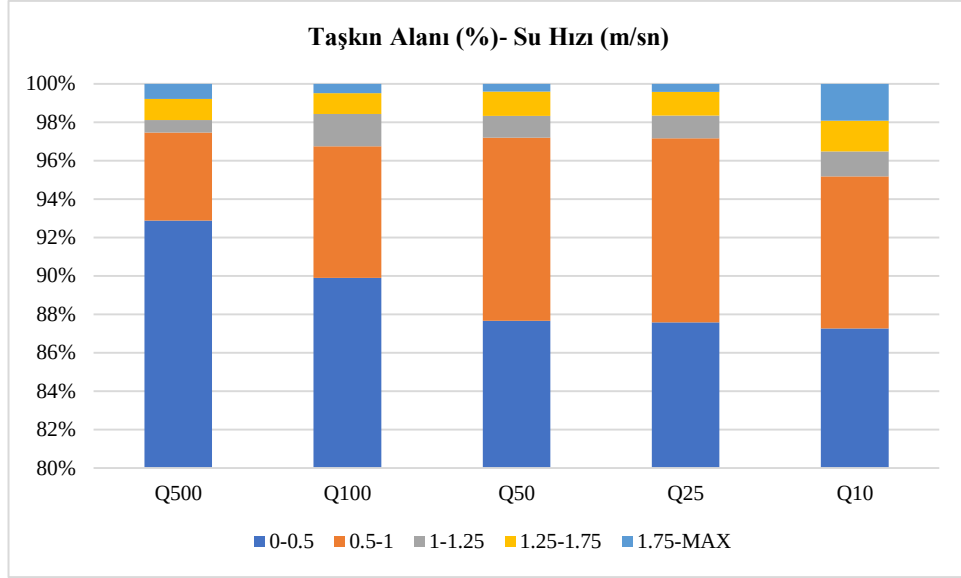
Şekil 6.30. Q10 Hız haritası

Şekil 6.30.'da yer alan Q10 su akış hızı haritası incelendiğinde; 1.3 hektar alan 1.08 m/sn üzerinde, 1.08 hektar alan 1.25 ile 1.75 m/sn arasında, 0.88 hektar alan 1 ile 1.25 m/sn arasında, 5.35 hektar alan 0.50 ile 1 m/sn arasında, 59.0 hektar alan 0.50 m/sn su hızından etkilenmektedir. Ayrıca binaların 4 tanesi 0.5 m/sn altında, su hızından etkilenmektedir. Diğer hız seviyelerinde etkilenen bina bulunmamaktadır.



Şekil 6.31. Yinelemeli taşkınların su hızı ile etkilenen bina sayıları ilişkisi

Şekil 6.31.'deki yinelemeli taşkın, su hızı, bina sayısı ilişkisi grafiği incelendiğinde, tüm tekerrürler için toplam bina sayısının büyük bölümünün 0.5 m/sn'lik su hızına maruz kaldığı görülmektedir. Bu durum nehir yatağından uzaklaştıkça taşkın hızının düştüğü ve kentsel bölgelere doğru yayıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 6.32. Yinelemeli taşkınların su hızı ile etkilenen taşkın alanı yüzdelik ilişkisi

Şekil 6.32.'deki, taşkın alanı yüzdesi ile su hızı ilişkisine bakıldığında, toplam yayılım sahasında 0.50 m/sn'nin altındaki su hızının yaygın olarak gözlemlendiği söylenebilir.

Tablo 6.6. Yinelemeli taşkınların su hızlarının etkiledikleri bina sayıları

Su Hızı (m/sn)	Q500	Q100	Q50	Q25	Q10
0-0.5	384	132	56	83	4
0.5-1	46	33	23	18	0
1-1.25	8	11	3	3	0
1.25-1.75	6	10	2	2	0
1.75-Max	5	4	1	0	0

Tablo 6.6. ve 6.7. incelendiğinde, yinelemeli taşkınların her birinde 0.50 m/sn altındaki su hızlarının, hem bina sayısı hem de yayılım alanında etkin olduğu görülmektedir.

Tablo 6.7. Yinelemeli taşkınların su hızlarının etkiledikleri alan (ha)

Su Hızı (m/sn)	Q500	Q100	Q50	Q25	Q10
0-0.5	500.05	231.05	153.28	150.97	59
0.5-1	24.7	17.59	16.67	16.5	5.35
1-1.25	3.48	4.33	1.96	2.06	0.88
1.25-1.75	5.87	2.78	2.22	2.1	1.08
1.75-MAX	4.28	1.27	0.71	0.74	1.3

6.8. Taşkın Tehlike Haritaları

Taşkın'da tehlike, meydana gelen taşkın derinliği ve su hızı ile doğru orantılıdır. Tehlike derecelendirmesi bu iki faktöre göre değerlendirilmiştir. Tehlike derecelendirme parametreleri sınır aralıkları Tablo 6.8.'de belirtilmiştir. Sınır aralıkları derinlik ve hız çarpanlarının minimum ve maksimum değerleri üzerinden hesap edilmiştir.

Tablo 6.8. Taşkın tehlikesi derecelendirme parametreleri

TEHLİKE DERECESİ	a : derinlik (m)		b : hız (m/sn)		TEHLİKE=a*b	
	min	max	min	max	min	max
Çok Düşük Tehlikeli	0	0.25	0	0.5	0	0.125
Düşük Tehlikeli	0.25	0.5	0.5	1	0.125	0.5
Tehlikeli	0.5	0.75	1	1.25	0.5	0.9375
Yüksek Tehlikeli	0.75	1	1.25	1.75	0.9375	1.75
Çok Yüksek Tehlikeli	1	Max	1.75	Max	1.75	Max

Tehlike derecelendirmesi çok düşük tehlikeliden çok yüksek tehlikeliye beş kademe olarak ön görülmüştür. Hazırlanmış olan derinlik ve hız haritaları kullanılarak CBS ortamında haritalandırma işlemleri yapılmıştır.



Şekil 6.33. Q500 Taşkın tehlike haritası

Şekil 6.33.'te yer alan Q500 taşkın tehlike haritası incelendiğinde; 34.75 hektar alan çok yüksek tehlikeli, 9.95 hektar alan yüksek tehlikeli, 14.0 hektar alan tehlikeli,

116.63 hektar alan düşük tehlikeli, 363.04 hektar alan çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır. Ayrıca binaların 5 tanesi çok yüksek tehlikeli, 11 tanesi yüksek tehlikeli, 49 tanesi tehlikeli, 104 tanesi düşük tehlikeli, 347 tanesi çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır.



Şekil 6.34. Q100 Taşkın tehlike haritası

Şekil 6.34.'te yer alan Q100 taşkın tehlike haritası incelendiğinde; 27.16 hektar alan çok yüksek tehlikeli, 8.81 hektar alan yüksek tehlikeli, 10.78 hektar alan tehlikeli, 53.82 hektar alan düşük tehlikeli, 156.45 hektar alan çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır. Ayrıca binaların 9 tanesi yüksek tehlikeli, 33 tanesi tehlikeli, 59 tanesi düşük tehlikeli, 108 tanesi çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır. Çok yüksek tehlikeli sınıfında herhangi bir bina bulunmamaktadır.



Şekil 6.35. Q50 Taşkın tehlike haritası

Şekil 6.35.'te yer alan Q50 taşkın tehlike haritası incelendiğinde; 19.08 hektar alan çok yüksek tehlikeli, 11.23 hektar alan yüksek tehlikeli, 8.68 hektar alan tehlikeli, 40.45 hektar alan düşük tehlikeli, 95.41 hektar alan çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır. Ayrıca binaların 1 tanesi yüksek tehlikeli, 5 tanesi tehlikeli, 39 tanesi düşük tehlikeli, 42 tanesi çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır. Çok yüksek tehlikeli sınıfında herhangi bir bina bulunmamaktadır.



Şekil 6.36. Q25 Taşkın tehlike haritası

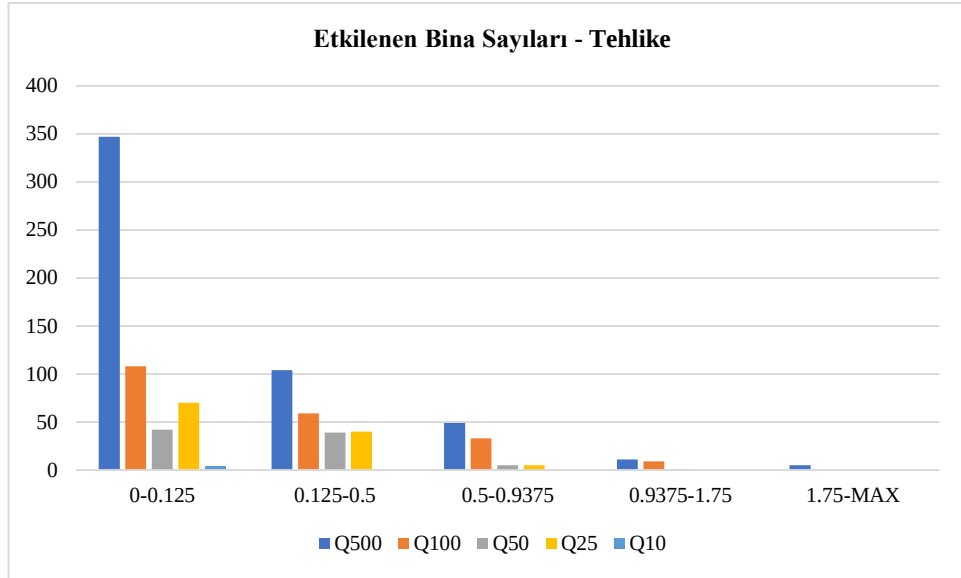
Şekil 6.36.'da yer alan Q25 taşkın tehlike haritası incelendiğinde; 19.85 hektar alan çok yüksek tehlikeli, 11.09 hektar alan yüksek tehlikeli, 9.12 hektar alan tehlikeli,

38.96 hektar alan düşük tehlikeli, 93.36 hektar alan çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır. Ayrıca binaların, 5 tanesi tehlikeli, 40 tanesi düşük tehlikeli, 70 tanesi çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır. Çok yüksek tehlikeli ve yüksek tehlikeli sınıfında herhangi bir bina bulunmamaktadır.



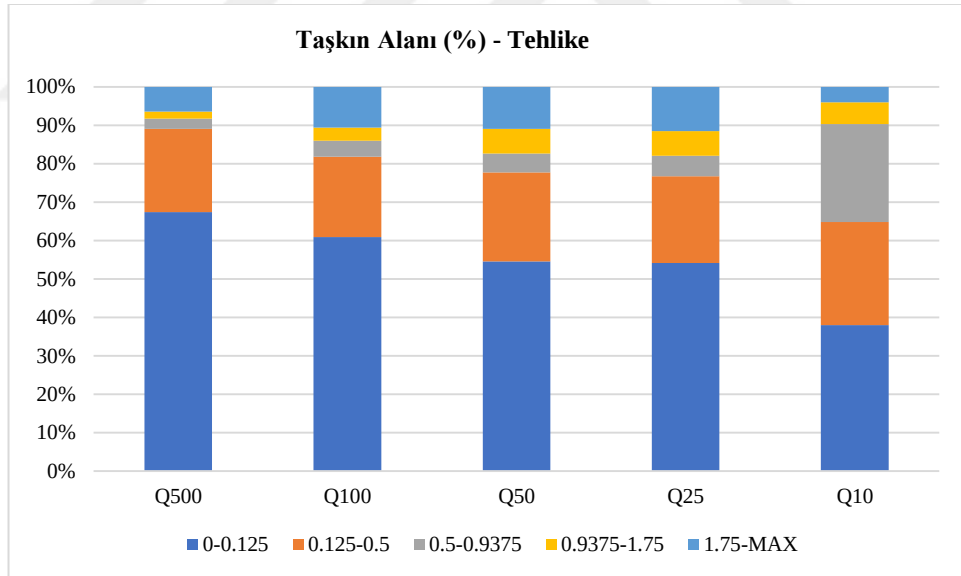
Şekil 6.37. Q10 Taşkın tehlike haritası

Şekil 6.37.'de yer alan Q10 taşkın tehlike haritası incelendiğinde; 2.72 hektar alan çok yüksek tehlikeli, 3.85 hektar alan yüksek tehlikeli, 17.19 hektar alan tehlikeli, 18.17 hektar alan düşük tehlikeli, 25.67 hektar alan çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır. Binaların, sadece 4 tanesi çok düşük tehlikeli sınıfında yer almaktadır. Diğer tehlike sınıflarında herhangi bir bina bulunmamaktadır.



Şekil 6.38. Tehlike açısından etkilenen bina sayıları

Şekil 6.38.'de tehlike açısından bina sayıları incelendiğinde tüm tekerrürler için en fazla etkilenen bina sayısının çok düşük riskli bölgelerde yer aldığı görülmektedir.



Şekil 6.39. Tehlike açısından, etkilenen taşkın yüzdelik alanı

Şekil 6.39.'da taşkın alanı yüzdesel olarak tehlike sınıfları incelendiğinde, tüm tekerrürlerde çok düşük riskli alanların yoğunlukta olduğu görülmektedir.

Tablo 6.9. Yinelemeli taşkınların tehlike bakımından etkiledikleri bina sayıları

Tehlike	Q500	Q100	Q50	Q25	Q10
0-0.125	<u>347</u>	<u>108</u>	<u>42</u>	<u>70</u>	<u>4</u>
0.125-0.5	104	59	39	40	0
0.5-0.9375	49	33	5	5	0
0.9375-1.75	11	9	1	0	0
1.75-Max	5	0	0	0	0

Yinelemeli taşkınların bina sayıları ve etkiledikleri alanlar taşkın tehlikesi bakımından incelediğinde, çok düşük riskli alanların ve binaların sayıca daha fazla olduğu Tablo 6.9. ve Tablo 6.10.'da görülmektedir.

Tablo 6.10. Yinelemeli taşkınların tehlike bakımından etkiledikleri alan (ha)

Tehlike	Q500	Q100	Q50	Q25	Q10
0-0.125	<u>363.04</u>	<u>156.45</u>	<u>95.41</u>	<u>93.36</u>	<u>25.67</u>
0.125-0.5	116.63	53.82	40.45	38.96	18.17
0.5-0.9375	14	10.78	8.68	9.12	17.19
0.9375-1.75	9.95	8.81	11.23	11.09	3.85
1.75-Max	34.75	27.16	19.08	19.85	2.72

Etkilenen Alan (ha)

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nin önemli bir turizm bölgesi olan Karasu İlçesinden geçen Karasu deresine ait taşkın yayılım haritalarının üretilmesi için; Sakarya ili günlük ekstrem yağışlarından yıllık ekstrem yağış değerleri sentetik yöntemler kullanılarak ekstrem yağış hesabı yapılmıştır. Ekstrem yağışların belirlenmesinde; Log-Normal Dağılım, Normal Dağılım, Gumbel Dağılımı ve Pearson Tip III Dağılımı olmak üzere 5 farklı sentetik yöntem kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu Pearson Tip III Dağılımı ile elde edilen ekstrem yağışlar debi hesabında kullanılmıştır. Yağış verilerini kullanarak, havza alanı, birim hidrograf pik süreleri ve suların toplanma zamanı parametreleri ile Karasu deresi için tekerrürlü debi hesabı, mockus yöntemi ile hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Karasu Deresinin 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 yıllık taşkın tekerrür debileri sırasıyla; 124.69 m³/s, 379.04 m³/s, 611.99 m³/s, 971.43 m³/s, 1281.16 m³/s, 1625.53 m³/s, 2447.15 m³/s olarak hesap edilmiştir. Karasu deresi tekerrürlü taşkın haritaları incelendiğinde 2 ve 5 yıllık taşkın tekerrür debilerini geçirecek kapasitededir. Yani dere kesiti bu taşkın debileri için yeterlidir. Karasu Deresinde 10 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilen taşkın yayılım haritası incelendiğinde; 1-2.3 km'ler arasında derenin sol taşkın yatağında 1.3 km²'lik tarım alanına yayılan taşkın sularının tarlalar içerisinde yer alan birkaç adet konutu etkilediği görülmektedir. 25 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilen taşkın yayılım haritası incelendiğinde; 0-4.5 km'ler arasında derenin taşkın yatağında 2.3 km²'lik tarım alanı ve birkaç konutu yayılan taşkın sularının etkilediği görülmektedir. 50 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilen taşkın yayılım haritası incelendiğinde; 25 yıllık taşkın debisi yayılım alanı ile yaklaşık aynı alanı etkilediği fakat taşkın tehlike haritalarının 50 yıllık debi için daha tehlikeli olduğu görülmektedir. 100 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilen taşkın yayılım haritası incelendiğinde; 50 yıllık tehlike haritasına ek olarak taşkının İhsaniye Mahallesi'ni etkilediği görülmektedir. Aynı zamanda mahalle

içerisinden geçen sulama kanalları taşkınının deşarj olması açısından etkili olduğu görülmekle birlikte İhsaniye Mahallesinde birçok konutun taşkından etkilendiği ayrıca görülmektedir. 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisi için üretilen taşkın yayılım haritası incelendiğinde; taşkınının 7.4 km²'lik bir alana yayılım gösterdiği İhsaniye Mahallesinin büyük bir çoğunluğunun taşkın alanı olduğu Karasu ilçe merkezinde yer alan konutların bu taşkından etkilenmediği görülmektedir.

Taşkın tehlikesinin belirlendiği alanlarda yerel ve ulusal, kurum ve kuruluşların alması gereken tedbirler bulunmaktadır. Taşkın afeti yaşanmadan, taşkın sahası olarak belirlenen alanların yapılaşmasına engel olunmalı, imar planlamalarının tehlike haritalarına göre düzenlenmesi gerekmektedir. Taşkın anında ise can kaybını minimize edebilmek için taşkın erken uyarı sistemleri kurularak taşkın acil yönetim planlarına entegre edilmesi gerekmektedir. Taşkın konusunda Karasu ilçesi insanı bilinçlendirilmeli, afet öncesi ve sonrası durumunda yapılması ve yapılmaması gerekenlerin eğitimi verilmelidir.

Sakarya ili Karasu ilçesinden geçen , Karasu nehri ağzında biriken sedimentin temizlenmesi ve Karasu Nehir ağzının açık tutulması gerekmektedir. Taşkın modelinde nehir ağzının kısmen kapalı olması (~130 m) durumu için analizler gerçekleştirilmiştir. Nehir ağzının farklı açıklık veya tamamen kapanması durumu için benzer çalışmalar yapılabilir. Nehir ağzının tıkanmasına sebebiyet veren kum ocağı faaliyetleri engellenmeli veya kontrolü sağlanmalıdır. Nehir ağzı tıkanmasını önleyici nehir ve kıyı yapılarının etkilerine yönelik ileri çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Alfieri, L., B. Bisselink, F. Dottori, G. Naumann, A. de Roo, P. Salamon, K. Wyser, and L. Feyen (2017), Global projections of river flood risk in a warmer world, *Earth's Future*, 5, 171–182, doi:10.1002/2016EF000485.
- [2] Birkholz, Sharon & Muro, M. & Jeffrey, Paul & Smith, Heather. (2014). Rethinking the relationship between flood risk perception and flood management. *Science of The Total Environment*. 478. 12–20. 10.1016/j.scitotenv.2014.01.061.
- [3] Jongman, Brenden. (2018). Effective adaptation to rising flood risk. *Nature Communications*. 9. 10.1038/s41467-018-04396-1.
- [4] Waghwal, R. K., & Agnihotri, P. G. (2019). Flood risk assessment and resilience strategies for flood risk management: A case study of Surat City. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101155>.
- [5] J. Van Alphen, F. Martini, R. Loat, R. Slomp, and R. Passchier, “Flood risk mapping in Europe, experiences and best practices,” *J. Flood Risk Manag.*, vol. 2, no. 4, pp. 285–292, Dec. 2009.
- [6] Bubeck, Philip & Otto, Antje & Weichselgartner, Juergen. (2017). Societal impacts of flood hazards.. 10.1093/acrefore/9780199389407.013.281.
- [7] Sönmez Osman and Doğan Emrah, Asi Nehri Yatağının Taşkın Taşıma Kapasitenin Belirlenmesi, *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 2017.
- [8] Uzuntaş Ömer and Öztürk Serkan, Türkiye’deki Sel ve Taşkın Yönetmelikleri Üzerine Bir Değerlendirme: Farklı Ülkeler ile Karşılaştırma ve Yasal Boşluk Analizi An Assessment on the Flood and Flash Flood Regulations in Turkey: A Comparison with Different Countries and Legal Deficiency Analysis,” *J. Int. Sci. Res.*, 2019.
- [9] Kopar İbrahim, 4 – 6 MART 2004 PULUR ÇAYI (İLİCA-ERZURUM) SEL-TAŞKIN AFETİ, *Doğu Coğrafya Derg.*, 2004.

- [10] E. Doğan, O. Sönmez, E. Yapan, K. Othan, S. Özdemir, and T. Çitgez, Aşağı Sakarya Nehrinde Taşkın Yayılım Haritalarının Elde Edilmesi, *Sak. Univ. J. Sci.*, 2013.
- [11] Francesco Dottori, Peter Salamon, Alessandra Bianchi, Lorenzo Alfieri, Feyera Aga Hirpa, Luc Feyen,.Development and evaluation of a framework for global flood hazard mapping.Advances in Water Resources, Sayı 94, 2016, 87-102, ISSN 0309-1708, <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.05.002>
- [12] Panayotis Prinos, “Review of Flood Hazard Mapping,” FLOODsite Task 3 Review of Flood Hazard Mapping Contract No:GOCE-CT-2004-505420 2008.
- [13] Yanmaz Melih, Akarsu Geçişlerinde Taşkın Kaynaklı Problemlerin Değerlendirilmesi. https://www.academia.edu/7667326/Akarsu_Ge%C3%A7i%C5%9Flerinde_Ta%C5%9Fk%C4%B1n_Kaynakl%C4%B1_Problemlerin_De%C4%9Ferlendirilmesi. Erişim tarihi: 05.02.2022.
- [14] Costabile, Pierfranco & Costanzo, Carmelina & Ferraro, Domenico & Macchione, Francesco & Petaccia, Gabriella. (2020). Performances of the New HEC-RAS Version 5 for 2-D Hydrodynamic-Based Rainfall-Runoff Simulations at Basin Scale: Comparison with a State-of-the Art Model. *Water*. 12. 2326. 10.3390/w12092326.
- [15] Stoleriu, Cristian Constantin & Urzica, Andrei & Miha-Pintilie, Alin. (2019). Improving flood risk map accuracy using high- density LiDAR data and the HEC- RAS river analysis system: A case study from north- eastern Romania. *Journal of Flood Risk Management*. 13. 10.1111/jfr3.12572.
- [16] FEMA, Definitions https://www.fema.gov/pdf/nfip/manual201205/content/22_definitions.pdf. Erişim Tarihi: 20 Mart 2021
- [17] “Doğal Afetler - Meteoroloji Genel Müdürlüğü.” <http://www1.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar>. Erişim Tarihi: 20 Mart 2021
- [18] “Sel Öncesi, Anı Ve Sonrası Tedbirli Olun, Güvende Kalın.” <https://www.afad.gov.tr/sel-oncesi-ani-ve-sonrasi-tedbirli-olun-guvende-kalin>. Erişim Tarihi: 20 Mart 2021
- [19] “Hacettepe Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi (HUDAM).” <http://www.hudam.hacettepe.edu.tr/taskin.shtml>. Erişim Tarihi: 20 Mart 2021

- [20] FEMA, “Unit 1: Floods And Floodplain Management ,” in *Floods and Floodplain Management*, . https://www.fema.gov/pdf/floodplain/nfip_sg_unit_1.pdf. Erişim Tarihi: 25 Mart 2021
- [21] Bettina Menne and Virginia Murray, *Floods in the WHO European Region: health effects and their prevention*. 2013. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/189020/e96853.pdf. Erişim Tarihi: 23 Mart 2021
- [22] “Afet Türleri.” <https://www.afad.gov.tr/afet-turleri>. Erişim Tarihi 05 Mayıs 2022
- [23] Cumali KINACI, *Taşkın Yönetimi*. 2017. http://taskinyonetimi.tarimorman.gov.tr/_engine/_engine/file.axd?file=/Dokumanlar/Taskin_Yonetimi.pdf. Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2022
- [24] Sweeney, Timothy L. Modernized areal flash flood guidance. United States, Office of Hydrology. 1992. NOAA technical memorandum NWS HYDRO ; 44. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/13498>
- [25] ERKAL, Tevfik & TOPGÜL, İlayda. (2020). Aşağı Meriç Nehri akımlarının mevsimsel ve yıllık değişiminin taşkınlar üzerine etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*. 10.17211/tcd.645865.
- [26] W. Zhang, “Unraveling El Niño’s impact on the East Asian Monsoon and Yangtze River summer flooding,” *Geophys. Res. Lett.*, vol. 43, no. 21, pp. 11,375-11,382, Nov. 2016.
- [27] “Three common types of flood explained Zurich Insurance.” <https://www.zurich.com/en/knowledge/topics/flood-and-water-damage/three-common-types-of-flood>. Erişim Tarihi: 08 Mayıs 2022.
- [28] T. Kuleli, “City-based risk assessment of sea level rise using topographic and census data for the Turkish Coastal zone,” *Estuaries and Coasts*, vol. 33, no. 3, pp. 640–651, May 2010.
- [29] Roy, Ashit. (2014). Facts about Tsunami: Its origin, earthquake link and prediction: An Opinion. *J Indian Geophysical Union*. V.18, No.3. 330-335.
- [30] NOAA, “Storm Surge Overview.” <https://www.nhc.noaa.gov/surge/>. Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2022
- [31] Hannah Ritchie and Max Roser, “Natural Disasters - Our World in Data,” *Natural Disasters*, 2014. <https://ourworldindata.org/natural-disasters>. Erişim Tarihi: 17 Ocak 2022

- [32] S. Doocy, A. Daniels, S. Murray, and T. D. Kirsch, "The Human Impact of Floods: A Historical Review of Events 1980-2009 and Systematic Literature Review," *PLoS Curr.*, no. APR 2013, 2013.
- [33] M. Kadioglu, *Afet Yonetimi: Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek*. Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları. 2011 Yayın No: 65
- [34] <https://docplayer.biz.tr/31722187-Turkiye-nin-afet-profil.html>. Erişim Tarihi: 10 Şubat 2022
- [35] Y. KIZMAZ, "Sakarya Kaynarca Havzası Taşkın Yayılım- Tehlike - Risk Haritalarının Sakarya Kaynarca Havzası Taşkın Yayılım- Tehlike - Risk Haritalarının Modellenmesi : Seyren Deresi," 2020. Sakarya Üniversitesi
- [36] Demir, V. & Ülke Keskin, A. (2022). Yeterince akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın debisinin hesaplanması ve taşkın modellemesi (Samsun, Mert Irmağı örneği) . *Geomatik* , 7 (2) , 149-162 . DOI: 10.29128/geomatik.918502
- [37] ÇANTA, Emine & TEMUÇİN KILIÇER, Sebahat & Akinci, Halil. (2022). FLO-2D Yazılımı ile Ardanuç (Artvin) İlçesindeki Pona Deresi ve Örtülü Deresi'nin Taşkın Yayılım Haritalarının Üretilmesi. *Turkish Journal of Remote Sensing and GIS*. 10.48123/rsgis.1058378.
- [38] Oğuz, E. , Oğuz, K. & Öztürk, K. (2022). Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi . *Geomatik* , 7 (3) , 220-234 . DOI: 10.29128/geomatik.972343
- [39] Demir, V. , Beden, N. & Ülke Keskin, A. (2021). Taşkın Modelleme Yöntemlerinin Gözden Geçirilmesi ve Karşılaştırılması . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , Ejosat Special Issue 2021 (ICAENS) , 1013-1021 . DOI: 10.31590/ejosat.1010220
- [40] Tektaş, Y. & Polat, N. (2021). HEC-RAS İle Taşkın Modelleme ve Sentinel-2 Uzaktan Algılama Görüntüsünden Taşkın Hasar Analizi: Diyarbakır İli Çakmak Deresi Çınar Bölgesi Örneği . *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi* , 3 (1) , 28-35 . DOI: 10.51489/tuzal.924926
- [41] Dasallas, Lea & Yeonsu, Kim & an, Hyunuk. (2019). Case Study of HEC-RAS 1D–2D Coupling Simulation: 2002 Baeksan Flood Event in Korea. *Water*. 11. 2048. 10.3390/w11102048.
- [42] Iosub, Marina & Chelariu, Oana Elena. (2015). The Use Of Hec-Ras Modelling In Flood Risk Analysis. *Aerul si apa componente ale mediului*. 10.17378/AWC2015_42.

- [43] Prastica, Rian & Maitri, Caya & Hermawan, A & Nugroho, P & Sutjiningsih, Dwita & Anggraheni, Evi. (2018). Estimating design flood and HEC-RAS modelling approach for flood analysis in Bojonegoro city. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 316. 012042. 10.1088/1757-899X/316/1/012042.
- [44] Samanta, Sailesh & Koloa, Cathy. (2014). Modelling Coastal Flood Hazard Using ArcGIS Spatial Analysis tools and Satellite Image. International Journal of Science and Research (IJSR). 3. 961-967.
- [45] D. J. Mehta and M. Ramani Maulik Joshi, "Application Of 1-D Hec-Ras Model In Design Of Channels," *Int. J. Innov. Res. Adv. Eng.*, vol. 1, no. 7, p. 1883, 2014.
- [46] Phong, Tran & Shaw, Rajib & Chantry, Guillaume & Norton, John. (2008). GIS and local knowledge in disaster management: A case study of flood risk mapping in Viet Nam. *Disasters*. 33. 152-69. 10.1111/j.1467-7717.2008.01067.x.
- [47] Yiğit, Mahnaz & Dogan, Emrah & Koklu, Rabia. (2017). Sakarya nehri'nde kum-çakıl madenciliği kaynaklı arazi kullanım değişimleri. *DÜMF Mühendislik Dergisi*. 25-32. 10.24012/dumf.386643.
- [48] M. Aydın and M. Uysal, "Risk assessment of coastal erosion of Karasu coast in Black Sea," *J. Coast. Conserv. 2014 186*, vol. 18, no. 6, pp. 673–682, Oct. 2014.
- [49] "Sakarya Nehri'nde kum ocağı tartışması - Medyabar." Erişim Tarihi: 22 Mayıs 2022. <https://medyabar.com/haber/2753812/sakarya-nehrinde-kum-ocagi-tartismasi>.
- [50] T. Hırca, "Akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve hasar olasılık eğrilerinin incelenmesi," 2018. Sakarya Üniversitesi
- [51] Chow V. T. (1959). Open-channel hydraulics. McGraw-Hill.
- [52] "CORINE Land Cover — Copernicus Land Monitoring Service." <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>. Erişim Tarihi: 22 Mayıs 2022
- [53] "Corine Projesi." <https://corine.tarimorman.gov.tr/corineportal/>. Erişim Tarihi: 27 Mayıs 2022.

- [54] “HEC-RAS.” <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>. Erişim Tarihi: 14 Mayıs 2022
- [55] Zeiger, Sean & Hubbard, Jason. (2021). Measuring and modeling event-based environmental flows: An assessment of HEC-RAS 2D rain-on-grid simulations. *Journal of Environmental Management*. 285. 112125. 10.1016/j.jenvman.2021.112125.
- [56] Martina Zeleňáková, Rastislav Fijko, Slavomír Labant, Erik Weiss, Gabriel Markovič, Roland Weiss, Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kružlov village, Slovakia, *Journal of Cleaner Production*, Volume 212, 2019,109-118, ISSN 0959-6526,<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.008>.
- [57] A. Betsholtz and B. Nordlöf, “Potentials and limitations of 1D, 2D and coupled 1D-2D flood modelling in HEC-RAS: A case study on Hölje river,” *Tvvr17/5003*, p. 128, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Beytullah DEMİRCİ

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği	2022
Lisans	Sakarya Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği	2017
Lise	Gaziosmanpaşa Anadolu Lisesi	2012

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2021-	Floodis Mühendislik	İnşaat Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce

ESERLER (makale, bildiri, proje vb.)

1.

HOBİLER

Yüzme, Tiyatro