

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAKARYA KAYNARCA HAVZASI TAŞKIN
YAYILIM-TEHLİKE-RİSK HARİTALARININ
MODELLENMESİ: SEYREN DERESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yiğit KIZMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Osman SÖNMEZ

Aralık 2020

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAKARYA KAYNARCA HAVZASI TAŞKIN
YAYILIM-TEHLİKE-RİSK HARİTALARININ
MODELLENMESİ: SEYREN DERESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yiğit KIZMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 08/02/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

.....
.....
Jüri Başkanı

.....
.....
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.

Yiğit KIZMAZ

08.12.2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve birikimiyle bana her zaman destek olan, tez çalışmamda her türlü desteği bana sağlayan değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Osman SÖNMEZ'e,

Meslek hayatımda ve yüksek lisans eğitimimde beni destekleyen DSİ 32. Şube Müdürü İnş. Müh. Abdurrahman CEBECİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
TAŞKIN	2
2.1. Taşkın Tanımı.....	2
2.2. Taşkınların Nedenleri	2
2.2.1. Taşkınları oluşturan meteorolojik etkenler.....	2
2.2.1.1. Yağış	2
2.2.1.2. Sıcaklık.....	3
2.2.1.3. Rüzgarlar	3
2.2.2. Taşkınları oluşturan hidrolojik etkenler	3
2.2.3. Taşkınları oluşturan insan kaynaklı etkenler	4
2.2.4. Sakarya ili Kaynarca İlçesi Seyren deresinde taşkına sebebiyet verebilecek örnek yapılar	4
2.3. Taşkın Türleri	8
2.3.1. Meteorolojik etkiler bakımından taşkınlar	8
2.3.2. Oluşum yerleri bakımından taşkınlar	8

2.3.3. Oluşum süreleri bakımından taşkınlar	9
2.4. Taşkından Korunma Yöntemleri	9
2.4.1. Yapısal önlemler.....	10
2.4.1.1. Barajlar/biriktirme yapıları.....	10
2.4.1.2. Taşkın koruma duvarları	10
2.4.1.3. Seddeler.....	10
2.4.1.4. Sel kapanları.....	10
2.4.1.5. Tersip bentleri/ geçirgen tersip bentleri	11
2.4.1.6. Islah sekileri	11
2.4.1.7. Biritler	11
2.4.2. Yapısal olmayan önlemler	11
2.5. Ülkemizde Taşkın Yönetimi.....	12
2.5.1. Koordinasyon, sorumlu ve ilgili kurumlar	12
 BÖLÜM 3.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	14
 BÖLÜM 4.	
ÇALIŞMANIN ÖNEMİ	18
 BÖLÜM 5.	
ÇALIŞMA ALANI	20
5.1. Çalışma Alanına Ait Doğal Faktörler	20
5.1.1. Coğrafi faktörler	20
5.1.2. İklim ve bitki örtüsü	21
5.1.3. Yağış.....	22
5.1.4. Sıcaklık	23
5.2. Çalışma Alanında 30.09.2018 Tarihinde Yaşanan Taşkına Genel Bakış	23

BÖLÜM 6.

YÖNTEM VE UYGULAMA	30
6.1. Tekerrürlü Taşkın Debisi Hesabı.....	30
6.2. Yağış Hesabında Kullanılan İstatistiki Yöntemler	30
6.2.1. Log-Pearson tip III.....	31
6.3. Debi Hesabında Kullanılan Deterministik Yöntemler.....	32
6.3.1. Süperpozesiz mockus yöntemi	33
6.4. Günlük Maksimum Yağışların Ekstrem Dağılım Hesabı.....	35
6.5. Tekerrürlü Taşkın Debilerinin Hesabı.....	36
6.6. 30.09.2018 Tarihli taşkın debi hesabı.....	38
6.7. Hidrolik Modelleme	39
6.7.1. HEC-RAS programı hakkında genel bilgiler.....	42
6.7.2. HEC-RAS programının RAS Mapper arayüzünün tanıtılması.....	43
6.7.3. HEC-RAS programı için gerekli veriler.....	44
6.7.3.1. Araziyi temsil edecek sayısal verinin oluşturulması.....	45
6.7.3.2. Sınır şartlarının tespit edilmesi ve modelde tanıtılması ...	50
6.7.3.3. Yapısal elemanların HEC-RAS programına tanıtılması .	51
6.7.3.4. Arazi kullanımına göre pürüzlülük katsayılarının tanımlanması	52
6.7.3.5. HEC-RAS modelinde analiz başlatma ayarlarının ön görülmesi.....	53
6.7.4. Modelin kalibrasyonu	54
6.7.5. Kalibre edilen model kullanılarak farklı tekerrürlerdeki taşkın debileri için taşkın analizi ve sonuçları.....	60
6.8. Kalibre edilen model kullanılarak taşkın tehlike ve taşkın risk haritalarının oluşturulması.....	76
6.8.1. Taşkın tehlike haritalarının hazırlanması ve taşkın tehlike alanlarının yorumlanması.....	77
6.8.2. Taşkın risk haritalarının hazırlanması ve taşkın risk alanlarının yorumlanması.....	84

BÖLÜM 7.

SONUÇ VE ÖNERİLER	96
7.1. Sonuç	96
7.2. Öneriler	101
7.2.1. Yapısal olmayan öneriler	101
7.2.2. Yapısal öneriler	102
 KAYNAKÇA	 104
EKLER	108
ÖZGEÇMİŞ	109



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

1D	: Bir Boyutlu Model
2D	: İki Boyutlu Model
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
MF	: Maksimize Faktörü
MGİ	: Meteoroloji Gözlem İstasyonu
PLV	: Plüviyograf
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TIN	: Triangulated Irregular Network
USACE	: The U.S. Army Corps of Engineers
YADK	: Yağış Alan Dağılım Katsayısı
YHT	: Yüksek Hızlı Tren

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Sakarya, Kaynarca, Seyran deresinde dar kesitli aşırı kurplu yatak	5
Şekil 2.2. Sakarya, Kaynarca, Seyran deresinde yetersiz kesitli geçiş yapısı ve uygusuz stok sahası	5
Şekil 2.3. Sakarya, Kaynarca, Seyren deresi çevresinde uygunsuz malzeme stoğunun taşkın tesirini arttırıcı etkisi	6
Şekil 2.4. Sakarya, Kaynarca, Seyren deresi çevresinde uygunsuz malzeme stoğunun taşkın tesirini arttırıcı etkisi	7
Şekil 2.5. Sakarya, Kaynarca, Seyren deresi uygunsuz kanalizasyon ve yağmur suyu deşarjı	7
Şekil 2.6. Taşkın yönetimi konusunda sorumlu ve ilgili kurumlar	13
Şekil 5.1. Çalışma alanı	21
Şekil 5.2. 30.09.2018 tarihinde seyren deresi havzasına düşen yağış miktarlarını gösteren grafik	24
Şekil 5.3. Silaj depo sahasındaki paketlerin taşkın sonucu harekete geçmesi	25
Şekil 5.4. Kaynarca ilçe merkezinden altyapı olmaması sebebiyle meydana gelen hasar	25
Şekil 5.5. Kaynarca ilçe merkezinde taşkından etkilenen yerleşim birimlerinin bir kısmı	26
Şekil 5.6. Seyren deresinin Dar ve kıvrımlı yatağı	27
Şekil 5.7. Seyren deresi üzerinde yer alan köprü ve menfez geçişleri	28
Şekil 5.8. Kaynarca ilçe merkezinde Seyren deresi üzerindeki 1,2,3 ve 4 nolu geçiş yapıları	28
Şekil 5.9. Kaynarca ilçe merkezinde Seyren deresi üzerindeki 5,6,7 ve nolu geçiş yapıları	29
Şekil 6.1. Seyren Deresi farklı tekerrürlerde debilere ait taşkın hidrografları	37
Şekil 6.2. 30.09.2018 tarihli taşkına ait hidrograf	39

Şekil 6.3. Çalışma akış diyagramı.....	41
Şekil 6.4. RAS Mapper ara yüzü.....	44
Şekil 6.5. TIN verisinin üçgenleme mantığı	45
Şekil 6.6. Çalışma alanı nokta bulutu görünümü	46
Şekil 6.7. Çalışma alanı TIN sınır koşulu çizgi verisi	47
Şekil 6.8. Çalışma sahasında TIN verisine genel bakış	48
Şekil 6.9. Raster olarak kaydedilen SYM	49
Şekil 6.10. Binalar ve SYM birleşik raster hali	50
Şekil 6.11. 30.09.2018 taşkını Sınır şartı tanımlamaları	51
Şekil 6.12. 1 nolu köprüünün yapısal eleman olarak tanımlanması.....	52
Şekil 6.13. Seyren dersinde arazi kullanımının tanımlanması	53
Şekil 6.14. Kararsız akım analiz ayarları	54
Şekil 6.15. Seyren deresi taşkın su yüzü profili	55
Şekil 6.16. Taşkın yayılımı ve model sonucu kıyası vaziyeti	55
Şekil 6.17. Taşkın yayılımı ve model sonucu kıyası-1	56
Şekil 6.18. Taşkın yayılımı ve model sonucu kıyası-2	57
Şekil 6.19. Taşkın yayılımı ve model sonucu kıyası-3	58
Şekil 6.20. Taşkın yayılımı ve model sonucu kıyası-4	59
Şekil 6.21. Simülasyon alanı pürüzlülük katsayısı tespitleri.....	60
Şekil 6.22. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkın yayılım haritası	61
Şekil 6.23. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkınının alansal dağılımı.....	62
Şekil 6.24. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkınından etkilen yapıların kullanım amacına göre dağılımı	62
Şekil 6.25. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkın derinlik haritası	63
Şekil 6.26. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkın hız haritası.....	64
Şekil 6.27. Q_{500} taşkın yayılım alanında derinliğe göre etkilenen yapı sayıları.....	65
Şekil 6.28. Seyren deresi havzası için Q_{100} taşkın yayılım haritası	65
Şekil 6.29. Seyren deresi havzası için Q_{100} taşkınının alansal dağılımı.....	66
Şekil 6.30. Seyren deresi havzası için Q_{100} taşkınından etkilen yapıların kullanım amacına göre dağılımı	66
Şekil 6.31. Seyren deresi havzası için Q_{100} taşkın derinlik haritası	67
Şekil 6.32. Seyren deresi havzası için Q_{100} taşkın hız haritası.....	68

Şekil 6.33. Q ₁₀₀ taşkın yayılım alanında derinliğe göre etkilenen yapı sayıları.....	69
Şekil 6.34. Seyren deresi havzası için Q ₅₀ taşkın yayılım haritası.....	69
Şekil 6.35. Seyren deresi havzası için Q ₅₀ taşkınının alansal dağılımı	70
Şekil 6.36. Seyren deresi havzası için Q ₅₀ taşkın derinlik haritası.....	70
Şekil 6.37. Seyren deresi havzası için Q ₅₀ taşkın hız haritası	71
Şekil 6.38. Seyren deresi havzası için Q ₅₀ taşkınından etkilen yapıların kullanım amacına göre dağılımı	72
Şekil 6.39. Q ₅₀ taşkın yayılım alanında derinliğe göre etkilenen yapı sayıları	72
Şekil 6.40. Seyren deresi havzası için Q ₂₅ taşkın yayılım haritası.....	73
Şekil 6.41. Seyren deresi havzası için Q ₂₅ taşkınının alansal dağılımı	73
Şekil 6.42. Seyren deresi havzası için Q ₂₅ taşkın derinlik haritası.....	74
Şekil 6.43. Seyren deresi havzası için Q ₂₅ taşkın hız haritası	75
Şekil 6.44. Seyren deresi havzası için Q ₂₅ taşkınından etkilen yapıların kullanım amacına göre dağılımı	75
Şekil 6.45. Q ₂₅ taşkın yayılım alanında derinliğe göre etkilenen yapı sayıları	76
Şekil 6.46. Q ₅₀₀ Taşkın Tehlike Haritası.....	78
Şekil 6.47. Q ₅₀₀ taşkın tehlike haritasında tehlikeye göre etkilenen yapı sayıları...	78
Şekil 6.48. Seyren deresi havzası için Q ₅₀₀ taşkın tehlikesine maruz kalan nüfus..	79
Şekil 6.49. Q ₁₀₀ Taşkın Tehlike Haritası.....	79
Şekil 6.50. Q ₁₀₀ taşkın tehlike haritasında tehlikeye göre etkilenen yapı sayıları...	80
Şekil 6.51. Seyren deresi havzası için Q ₁₀₀ taşkın tehlikesine maruz kalan nüfus..	80
Şekil 6.52. Q ₅₀ Taşkın Tehlike Haritası	81
Şekil 6.53. Q ₅₀ taşkın tehlike haritasında tehlikeye göre etkilenen yapı sayıları....	81
Şekil 6.54. Seyren deresi havzası için Q ₅₀ taşkın tehlikesine maruz kalan nüfus...	82
Şekil 6.55. Q ₂₅ Taşkın Tehlike Haritası	82
Şekil 6.56. Q ₂₅ taşkın tehlike haritasında tehlikeye göre etkilenen yapı sayıları....	83
Şekil 6.57. Seyren deresi havzası için Q ₂₅ taşkın tehlikesine maruz kalan nüfus...	83
Şekil 6.58. Seyren deresi maksimum taşkın sınırlarındaki yapıların tespiti ve nüfus hesabı	85
Şekil 6.59. Seyren deresi maksimum taşkın sınırlarındaki yapı kullanım katsayısı	86
Şekil 6.60. Seyren deresi maksimum taşkın sınırında nüfus yoğunluk katsayısı haritası	87

Şekil 6.61. Seyren deresi maksimum taşkın sınırında maddi zarar katsayısı haritası	88
Şekil 6.62. Q ₅₀₀ Taşkın Risk Haritası.....	89
Şekil 6.63. Q ₅₀₀ taşkın risk haritasında riske göre etkilenen yapı sayıları	90
Şekil 6.64. Seyren deresi havzası için Q ₅₀₀ taşkın riskine maruz kalan nüfus	90
Şekil 6.65. Q ₁₀₀ Taşkın Risk Haritası.....	91
Şekil 6.66. Q ₁₀₀ taşkın risk haritasında riske göre etkilenen yapı sayıları	91
Şekil 6.67. Seyren deresi havzası için Q ₁₀₀ taşkın riskine maruz kalan nüfus	92
Şekil 6.68. Q ₅₀ Taşkın Risk Haritası	92
Şekil 6.69. Q ₅₀ taşkın risk haritasında riske göre etkilenen yapı sayıları.....	93
Şekil 6.70. Seyren deresi havzası için Q ₅₀ taşkın riskine maruz kalan nüfus	93
Şekil 6.71. Q ₂₅ Taşkın Risk Haritası	94
Şekil 6.72. Q ₂₅ taşkın risk haritasında riske göre etkilenen yapı sayıları.....	94
Şekil 6.73. Seyren deresi havzası için Q ₅₀ taşkın riskine maruz kalan nüfus	95
Şekil 7.1. Farklı tekerrürlerdeki taşkın debilerine göre etkilenen toplam nüfus.....	97
Şekil 7.2. Farklı tekerrürlerdeki taşkın debilerine göre etkilenen toplam yapı sayıları	98
Şekil 7.3. Farklı tehlike derecelerinde etkilenen toplam yapı sayıları	99
Şekil 7.4. Farklı tehlike derecelerinde etkilenen toplam nüfus miktarları	99
Şekil 7.5. Farklı risk derecelerinde etkilenen toplam yapı sayıları	100
Şekil 7.6. Farklı risk derecelerinde etkilenen toplam nüfus miktarları	101

TABLolar LİSTESİ

Tablo 5.1. Günlük maksimum yağış değerleri (mm)	22
Tablo 5.2. Kaynarca köprü ve menfez geçişlerine ait bilgiler	27
Tablo 6.1. Log Pearson Tip III dağılımı için frekans faktör değerleri.....	32
Tablo 6.2. Meteoroloji istasyonlarına ait veriler.....	35
Tablo 6.3. Olasılık dağılımlarında kullanılan istatistiki parametreler.....	36
Tablo 6.4. Log-Pearson Tip III için günlük maksimum yağışlarının ekstrem dağılımı (mm).....	36
Tablo 6.5. Çalışma alanına ait yağış ve havza bilgileri.....	37
Tablo 6.6. Mockus yöntemine ait katsayılar	37
Tablo 6.7. Süperpozesiz Mockus metoduna göre hesaplanan Seyren Deresi tekerrürlü taşkın debileri (m^3/s).....	37
Tablo 6.8. Çalışma alanına ait 30.09.2018 tarihli taşkın yağış ve havza bilgileri	38
Tablo 6.9. Taşkın Tehlike Derecelendirme Parametreleri	77
Tablo 6.10. Taşkın Risk Derecelendirme Parametreleri	88

ÖZET

Anahtar kelimeler: Taşkın yayılım haritası, Taşkın tehlike haritası, Taşkın risk haritası, Hec-RAS, Kaynarca, Seyren Deresi

Akarsularda debi ve debiye bağı olarak su seviyesi değişmektedir. Debinin yüksek olduğu dönemlerde akarsu yatağının dışına taşabilmektedir. Taşkınların sonucunda insanları etkileyen ekonomik, ekolojik ve çevresel zararlar hatta can kayıpları meydana gelebilmektedir. Taşkınların verdiği zararın önüne geçilebilmesi ve zararın minimum düzeyde tutulabilmesi için hidrolojik veriler yardımıyla taşkın risk analiz çalışmaları gerçekleştirilerek değerlendirme yapılması gerekmektedir. Bu amaçla örnek bir vaka üzerinde ilgili analizler yapılmıştır. 30.09.2018 tarihinde Sakarya ili Kaynarca ilçesinde meydana gelen büyük taşkın olayı sonrasında ilçe merkezinde yer alan Seyren deresinin paket programlar vasıtasıyla hidrolik analizinin yapılması, taşkın yayılım alanlarının, taşkın tehlike ve taşkın risk haritalarının belirlenmesi gerekli görülmüştür. Yağış verileri kullanılarak deterministik ve istatistik yöntemler ile 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık taşkın tekerrür debileri hesaplanmıştır. 30.09.2018 tarihindeki taşkın seviyeleri ve tespit edilen taşkın debisi kalibrasyon amacıyla kullanılmıştır. Kalibre edilen model ile hidrolik analiz yapan paket programlar vasıtasıyla taşkın yayılım haritaları çıkarılmıştır. Derinlik ve hız parametrelerine bağlı taşkın tehlike haritaları oluşturulmuştur. Nüfus, yapı kullanım şekli ve taşkın sonucu oluşacak maddi zarar faktörleri kullanılarak risk düzeyleri haritalandırılmıştır. Risk düzeyi ve taşkın tehlike haritaları kullanılarak CBS ortamında taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen bu haritalar yardımı ile tehlike ve risk altındaki meskûn mahaller, nüfus miktarları, ve olası taşkın durumunda meydana gelebilecek zararlar tespit edilmiş ve bu zararların önlenmesi için önerilerde bulunulmuştur.

MODELING FLOOD SPREADING-HAZARD-RISK MAPS OF SAKARYA KAYNARCA BASIN: SEYREN DREAM

SUMMARY

Keywords: Flood inundation map, Flood hazard map, Flood risk map, Kaynarca, Seyren Stream, Hec-RAS

The flow rate, and the water level depending on the flow rate changes in streams. In periods of high flow, the streams can overflow the stream bed. As a result of floods, economic, ecological and environmental damages and even loss of life can occur. In order to prevent the damage caused by floods and to keep the damage in minimum, it is necessary to carry out flood risk analysis studies with the help of hydrological data. For this purpose, it was deemed necessary to carry out hydraulic analysis of the Seyren stream, located in the district center, by means of package programs, and to determine the flood spreading areas, flood hazard and flood risk maps after the big flood event that occurred in the district of Kaynarca in Sakarya province on 30.09.2018. Flood recurrence rates of 5, 10, 50, 100 and 500 years were calculated by using precipitation data with deterministic and statistical methods. Flood levels on 30.09.2018 and the detected flood flow rate were used for calibration. Flood propagation maps were prepared by using the hydraulic analysis package programs with the calibrated model. Flood hazard maps were created based on depth and velocity parameters. Risk coefficients have been mapped by using population, building usage pattern and material damage factors that may occur as a result of flood. Flood risk maps were created in GIS environment by using risk coefficients and flood hazard maps. With the help of these maps obtained, residential areas under danger and under risk, the amount of population and the damages that may occur in case of possible flood were determined and recommendations were made to prevent these damages.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünyamızda yaşam döngüsünün devamlılığı için su vazgeçilmez bir ihtiyaç, hayatın devamlılığı için elzemdir. Dünyamız üzerindeki su döngüsünün bir başlama noktası yoktur ama kendi içerisindeki devamlılığı sürekli. Yağışların büyük bölümü okyanuslara, denizlere ve karalara düşer. Karaya düşen yağışın bir kısmı toprak tarafından emilir. Toprak doygunluğa ulaştıktan sonra su yerçekiminin etkisiyle belirli bir mecrada akışa geçerek dereleri ve nehirleri oluşturur.

Taşkın, bir akarsuyun mecrasında taşıdığı su miktarına hidrolojik olaylar neticesinde ilave su yükünün eklenmesiyle, akımın akarsu yatağını aşarak etrafındaki alanları tahrip etmesi olayıdır. Taşkın olayının yaşanması ihtimaline rağmen suya erişimin rahat olması açısından insanlar; geçmişten günümüze akarsu yataklarına yakın yerleşimi tercih etmiştir. Günümüzde bile kentleşmeyle beraber taşkın yatakları halen yerleşim yeri olarak kullanılabilir.

Bu nedenlerle Ülkemizde ve Dünyada meydana gelen taşkınlar ile sıklıkla can ve mal kayıpları yaşanmaktadır.

Bu çalışmada, Marmara bölgesinin doğusunda bulunan Sakarya iline bağlı Kaynarca İlçesindeki Roçka kanalına mansap olan Seyren Deresi ve havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bölgenin farklı taşkın tekerrürlerinde meydana gelebilecek taşkın tehlikeleri ve riskleri analiz edilmiştir.

BÖLÜM 2. TAŞKIN

2.1. Taşkın Tanımı

Taşkın; bir akarsuyun çeşitli sebeplerle yatağından taşarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vererek o bölgedeki ekonomik ve sosyal faaliyetleri kesintiye uğratan bir tabii olaydır. Taşkınlar her yıl can kaybının yanında büyük sosyo-ekonomik zararlara yol açmaktadır. Son yıllarda küresel iklim değişikliği ve yanlış arazi kullanımı etkisi ile yaşanan taşkınların sayısında ve etkisinde önemli artışlar olmaktadır. Taşkınlar en yaygın görülen meteorolojik karakterli doğal afetlerin başında gelmektedir (Taşkın Yönetimi SYGM, 2017).

İstatistiksel verilere bakıldığında taşkınlar; ülkemizde yaşanan doğal afetler arasında depremlerden sonra en çok can ve mal kaybına sebep olan afet tipidir. Akarsu yatağında plansız yapılaşma, dere yataklarına izinsiz ve yetkisiz müdahaleler, akarsu havzalarında arazi kullanımının değişmesi, karayolu ve demiryolu ağlarındaki suyun akışını sağlayan sanat yapılarının yanlış boyutlandırılması ve son yıllarda gündemde ağırlığını koruyan iklim değişikliği gibi nedenlerle taşkınlar ve etkileri artmaktadır.

2.2. Taşkınların Nedenleri

2.2.1. Taşkınları oluşturan meteorolojik etkenler

2.2.1.1. Yağış

Atmosferdeki su buharının çeşitli nedenlerden dolayı yoğunlaşması ile yeryüzünün herhangi bir noktasına sıvı yada katı halde düşerek su bırakması sonucu yağışlar meydana gelmektedir. Kısa süreli ve kuvvetli bir şekilde meydana gelen yağmur

yağışları toprak ve bitki örtüsü tarafından emilememekte, kontrolsüz olarak akışa geçen büyük su kütlesi ise taşkına neden olmaktadır.

Yağışların miktarının yanı sıra meydana gelme süreleri de taşkın oluşumunda önemli etkiye sahiptir. Uzun süreli ve eşit miktara sahip olan yağışlar kısa sürede son bulan yağışlara göre havzaya daha fazla su düşmesine neden olmaktadır. Süre bakımından ise yağış; kurak bölgelerde yağış miktarının fazla olduğu bölgelere nazaran daha kısa sürmektedir (Uçar, 2010).

2.2.1.2. Sıcaklık

Yağışların yeryüzüne düşme şekli ile sıcaklık faktörü doğrudan ilişkilidir. Yağışlar; Sıcaklık 0 °C'nin altında ise kar, 0 °C'nin üstünde ise yağmur veya dolu olarak meydana gelir. Bundan dolayı sıcaklık taşkın birim hidrografını doğrudan etkileyen bir faktördür.

Türkiye’de meydana gelen taşkınlar, en fazla ilkbahar-sonbahar döneminde yaşanır ve sıcaklıkta artışa bağlı kar kütlelerinin erimesi sonucunda gerçekleşir. Batı Anadolu, Akdeniz ve Karadeniz bölgeleri taşkına en duyarlı bölgelerdir (Uşay ve Aksu, 2002).

2.2.1.3. Rüzgarlar

Kıyı bölgelerinden iç bölgelere esen rüzgarlar kıyıdan nem taşıyarak yağışa sebep olurken; iç bölgelerden kıyılara esen rüzgarlar için bu durum söz konusu değildir. Rüzgarlar ile meydana gelen büyük kar erimeleri sonucu taşkın olayları meydana gelebilmektedir.

2.2.2. Taşkınları oluşturan hidrolojik etkenler

Yeraltı su seviyesi, toprağın nem durumu, yüzeyin doğal sızma oranı, su geçirmez alanların artışı, havzanın özellikleri (havza yönü, drenaj alanı eğimi, drenaj alanı

büyüklüğü, havza hidrojeolojisi, drenaj alanı şekli) ve dere yataklarının kesit ve pürüzlülük durumu taşkınları meydana getiren faktörlerin belli başlıcalarıdır.

2.2.3. Taşkınları oluşturan insan kaynaklı etkenler

Yağış havzasında arazi kullanım durumun değişmesi ile birlikte yüzeysel akış kapasitesinin artması, ormansızlaştırma faaliyetleri, dere yatağının tekniğine aykırı olarak ıslah edilmeye çalışılması, dere yatağında tekniğe aykırı izinsiz menfez, köprü gibi yapılar yapılması, çöp, evsel, tarımsal atıkların dere yatağına atılması, dere yatağından kanalizasyon şebekesi döşenmesi, dere yatağının kapatılarak üstünün insani kullanıma açılması, içme suyu, doğalgaz, atıksuyu borularının akarsu kesitini daraltması, dere içerisinde doğal ortamda büyüyen ağaçların kesiti daraltması, dere yatağı temizliğinin periyodik yapılmaması, yapılaşma nedeniyle yerleşim bölgelerinde dere yatağı kesitinin daraltılması, ekolojik dengenin insan müdahalesi nedeniyle bozulması, iklim değişiklikleri, yüzeysel yağmur sularının drenaj şebekesi ile tahliye edilmeyişi gibi sebepler insan kaynaklı taşkınların nedenlerindendir.

2.2.4. Sakarya ili Kaynarca İlçesi Seyren deresinde taşkınlara sebebiyet verebilecek örnek yapılar

Taşkınlar dere yatağında kesitin yetersiz olduğu noktadan başlamaktadır. Kesit yetersizliği durumu bazen yatağın gelen akımı karşılayamaması nedeniyle bazen de kesiti daraltan sebeplerden dolayı oluşmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde, çalışma alanının Kaynarca İlçesi Seyren deresi olması sebebiyle Seyren deresinde yatağa yapılan yanlış müdahaleler ele alınarak taşkına sebebiyet veren yapılar örnek olarak sunulacaktır.



Şekil 2.1. Sakarya, Kaynarca, Seyran deresinde dar kesitli aşırı kurplu yatak

Kaynarca İlçesinde yer alan Seyren deresi önceki yıllarda DSİ tarafından ıslah edilmiştir. Ancak DSİ’de küçük su işleri kapsamına giren dere ıslahı projelerinde kamulaştırma için çok kritik bölgeler haricinde ödenek ayrılmaması nedeniyle dere yatağının mevcut kadastro sınırlarına uyularak ıslah edildiği görülmüştür. Bu nedenle dere yatağı oldukça dar kesitli ve aşırı kıvrımlı durumdadır. Yatağın fazla kurplu olması dönüşlerde rusubat birikmesine, suyun taşıdığı rusubat ile birlikte yavaşlamasına ve taşmasına sebep olan önemli faktörlerden birisidir.



Şekil 2.2. Sakarya, Kaynarca, Seyran deresinde yetersiz kesitli geçiş yapısı ve uygunsuz stok sahası

Çalışma sahasında 8 adet geçiş yapısı bulunmakta olup, bu yapıların tamamının kesiti yetersizdir. 8 adet yapın 2'si orta ayaklıdır. 30.09.2018 tarihli taşkında özellikle orta ayaklı geçişlerde yukarı havzadan ve çevredeki stok sahalarından gelen malzemelerle birlikte tıkanma olayı gözlenmiştir. Dere yatağı yakınlarında yer alan stok sahalarındaki malzemelerin taşkın ile birlikte yüzme ihtimali nedeniyle taşkının etkisini arttıracak risk faktörü olduğu açıktır. Dere yatakları çevresinde ağaç ürünleri, plastik ürünleri, tarım ürünleri gibi malzemelerin stok edilmesi taşkın esnasında büyük mal kayıplarına neden olacağı gibi bu malzemelerin su ile akışa geçmesi ile birlikte taşkının yıkıcı etkisini de arttıracığı açıktır.



Şekil 2.3. Sakarya, Kaynarca, Seyren deresi çevresinde uygunsuz malzeme stoğunun taşkın tesirini artırıcı etkisi

Şekil 2.3.'ten görüleceği üzere dere yatağı çevresindeki stok sahalarından taşkınla birlikte gelen malzemeler köprü geçişlerinin önünü tıkamış ve 30.09.2018 taşkının etkisini arttırmıştır.



Şekil 2.4. Sakarya, Kaynarca, Seyren deresi çevresinde uygunsuz malzeme stoğunun taşkın tesirini artırıcı etkisi

Şekil 2.4.'ten görüleceği üzere dere yatağı çevresindeki stok sahalarından taşkınla birlikte harekete geçen hayvan silaj balyaları köprü geçişlerinin ve dere yatağının önünü tıkamış ve 30.09.2018 taşkınının etkisini arttırmıştır.



Şekil 2.5. Sakarya, Kaynarca, Seyren deresi uygunsuz kanalizasyon ve yağmur suyu deşarjı

Sakarya ili Kaynarca ilçesinin mevcut durumda kanalizasyon ve yağmur suyu drenaj şebekesi bulunmamaktadır. İlçe merkezinin büyük bir bölümü atık suyunu kontrolsüz şekilde dereye deşarj etmektedir. Şehir içi yağmur suyu drenaj sistemi olmaması

sebebiyle ilçe merkezinde akışa geçen suyun sokaklarda yamaç seli meydana getirmesine sebep olmakta ve taşkın etkilerini arttırmaktadır. Kanalizasyon ve yağmursuyu sisteminin olmayışı, doğrudan dereye deşarj; sabit debilerden dolayı yatak kapasitesini önemli ölçüde azaltmaktadır.

2.3. Taşkın Türleri

Taşkınlar meteorolojik etkenler, meydana gelme şekli ve sürelerine göre ana başlıklar altında sınıflandırılmaktadır.

2.3.1. Meteorolojik etkiler bakımından taşkınlar

1. Kış Yağışları Kaynaklı Taşkınlar; Kış aylarında kasım ve aralık ayları arasındaki yağışlar nedeniyle meydana gelmektedir.
2. Yaz Yağışları Kaynaklı Taşkınlar; Yaz aylarında yaşanan pik yağışlar nedeniyle meydana gelmektedir.
3. Cephe Yağışları Kaynaklı Taşkınlar; Sıcaklık ve yoğunluk bakımından farklı iki hava kütesinin karşılaşması sonucunda meydana gelen yağışlardır.
4. Kar Erimesi Kaynaklı Taşkınlar; Yüksek kesimli dağlık alanlarda kar ve buzul erimeleri sonucunda toplanarak akışa geçen sulardan kaynaklanmaktadır.
5. Deniz Dalgası ve Gelgit Kaynaklı Taşkınlar; Fırtınalar ve gelgitlerin deniz seviyesine çok yakın veya altındaki alanları sular altında bırakması nedeniyle oluşmaktadır.

2.3.2. Oluşum yerleri bakımından taşkınlar

1. Şehir ve Metropol Taşkınları; hızla artan nüfus beraberinde kontrolsüz kentleşmeyi meydana getirmektedir. Taşkın yataklarına yapılan bina, yol, park, gibi yapılar doğal bitki örtüsünün tahribatına neden olmaktadır. Bu durum ise şehirleşen alanlarda doğal alanlara göre yüzeysel akışın 2-6 kat artmasına neden olmaktadır (Kadıoğlu, 2007). Kentsel baskının kontrol edilememesi nedeniyle daraltılan veya kapatılan dere yatakları taşkınlara sebep olmaktadır.

2. Kıyı Alanı Taşkınları; sahil bölgelerinde meydana gelen şiddetli fırtınalar, volkanik patlamalar neticesinde oluşan büyük dalgalar veya büyük depremler sonucu oluşan tsunamiler nedeniyle kıyı alanlarında yaşanan taşkınlardır. Büyük su kütlelerinin kıyı şeridine gelmesi nedeniyle bu tür taşkınların verdiği zararlar büyük boyutlu olmaktadır.
3. Dere ve Nehir Taşkınları; uzun süreli ve devamlı yağışlar sonucunda toprağın suya doymasıyla suyun arazilerden akışa geçmesi ve dere yataklarına ulaşarak debisini arttırması sonucunda meydana gelen taşkınlardır.
4. Dağlık Alan ve Orman İçi Taşkınları; Yamaç arazilerde, dağlık alanlarda ve ormanlık alanlarda meydana gelen şiddetli yağışların kuru ve küçük derelerin debisini arttırması sonucunda oluşan taşkınlardır.

2.3.3. Oluşum süreleri bakımından taşkınlar

1. Ani Gelişen Taşkınlar; 6 saat içerisinde görülebilen ani taşkınlar dünyanın her yerinde meydana gelebilmektedir. Özellikle Akdeniz bölgesinde nehir havzalarında kuvvetli yağışlar sebebiyle görülen ve ekonomik açıdan ciddi kayıplar meydana getiren ani taşkınlar konveksiyonel yağışlar sebebiyle sık görülen taşkınlardandır. Sediment taşınımı ve kıyı oyulmasına sebep olan bu taşkın tipinde, büyük hasarlar meydana gelmektedir (Kadioğlu, 2008; Sönmez, 2013).
2. Yavaş Gelişen Taşkınlar; 1 hafta veya daha uzun sürede meydana gelmektedir. Bu taşkın türünde yeryüzüne düşen yağış suları nehirlerde ani akış haline dönüşmemektedir (Akkaya, 2016).

2.4. Taşkından Korunma Yöntemleri

Taşkınların zararlarını önleyebilmek için taşkın öncesinde, esnasında ve sonrasında yapısal olan ve yapısal olmayan tedbirlerin alınması gerekmektedir.

2.4.1. Yapısal önlemler

2.4.1.1. Barajlar/biriktirme yapıları

Akarsu havzası üzerindeki barajlar ve biriktirme yapılarının çok büyük hacimli su kütlelerini tutmaları nedeniyle taşkın öteleme hatta önleme özellikleri bulunmaktadır. Büyük barajlar ve biriktirme yapıları mansaba verilen suyun genellikle sabit debiler olması nedeniyle akarsu rejimini de düzene sokar

2.4.1.2. Taşkın koruma duvarları

Taşkın koruma duvarları, genellikle yerleşim alanlarında yapılan, farklı tekerrürlerde yukarı havzadan gelen taşkın sularının meskun mahal bölgesinden aşağı havzaya kontrollü şekilde geçmesini sağlayan, meskun mahal bölgelerinde taşkın riskini azaltan yapılardır.

2.4.1.3. Seddeler

Sedde; taşkın sularını geri tutarak mansap bölgesindeki taşkın debilerinin küçülmesini sağlamaktadır. Barajlardan küçük olan bu yapıların maksimum su seviyesi haznedeki maksimum su seviyesi ile belirlenmektedir. Bu kapasite mansap bölgesindeki akarsuyun emniyetle geçirebileceği debi ile sınırlıdır. Farklı amaçlara hizmet etmelerine göre (Kış seddesi, yaz seddesi, bitişik sedde vb.) çeşitlenebilmektedir. (Dernek, 2012).

2.4.1.4. Sel kapanları

Geçirimsiz bir depolama yapısı ile aynı gövdeye sahip olan bu yapılar, taşkın sularının depolanmasını sağlayarak dere yatağına planlanan seviyede su bırakmakta, belirli bir zaman aralığında meydana gelen taşkını zamana yayarak feyezan piklerinin kırılması sağlanmaktadır. Bu şekilde sel kapanının bulunduğu yerin mansabındaki meskun mahaller taşkının etkilerinden korunmaktadır.

2.4.1.5. Tersip bentleri/ geçirgen tersip bentleri

Tersip bentleri; yüksek eğimli, rüsup hareketi yüksek akarsularda, rusubatin aşağı havzaya gelerek taşkınını yıkıcı etkisini arttırmasının engellenmesi amacıyla genellikle yukarı havzada inşa edilen enine su yapılarıdır. Geçirgen tersip bentleri; yukarı havzadan yüksek su seviyeleri ile gelen ağaç parçaları ile belirlenen boy ve çapın üstündeki rusubatin aşağı havzaya geçişini engelleyerek mansap bölgesinde yer alan meskun mahallerde taşkınını yıkıcı etkisi azaltan enine yapılarıdır. Geçirimli tersip bentleri balıkların geçişine olanak sağlar

2.4.1.6. Islah sekileri

Islah sekileri, yukarı havzada yüksek eğimli derelerde birbiri ardına inşa edilen yapılar olup, derenin eğimini düşürerek suyun hızını ve bununla birlikte rusubat taşınımını azaltan, aşağı havzadaki yerleşimlere taşkınını yıkıcı etkisinin ulaşmasını engelleyen yapılarıdır.

2.4.1.7. Biritler

Taşkın koruma yapılarında ve ıslahsız dere yataklarında taban oyulmasının engellenmesi, derenin belirli bir güzergahta, belirli bir yatak içerisinde ve belirli bir eğimde akmasını sağlayan, birbiri ardına yapılan enine yapılarıdır.

2.4.2. Yapısal olmayan önlemler

Yapısal olmayan önlemler, dere yataklarının üzerinde yerleşim baskısını azaltacak olan hukuki veya planlama çalışmalarına ait mevzuatı kapsar. Günümüzde dere yatakları kentsel baskı altındadır. Dere yatakları sıkıştırılmakta ve yerleşim baskısı altında kalmaktadır. Bu durumun çözümü hukuki gerekli ve eksik hukuki düzenlemelerin yapılarak uygulanmasının sağlanmasıdır. Ayrıca havza bazlı taşkın yayılım ve risk haritaları oluşturularak planlama çalışması dahilinde yerleşime

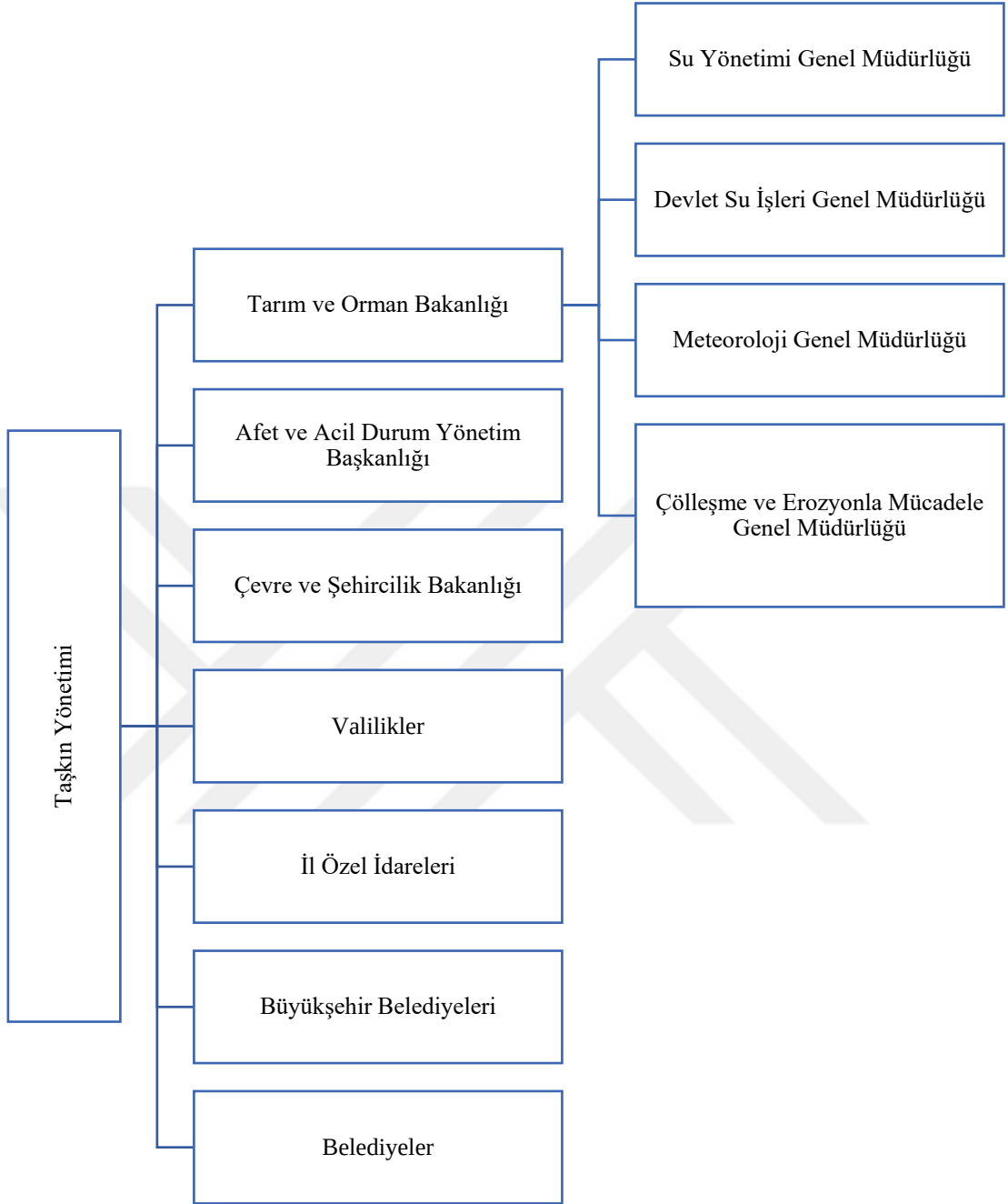
açılacak ve açılmayacak olan alanların tespit edilmesi, yapı stoğunun sigortalama prosedürünün bu çerçevede yürütülmesi elzemdir.

2.5. Ülkemizde Taşkın Yönetimi

Son yıllarda Avrupa Birliği ülkelerinde iklim değişikliğinin de etkileri nedeniyle taşkın olaylarının artmasıyla birlikte Avrupa Birliği 2004 yılı itibariyle çalışma başlatmış ve 20 Kasım 2007 tarihinde “2007/60/EC sayılı taşkın risklerinin değerlendirilmesi ve yönetimi direktifini” yürürlüğe konulmuştur. Ülkemizde küresel iklim değişikliğinin etkileriyle taşkın olaylarındaki artış ve Avrupa Birliği’ne uyum çalışmaları kapsamında Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından “Taşkın direktifinin uygulanması içi kapasitenin geliştirilmesi” projesi yürütülmüştür. Havza bazında taşkın yönetim planlarının hazırlanması ve geliştirilmesi çalışmaları Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ve DSİ tarafından sürdürülmektedir.

2.5.1. Koordinasyon, sorumlu ve ilgili kurumlar

Ülkemizde su yönetimi kurumlar arasında çok katmanlı ve parçalı şekilde sürdürülmektedir. Havzalar tamamen veya kısmen içlerinde bulunan birçok il ve ilçeyi kapsamaktadır. Yaşanabilecek herhangi afet durumunda zararın minimize edilebilmesi için yapılacak çalışmaların kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyon içerisinde yürütülmesi gerekmektedir. Taşkın yönetimi konusundaki sorumlu kurumlar Şekil 2.6.’da belirtilmektedir.



Şekil 2.6. Taşkın yönetimi konusunda sorumlu ve ilgili kurumlar

BÖLÜM 3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Taşkın olayı sonuçları itibariyle çok yıkıcı olabilmesinin yanı sıra ciddi can ve mal kayıplarına sebep olabilmektedir. Taşkınların verebilecek olduğu zararın önüne geçilebilmesi için öncelikle analiz edilerek tanımak ve anlamak gerekmektedir. Bu nedenle geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar incelenerek bu bölümde yer almıştır

Uçar (2010), Trabzon Değirmendere havzasının taşkın analizini HEC-RAS programının bir boyutlu modülü ile yapmıştır. Maçka ilçe merkezinde dere yatağının hemen yanında yapılaşma olması, köprü kesitlerinin yetersiz olması nedeniyle olası taşkında büyük can ve mal kayıplarının yaşanabileceğini tespit etmiştir. HEC-RAS programı ile elde ettiği taşkın yayılım sonuçlarını ArcGIS programın aracılığıyla taşkın risk haritalarını elde etmiştir. İlçe merkezi için riskler tespit edilerek yapısal ve yapısal olmayan çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Hırca (2018), Sakarya ili Akyazı ilçesi Küçücek sanayi bölgesi içerisinden geçmekte olan Küçücek deresinin taşkın durumunu incelemiştir. Çalışmada Küçücek deresinin bulunduğu bölgenin yağış verileri kullanılarak farklı tekerrürlerdeki taşkın debileri tespit edilmiştir. ArcGIS programı ile arazi modeli oluşturularak HEC-geoRAS modülü ile kesitler alınarak HEC-RAS programına aktarılmış ve taşkın analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda taşkın yayılım ve taşkın risk haritaları oluşturulmuştur.

Bozoğlu (2015), Samsun ili Terme ilçesindeki taşkın problemini MIKE programı ile bir boyutlu ve iki boyutlu taşkın modelleme çalışması ile incelemiştir. Yapılan inceleme sonucunda memba bölgesindeki menderes yapılarının taşkını öteleyerek ilçe merkezindeki etkilerinin kısıtlı olmasına neden olduğunu tespit etmiştir. Terme nehrini

besleyen dört adet alt havza değerlendirilmiş ve farklı senaryolarla mansap bölgesinde taşkın durumu incelenmiştir.

Oğraş (2018), Dicle nehrinin Diyarbakır – Silvan karayolu ile tarihi on gözlü köprü arasında bulunan bölgesinde taşkın analizini yapmıştır. Taşkın analizinde HEC-RAS programını kullanılmıştır. Dicle Nehri güzergahında yer alan köprülerin ve kesit değişimlerinin akıma etkisini tespit etmiş ve elde edilen taşkın yayılım alanlarının yapılara etkisini belirlemeye çalışmıştır.

Çeliker (2018), Bingöl ilçe merkezinden geçmekte olan Çapakçur deresini çalışma alanı olarak belirleyerek taşkın analizini yapmıştır. Arazi modelleme çalışmaları ArcGIS, hidrolik analizler ise HEC-RAS programı ile yapılmıştır. Farklı tekerrürlerdeki taşkın debileri hesap edilerek HEC-RAS programı ile taşkın su seviyeleri belirlenmiştir. Sonuçlar ArcGIS programına aktararak taşkın risk haritaları oluşturulmuştur.

Sönmez (2013), Amerika'nın Iowa eyaletinde bulunan Waverly şehrinin içinden geçen Cedar Nehri'nin taşkın durumunu çalışmıştır. Çalışmada taşkın analizleri bir boyutlu olarak HEC-RAS programında, bir boyutlu ve iki boyutlu olarak bir arada MIKE programında ele alınmıştır. Çalışmada 2008 yılında yaşanan taşkın olayının hava fotoğrafları ve taşkın kotları kullanılarak model kalibrasyonu yapılmış olup, kalibre edilen model ile farklı tekerrürlerdeki taşkın debilerine göre taşkın yayılım alanları tespit edilmiştir.

Üçüncü (2018), Kırıkkale il sınırları içerisindeki Karadere ve Hodar Deresi havzalarında farklı tekerrürlerdeki taşkın debileri DSİ Sentetik ve Mockus metotlarıyla hesaplamıştır. Farklı tekerrürlerdeki taşkın debileri ile HEC-RAS programında taşkın analizleri yapılarak taşkın risk alanları belirlenmiştir.

Doğu (2016), Kırıkkale il sınırlarında bulunan Çoruhözü deresinde DSİ tarafından 1999 yılında yapılmış olan taşkın koruma yapısının 500 ve 1000 yıllık tekerrürlü taşkın

debilerine göre taşkın analizi yapılmıştır. Islah kesitinin yeterlilik durumuna bakılmıştır. Çalışma sonucunda kesitin yetersiz olduğu tespiti yapılmıştır.

Yurdakul (2019), Kocaeli ve Sakarya şehirlerinin içme suyu ihtiyacını karşılayan Sapanca Gölü'ne mansap olan Keçi Deresinin farklı tekerrürlerdeki taşkın debisini hesap ederek HEC-RAS programında iki boyutlu taşkın analizini yapmıştır. Analiz sonuçlarını ArcGIS programına aktararak taşkın risk haritalarını oluşturarak yapısal olan ve olmayan çözüm önerilerinde bulunmuştur.

Ersoy (2017), Manisa İli, Yunusemre İlçesinin, Beydere Mahallesi içerisinde geçen Kızıldere deresinde çalışma yapmış olup, farklı tekerrürlerdeki taşkın debilerini kullanarak HEC-RAS programı ile taşkın yayılım alanlarını belirlemiştir.

Turan (2002), Bartın ili Ulus havzasında, farklı tekerrürlü taşkın debilerine göre MIKE programı ile bir boyutlu taşkın analiz çalışması yapılmıştır. Taşkından etkilenen alanlar tespit edilerek çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Bu çalışmada ise Sakarya ili Kaynarca İlçe merkezinden geçmekte olan Seyren deresinin farklı tekerrürlerdeki taşkın durumu incelenmiştir. Kaynarca ilçe merkezinde dere yatağı çevresinde yüksek yerleşim baskısı mevcuttur. İlçe merkezindeki taşkın durumu; Polis merkezi, okul, ilçe müftülüğü, cami, belediye tesisleri gibi kamu binaları ile birçok konut ve işyerinin dere yatağı çevresinde olması, 30.09.2018 tarihinde çok büyük bir taşkın felaketinin yaşanması sebebiyle ele alınmıştır. Son yıllarda küresel iklim değişikliğinin etkileri bölgesel yağış rejimlerinde dengesizlikler meydana getirmekte, özellikle Kaynarca ilçesinde kısa süreli pik yağışlar taşkına sebep olmaktadır. Seyren deresi sayısal modeli 30.09.2018 tarihli taşkında görülen pik seviyelere, taşkın sonrası yapılmış olan arazi etüt ve ölçümlerine ve taşkın resimlerine göre kalibre edilmiş olup; hesaplanan 25, 50, 100 ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın debileri kullanılarak taşkın yayılım, taşkın tehlike ve taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Literatürde yer alan çalışmalar dikkate alındığında, Tarihsel taşkın izleri ve kayıtlarına dayanarak kalibre edilmiş ve doğrulanmış taşkın modeline rastlanmamıştır. Sönmez (2013) hariç diğer çalışmada model kalibrasyonu

yapılmadığı gör÷lmektedir. Bu çalışmada kalibre edilen model kullanılarak taşkın tehlike ve risk haritaları üretilmiştir. Bu nedenle çalışma özgün bir değere sahiptir.



BÖLÜM 4. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Seyren Deresi; Kaynarca ilçe merkezinden geçerek Roçka kanalına mansap olmaktadır. Yukarı havzada yüksek eğimi arazi yapısında doğarak memba bölgesinde Roçka kanalına mansap olur. Yukarı havzanın yüksek eğimli oluşu ve aşağı havzadaki kentsel baskı ile daraltılan dere yatağı kesitinin varlığı nedenleriyle ilçede yüksek seviyeli akımlar karşısında yıkıcı taşkınların yaşandığı görülmektedir. Bu çalışma ile 30.09.2018 tarihinde yaşanmış olan büyük taşkın felaketi simule edilerek model kalibrasyonu ve doğrulanması gerçekleştirilmiş olup, kalibre edilen model ile tekerrürlü taşkın debilerine göre taşkın yayılım ve taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Taşkın neticesinde oluşabilecek sosyal ve ekonomik kayıpların önüne geçilebilmesi için çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Çalışmanın amacı ve basamakları şu şekildedir;

1. Seyren deresinde 30.09.2018 tarihinde meydana gelen taşkın felaketi sonucu gözlenen taşkın debisinin tespiti yapılmıştır.
2. Seyren deresinin tekerrürlü taşkın debilerinin tespit edilmesi için deterministik yöntemler kullanılmış ve optimum olan model seçilmiştir. Böylece çalışma alanı için en uygun debi hesap yöntemi seçilmiştir.
3. Seyren deresinin taşkın yayılım haritalarının tespit edilmesi için elde edilen 1/1000 nokta bulutu verisi NetCAD paket programında düzenlenmiştir. Ardından düzenlenmiş olan nokta bulutu verisi TIN verisi oluşturmak için CBS Programı olan ArcMAP'e aktarılmıştır. ArcMAP programında oluşturulan TIN verisi HEC-RAS programında 2 boyutlu analiz arazi modeli olarak kullanılmıştır.
4. Elde edilen TIN verisi HEC-RAS programında arazi modeli olarak kullanılmış olup 30.09.2018 tarihli taşkın program aracılığıyla simule edilmiştir. Arazi manning pürüzlülük değerleri taşkın esnasında gözlemlenen seviyelere göre

kalibre edilmiştir ve 30.09.2018 tarihli taşkın sınırları ile uyumlu model elde edilmiştir.

5. HEC-RAS programında kalibre edilen model ile farklı tekerrürlerdeki taşkınlar 2 boyutlu simule edilerek tekerrürlü taşkın debilerine göre taşkın yayılım alanları tespit edilmiştir.
6. Analiz sonuçları ArcMAP ve Global Mapper programlarına aktararak derinlik ve hız parametrelerine bağlı taşkın tehlike haritaları üretilmiştir. Tehlike derecelerine göre etkilenen nüfus miktarları ve yapı sayıları belirlenmiştir.
7. Nüfus, taşkın sonucu oluşacak zarar ve yapı kullanım şekli risk parametresi olarak kullanılmıştır. Bu parametreler haritalandırılmıştır. Haritalandırılan parametreler risk faktörü olarak kullanılmıştır.
8. Taşkın tehlike haritaları ve risk faktörleri kullanılarak taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Risk derecelerine göre etkilenen nüfus miktarları ve yapı sayıları belirlenmiştir.
9. İlçede tekrar taşkın felaketlerinin yaşanmaması için yapısal olan ve yapısal olmayan ıslah önerilerinde bulunulmuştur.

BÖLÜM 5. ÇALIŞMA ALANI

Bu bölümde çalışma alanı olan Kaynarca ilçesine ait coğrafi faktörler, meteorolojik özellikler, iklim ve bitki örtüsü hakkında bilgi verilmiştir. Çalışma alanı Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.

5.1. Çalışma Alanına Ait Doğal Faktörler

5.1.1. Coğrafi faktörler

Kaynarca ilçesi Sakarya İlinin Kuzey batısında yer almaktadır. İlçe merkezinin denizden ortalama yüksekliği 50m'dir. Bölge genel olarak engebeli arazi yapısına sahip olup, en yüksek yeri 353 m ile Oflak dağıdır. Kaynarca ilçe merkezinden geçmekte olan Seyren deresi dar ve kıvrımlı hatlara sahiptir. 10,78 km² havza alanına ve 6370 m ana kol uzunluğuna sahiptir. Doğduğu yerden mansap olduğu Roçka kanalına kadar yaklaşık 120 m düşüye sahiptir.



Şekil 5.1. Çalışma alanı

5.1.2. İklim ve bitki örtüsü

Sakarya ili Karadeniz ve Marmara bölgelerine ait iklim tesiri altındadır. İlin Karadeniz kıyısı ve doğusunda Karadeniz iklimi, batısı ve güneyinde Marmara bölgesi iklim özellikleri görülür. Etüt sahasında Karadeniz bölgesinin iklim özellikleri görülmektedir. Sıcaklık senenin, azamî 40 gününde sıcaklık 0°C 'nin altında ve azamî 30 gününde $+30^{\circ}\text{C}$ üstünde seyrederek. Bölgenin yağış ortalaması 600 mm- 1000 mm arasında değişmektedir. Kaynarca Meteoroloji istasyonu kayıtlarına göre yıllık ortalama yağış 1001,12 mm dir.

Sakarya ilinde, dağlar gür ormanlarla, platolar makilerle kaplıdır. Ova ve vadiler tarım alanlarıdır. Orman ve fundalıklar il topraklarının %45'ini, ekili-dikili alanlar %47'sini, çayır ve meralar ise %3,5'ini teşkil eder. 700 metre yüksekliğe kadar kayın, gürgen,

ıhlamur, kestane, kavak, çınar ve meşe ağaçlarına rastlanır. Daha yükseklerde iğne yapraklı ağaçlar bunların yerini alır. (Yurdakul, 2019)

5.1.3. Yağış

Çalışma alanında, depresyonik (cephesel yağış), orografik (yamaç yağışları) ve konveksiyonel tipte yağışlar düşmektedir. Depresyonik yağışlar genellikle bahar ve kış aylarında, orografik yağışlar havza içi yükseltilerde, özellikle diğer tipteki yağışları arttırıcı yönde, konvektif yağışlar ise daha çok yaz ve bahar aylarında etkili olmaktadır. Bölgede yağış miktarı topografyaya bağlı olarak kısa mesafeler içerisinde değişiklikler gösterir. Yağış ortalaması 600 mm- 1000 mm arasında değişmektedir.

Çalışma kapsamında, tekerrürlü taşkın debileri Sakarya MGM istasyonu ile Kaynarca MGM istasyonu yıl içindeki günlük maksimum yağış değerlerinden faydalanılarak hesaplanmıştır. MGM Sakarya ve DSİ Kaynarca meteoroloji istasyonlarının mevcut yılın en büyük günlük (24 saatlik) yağış değerlerinden en büyüğü kullanılarak frekans analizi yapılmış, örnek dağılıma en iyi uyan dağılım fonksiyonu ile farklı tekerrürlerdeki günlük maksimum yağış değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada Log-normal, Pearson ve Log-Pearson dağılım modeli ile elde edilen sonuçlar birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Çalışma alanındaki MGM Sakarya ve MGM Kaynarca meteoroloji istasyonlarına ait günlük maksimum yağış değerleri (mm) Tablo 5.1.'de, günlük maksimum yağışların farklı tekerrürlerdeki değerleri (mm) ise Tablo 6.4.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Günlük maksimum yağış değerleri (mm)

Yıl	Sakarya	Kaynarca	Maksimum Yağış
1999	127.7	-	127.7
2000	50.3	-	50.3
2001	39.3	-	39.3
2002	93.7	-	93.7
2003	47.7	-	47.7
2004	60.7	-	60.7
2005	86.4	-	86.4
2006	-	-	-
2007	52.8	-	52.8
2008	34.8	-	34.8
2009	68.2	-	68.2
2010	52.2	-	52.2

Tablo 5.1. (Devamı)

2011	26.6	-	26.6
2012	53.4	-	53.4
2013	47	-	47
2014	-	67.9	67.9
2015	-	74.2	74.2
2016	-	72.7	72.7
2017	-	148.6	148.6
2018	-	95.4	95.4
2019	-	64.9	64.9

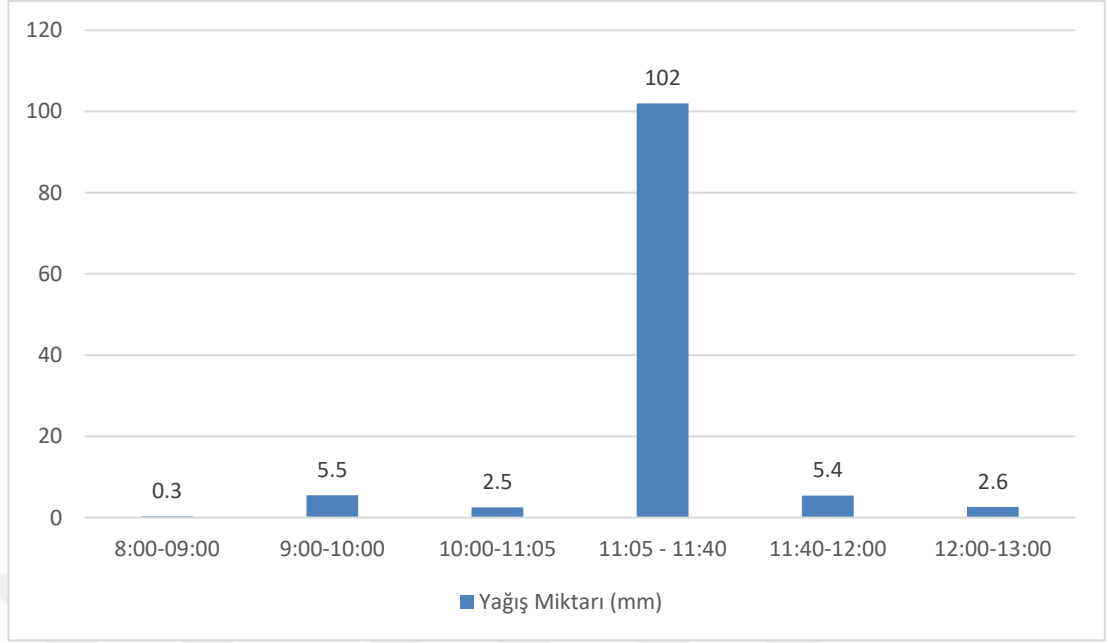
5.1.4. Sıcaklık

Kaynarca ilçesi Marmara bölgesinde Karadeniz iklim özelliklerini taşıyan bölgelerdendir. Bu durum günlük ve yıllık sıcaklık farklarını azaltmakta, ılımanlaştırıcı etki yapmaktadır.

Kaynarca ilçesinde yıllık ortalama sıcaklık 14 °C, yaz ayları sıcaklık ortalaması 22 °C, kış ayları sıcaklık ortalaması 6 °C'dir.

5.2. Çalışma Alanında 30.09.2018 Tarihinde Yaşanan Taşkına Genel Bakış

Sakarya İli Kaynarca İlçesine 30.09.2018 tarihinde MGM verisine göre saat 11:05 ile 11:40 arasında 35 dakikada 102 mm, aynı gün içerisinde ise toplam 118,3 mm yağış düşmüştür (Şekil 5.2.).



Şekil 5.2. 30.09.2018 tarihinde seyren deresi havzasına düşen yağış miktarlarını gösteren grafik

35 dakika gibi çok kısa bir zaman aralığında ilçenin yıllık ortalama yağışının %10'u kadar yağış düşmüş olup, hesap edilen 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisinin yaklaşık 2 katı mertebesinde taşkın debisi oluşmuştur. Taşkın sonucunda Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünün hazırlamış olduğu rapora göre 123 adet ticari işletmede, 36 adet konutta ve kamu binalarında (itfaiye binası Polis merkezi, Müftülük binası ve 3 adet cami) zarara sebep olan su baskın olayı gerçekleşmiş olup büyük maddi kayıp yaşanmıştır.



Şekil 5.3. Silaj depo sahasındaki paketlerin taşkın sonucu harekete geçmesi

Dere yatağı çevresinin yer yer açık depo sahası olarak kullanılması nedeniyle taşkınla sürüklenen depo malzemeleri yetersiz kesitli köprü ve menfezleri tıkayarak taşkınını yıkıcı etkisini arttırmıştır (Şekil 5.3.).



Şekil 5.4. Kaynarca ilçe merkezinden altyapı olmaması sebebiyle meydana gelen hasar

Kaynarca ilçe merkezinde kanalizasyon ve yağmursuyu altyapısı bulunmamaktadır. Genel olarak kanalizasyon ve yağmur suyu doğrudan Seyren deresine deşarj

edilmektedir. İlçe merkezinde yağmur suyu altyapısı bulunmaması nedeniyle taşkından etkilenmeyen yamaca kurulu yerleşim birimlerinde dahi yamaç sellenmesi nedeniyle hasar meydana gelmiştir (Şekil 5.4.).



Şekil 5.5. Kaynarca ilçe merkezinde taşkından etkilenen yerleşim birimlerinin bir kısmı

30.09.2018 taşkının ciddi bir alanda yayılım göstermiş olduğu Şekil 5.5.'ten anlaşılmaktadır. Taşkına neden olan Seyren deresi eski tarihlerde DSİ tarafından ıslah edilmiştir. Kamulaştırma sorunu nedeniyle kadastro genişliğine uyularak duvarlı kanal şeklinde ıslah yapılmış olduğu gözlenmiştir. Dere ıslah yüksekliğinin 2.2 m, ıslah genişliğinin 5m olduğu tespit edilmiştir. Dere yatağının, köprü ve menfez girişlerinde daha geniş olduğu görülmüştür. Mevcut durumda yatağın taşıma kapasitesinin 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisinin yarısı kadar olduğu ve şiddetli yağış dönemlerinde taşkın yaşanma ihtimalinin çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yatağın çok kıvrımlı şekilde ıslah edilmesi nedeniyle yüksek su seviyelerinde taşkın yaşanma ihtimali artmaktadır (Şekil 5.6.).



Şekil 5.6. Seyren deresinin Dar ve kıvrımlı yatağı

Seyren deresinin üzerinde ilçe merkezini geçtiği bölgede 8 adet köprü ve menfez yapısı bulunmaktadır. Söz konusu köprü ve menfez yapılarının yerleri Şekil 5.6.'da gösterilmiştir. Köprü ve menfez açıklıkları ise sırasıyla Tablo 5.2.'de uydu görüntüsündeki yeri Şekil 5.7.'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Kaynarca köprü ve menfez geçişlerine ait bilgiler

Köprü No	Y (ITRF96)	X (ITRF96)	Açıklık(m)	Yükseklik(m)	Tipi	Özelliği
1	526198.5476	4543315.448	6	3	Menfez	Çift açıklıklı
2	525854.8869	4543774.195	6	2.5	Köprü	Tek açıklıklı
3	525764.7718	4543939.758	8	2.5	Köprü	Tek açıklıklı
4	525497.8271	4544222.374	6	2.5	Menfez	Çift açıklıklı
5	525163.7783	4544623.89	6	3.5	Köprü	Tek açıklıklı
6	524877.626	4544819.796	5	3	Köprü	Tek açıklıklı
7	524307.7484	4545055.732	5	3	Köprü	Tek açıklıklı
8	524205.5013	4545023.543	5.5	3.5	Köprü	Tek açıklıklı



Şekil 5.7. Seyren deresi üzerinde yer alan köprü ve menfez geçişleri

Söz konusu menfez ve köprülerin kesitlerinin yetersiz olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.8. ve 5.9.). Özellikle orta ayaklı menfezlerde yukarı havzadan gelen ağaç parçaları veya evsel atıklar takılarak geçişi kapamakta ve taşkın etkilerini arttırmaktadır. Tablo 5.2.'de verilen köprülerin açıklık bilgileri taşkın modelinde kullanılmıştır.



Şekil 5.8. Kaynarca ilçe merkezinde Seyren deresi üzerindeki 1,2,3 ve 4 nolu geçiş yapıları



Şekil 5.9. Kaynarca ilçe merkezinde Seyren deresi üzerindeki 5,6,7 ve nolu geçiş yapıları

BÖLÜM 6. YÖNTEM VE UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde tekerrürlü taşkın debilerinin hesabından, hidrolik simülasyon aşamasına kadar tüm adımlar anlatılmıştır.

6.1. Tekerrürlü Taşkın Debisi Hesabı

Çalışma sahasında akım gözlem istasyonlarının (AGİ) bulunmamasından ötürü Seyren deresinin gözlemlenmiş akımlarına dayanılarak tekerrürlü taşkın debilerinin hesaplanması mümkün olmamıştır.

Bu tez çalışması kapsamında çeşitli yinelenmeli taşkın debi ve hidrograflarının sentetik yöntemler ile belirlenmesinde havza yağış alanının büyüklüğü göz önünde bulundurularak, günlük maksimum yağışların ekstrem dağılım hesabı farklı yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Yöntemler arasında tercih yapmak için Kolmogorov-Smirnov yöntemi ile sınama yapılmıştır. En optimum sonuçlu dağılım tipi olarak Log-Pearson Tip III yöntemi belirlenmiştir. Log-Pearson Tip III dağılımıyla tekerrürlü taşkın debi hesabında Süperpozesiz Mockus Metodu kullanılmıştır. Süperpozesiz Mockus yönteminin kullanılma nedeni, yağış toplanma zamanı 30 saatten küçük olan havzalarda etkili ve doğru sonuç vermesidir.

Debi hesap metotları “Deterministik” ve “İstatistiki” yaklaşımlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Çelik, 2002).

6.2. Yağış Hesabında Kullanılan İstatistiki Yöntemler

Normal Dağılım, Log-Normal Dağılım, Gumbel Dağılımı, Pearson Dağılımı, Log-Pearson Tip III Dağılımı olarak sıralanmaktadır (Bayazıt ve Önöz, 2008). Bu

çalışmada Kolmogorov-Smirnov yöntemi ile analiz yapılarak Log-Pearson Tip III dağılımının kullanılabilir en optimum yöntem olduğuna karar verilmiştir.

6.2.1. Log-Pearson tip III

Log Pearson Tip III dağılımı, istatistiksel metotlardan olup farklı dönüş aralıklarında gelmesi muhtemel taşkınların hesabında kullanılmaktadır. Bu dağılımda kullanılan denklemler aşağıda sırasıyla verilmiştir. Tablo 6.1.'de ise Log-Pearson Tip III dağılımı için frekans faktörü değerleri verilmiştir (Hırca, 2018).

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{N} \quad (6.1)$$

$$\sigma_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}} \quad (6.2)$$

$$C_S = \left[\frac{N \cdot \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (\sigma_{\log x})^3} \right] \quad (6.3)$$

$$\log x = \overline{\log x} + k \cdot \sigma_{\log x} \quad (6.4)$$

Burada;

$\log x$: logaritmik ortalama,

$\sigma_{\log x}$: logaritmik standart sapma,

C_S : çarpıklık katsayısı,

k: frekans faktörüdür.

Tablo 6.1. Log Pearson Tip III dağılımı için frekans faktör değerleri (Usul, 2002)

CS	T Yineleme Dönemi (yıl)										CS
	1.010	1.25	2	5	10	25	50	100	200	500	
	Aşılma Olasılığı (P)										
	99	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1	
3.0	-0.667	-0,636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250	3.0
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847	6.915	2.8
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.672	2.6
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584	6.423	2.4
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.248	2.240	2.970	3.705	4.444	6.168	2.2
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.908	2.0
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.642	1.8
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.371	1.6
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.095	1.4
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.815	1.2
1.0	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.531	1.0
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.244	0.8
0.6	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.956	0.6
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.666	0.4
0.2	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.377	0.2
0.0	-2.326	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090	0.0
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.808	-0.2
-0.4	-2.615	-0.816	0.366	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.533	-0.4
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.268	-0.6
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.017	-0.8
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.786	-1.0
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.577	-1.2
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.394	-1.4
-1.6	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.238	-1.6
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.107	-1.8
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995	1.999	-2.0
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.909	-2.2
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833	0.833	-2.4
-2.6	-3.889	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.769	-2.6
-2.8	-3.973	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.714	-2.8
-3.0	-4.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668	-3.0

6.3. Debi Hesabında Kullanılan Deterministik Yöntemler

DSİ Sentetik Yöntemi, Sentetik Birim Hidrograf, Mockus Yöntemi, Snyder Yöntemi ve Rasyonel Yöntem olarak sıralanmaktadır.

6.3.1. Süperpozesiz mockus yöntemi

Mockus yönteminde hidrograflar üçgen şeklinde olup hesap ve çizim kolaylığı sağlamaları nedeniyle tercih edilmektedir (Koca, 2014). Üzerinde akım gözlem istasyonunun olmadığı ya da uzun yıllara dayalı kayıtlı verilerin bulunmadığı bölgelerde bu yöntem uygulanabilmektedir. Mockus (süperpozesiz) yönteminde, suların toplanma zamanının (t_c) < 30 saat olan drenaj havzalarında kullanılabilmektedir. t_c 'nin 30 saatten büyük olması halinde drenaj alanı tali parçalara ayrılmaktadır. Her bir ayrılan bölge için ayrı ayrı çizilecek hidrografların, geciktirme zamanları dikkate alınarak süperpoze edilmektedir. Bu yöntemde kullanılan denklemler aşağıda sırasıyla verilmiştir (Taşkın Koruma Raporu).

$$t_c = 0,00032 * \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (6.5)$$

Burada;

t_c : suların toplanma zamanı (sa)

L: akarsu kol boyu (m)

S: harmonik meyil

$$D = 2\sqrt{t_c} \quad (6.6)$$

Burada;

D: taşkını meydana getiren yağış süresi (sa)

$$t_p = (0,5 * D) + (0,6 * t_c) \quad (6.7)$$

Burada;

t_p : hidrografın yükselme zamanı (sa)

$$t_r = 1,67 * t_p \quad (6.8)$$

Burada;

t_r : hidrografın alçalma zamanı (sa)

$$t_b = t_p + t_r \quad (6.9)$$

Burada;

t_b : hidrografın taban süresi (sa)

$$Q_p = \frac{K * A * h_a}{t_p} \quad (6.10)$$

Burada;

Q_p : havzaya uyarlanan birim hidrograf pik debisi (m^3/s)

K: havza katsayısı

h_a : 1 mm'lik yağış ifade eder.

Bu aşamadan sonra 24 saatlik yağış yinelemeleri, D'ye karşılık gelen plüviyograf sayısı ve maksimize faktörü (1,13) ile çarpılmaktadır. Elde edilen düzetilmiş yağış değerlerinden “h akış katsayıları” belirlenmektedir. h akış katsayıları 2 yöntem ile belirlenebilmektedir. Denklem (6.11)'in kullanılmasıyla elde edilebilmekte veya EK1'deki eğri no kullanılarak yağış-akış abağından okunabilmektedir. Son olarak her bir tekerrür yılı için ayrı ayrı bulunan akış katsayıları ile pik debi çarpılarak taşkın debileri hesaplanmış olmaktadır.

$$h_{akış} = \frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)} \quad (6.11)$$

$$Q = \text{Akış katsayısı} * Q_p \quad (6.12)$$

6.4. Günlük Maksimum Yağışların Ekstrem Dağılım Hesabı

Çalışma kapsamında, MGM Kaynarca istasyonu 2014 yılından itibaren hizmet vermeye başlamış olup 5 yıllık verisi mevcuttur. Bu nedenle Kaynarca MGM istasyonu verileri ile Sakarya MGM istasyonu verileri birlikte süperpoze kullanılmıştır. Kaynarca MGM istasyonunun 5 yıllık Sakarya MGM istasyonunun 15 yıllık verisi kullanılmıştır. Son yıllara ait verilerin tamamı Kaynarca MGM istasyonuna aittir.

Tablo 6.2. Meteoroloji istasyonlarına ait veriler

Sıra No	x Değerleri	Log(x)	Log(x)-Log(x̄))^2	Log(x)-Log(x̄))^3
1	26.6	1.4249	1.4249	2.8929
2	34.8	1.5416	1.5416	3.6635
3	39.3	1.5944	1.5944	4.0531
4	47.0	1.6721	1.6721	4.6750
5	47.7	1.6785	1.6785	4.7291
6	50.3	1.7016	1.7016	4.9266
7	52.2	1.7177	1.7177	5.0678
8	52.8	1.7226	1.7226	5.1119
9	53.4	1.7275	1.7275	5.1557
10	60.7	1.7832	1.7832	5.6701
11	64.9	1.8122	1.8122	5.9518
12	67.9	1.8319	1.8319	6.1473
13	68.2	1.8338	1.8338	6.1666
14	72.7	1.8615	1.8615	6.4508
15	74.2	1.8704	1.8704	6.5434
16	86.4	1.9365	1.9365	7.2621
17	93.7	1.9717	1.9717	7.6656
18	95.4	1.9795	1.9795	7.7571
19	127.7	2.1062	2.1062	9.3431
20	148.6	2.1720	2.1720	10.2469

Tablo 6.2.'den elde edilen değerler ile olasılık dağılımlarının istatistiki parametreleri belirlenerek Tablo 6.3.'de gösterilmiştir.

Tablo 6.3. Olasılık dağılımlarında kullanılan istatistiki parametreler

Yıl Sayısı	20
Lineer Çarpıklık Katsayısı	1.26962
Logaritmik Çarpıklık Katsayısı	0.14416
Lineer Ortalama	68.22500
Lineer Standart Sapma	30.29056
Logaritmik Ortalama	1.79700
Logaritmik Standart Sapma	0.18242

Farklı dağılım tiplerinde günlük maksimum yağışların ekstrem dağılım hesabı yapılmış olup Kolmogorov-Smirnov yöntemi sınaması yapılarak Log-Pearson Tip III dağılımının bu çalışma için kullanılabilecek en optimum yöntem olduğuna karar verilmiştir. Farklı tekerrürlere sahip farklı dağılımlarla hesap edilmiş günlük maksimum yağışların ekstrem dağılımı Tablo 6.4.'te belirtilmiştir.

Tablo 6.4. Log-Pearson Tip III için günlük maksimum yağışlarının ekstrem dağılımı (mm)

Dağılım Tipi	2	5	10	25	50	100	200	500
Normal Dağılım	68.23	93.72	107.05	121.27	130.44	138.69	146.22	155.31
Log-Normal (2 Parametrel)	62.36	89.11	107.39	131.05	149.01	167.27	185.88	211.10
Log-Normal (3 Parametrel)	63.10	90.10	107.85	130.17	146.71	163.23	179.78	201.83
Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	62.00	90.12	108.79	131.88	148.61	164.92	180.89	196.86
Log-Pearson Tip-3	62.03	88.92	108.00	133.44	153.30	174.02	195.68	220.04
Gumbel	63.75	96.05	117.44	144.46	164.51	184.41	204.23	230.39

6.5. Tekerrürlü Taşkın Debilerinin Hesabı

Bu çalışmada Seyren deresi havzasına ait kayıtlı akım verilerinin bulunmaması nedeniyle deterministik yaklaşımlardan olan süperpozesiz mockus metodu ile debi hesabı yapılarak modelleme aşamasına geçilmiştir. Suların toplanma zamanı olan T_C ; denklem 6.5 kullanılarak 1,68 saat hesap edilmiştir. T_P değeri denklem (6.7) kullanılarak 2,01 saat olarak hesap edilmiştir.

Tablo 6.5. Çalışma alanına ait yağış ve havza bilgileri

Dere Adı	Havza Alanı (km^2)	Pik Süre (T_p) (sa)	Suların Toplanma Zamanı (T_c) (sa)
Seyren deresi	10,78	2,01	1,68

Mockus yönteminde, havzadaki drenaj alanının karakteristik özelliği olan arazi kullanım katsayısı (CN_{II}) 'nın belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada CN_{II} değeri havza sınırları içerisindeki kentleşme oranı, ekili dikili alanlar, yollar ve ormanlık alanlar dikkate alınarak 75 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 6.6. Mockus yöntemine ait katsayılar

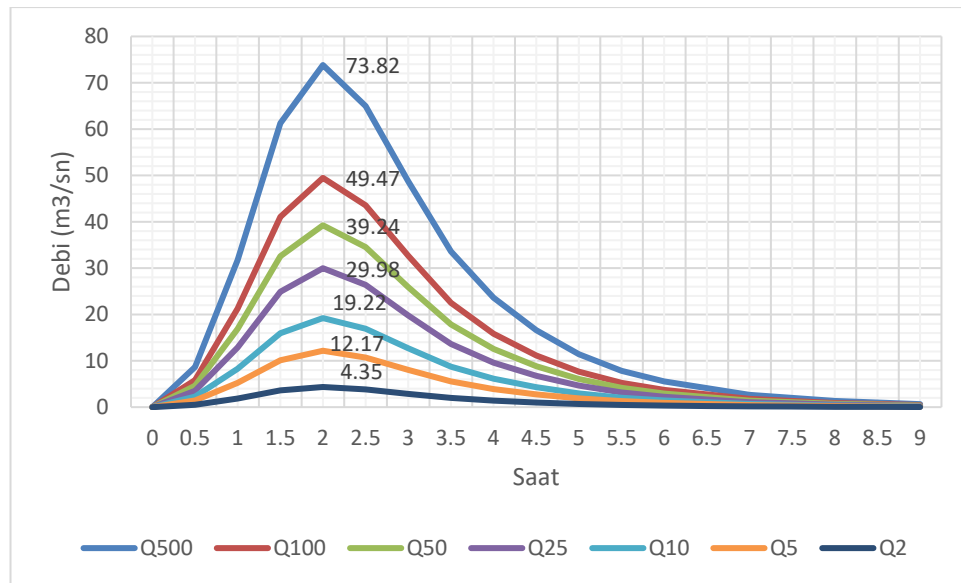
T (saat)	%	MF	YADK	PLV	Son Çarpım
1	1.00	1.13	1.00	0,53	0.5989

Bu veriler neticesinde hesaplanan tekerrürlü taşkın debileri Tablo 6.7.'de verilmiştir.

Tablo 6.7. Süperpozesiz Mockus metoduna göre hesaplanan Seyren Deresi tekerrürlü taşkın debileri (m^3/s)

Tekerrür Aralıkları						
2	5	10	25	50	100	500
4.35	12.17	19.22	29.98	39.24	49.47	73.82

Sentetik yöntemle elde edilen taşkın hidrografları Şekil 6.1.'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Seyren Deresi farklı tekerrürlerde debilere ait taşkın hidrografları

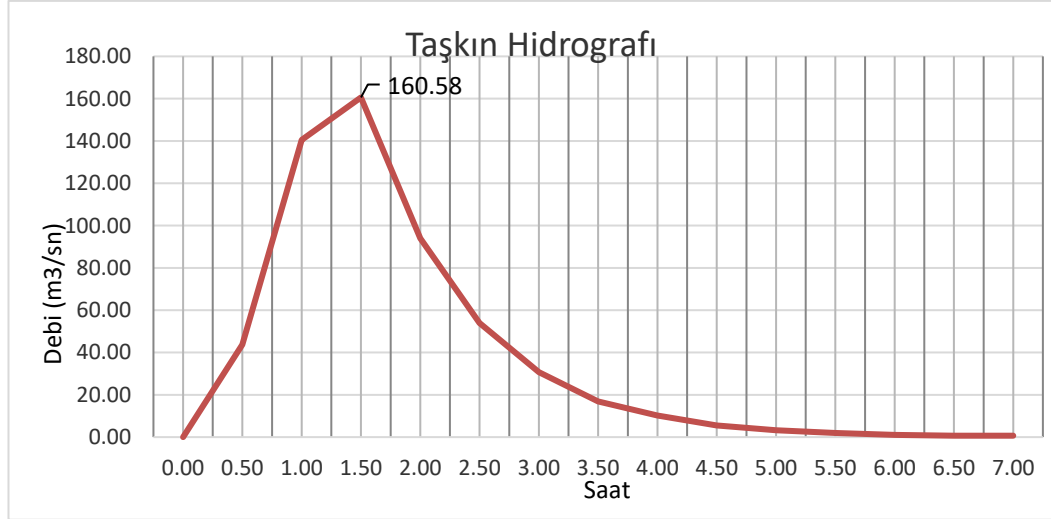
6.6. 30.09.2018 Tarihli taşkın debi hesabı

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verisine göre 30.09.2018 tarihinde saat 11:05 ile 11:40 arasında havzaya 102 mm (kg/m^2) yağış düşmüştür. Aynı gün içerisinde havzaya düşen toplam yağış miktarı 118,3 mm'dir. 35 dk gibi çok kısa sürede Türkiye'nin birçok bölgesinde yiliçi toplam yağışı kadar yağış düşmesi çok büyük bir taşkın yaşanmasına neden olmuştur. Süperpozesiz mocus yöntemi ile görülen taşkın debisinin hesap edilmesi için; Havzada görülen 102 mm günlük maksimum ekstrem yağış, 35 dk'lık (0,5 saat) zaman dilimi taşkın meydana getiren yağış süresi (D) olarak tespit edilmiştir. Suların toplanma zamanı olan T_c ; denklem 6.5 ile hesap edilmiştir. 0,5 saatlik yağış için T_p değeri denklem 6.7 kullanılarak 1,27 saat olarak hesap edilmiştir. Burada 24 saatlik yağış analizi gerçekleştirilmeyeceği için Maksimize faktörü ve Plüviyograf etkisi hesaba son çarpan olarak dahil edilmemiştir (Tablo 6.8.).

Tablo 6.8. Çalışma alanına ait 30.09.2018 tarihli taşkın yağış ve havza bilgileri

Dere Adı	Havza Alanı (km^2)	Pik Süre (T_p) (sa)	Suların Toplanma Zamanı (T_c) (sa)	Taşkın Meydana Getiren Yağış Süresi (D) (sa)
Seyren deresi	10,78	1,27	1,7	0,5

Yağış havza alanı 25 km^2 'den küçük olduğu için yağış alan dağılım katsayısı (YADK) 1 alınmaktadır. Havzadaki drenaj alanının karakteristik özelliği olan arazi kullanım katsayısı (CN_{II}) 'nın belirlenmesi gerekmektedir. Çok kısa zaman aralığında çok yüksek seviyeli yağış meydana gelmesi, karaya düşen yağışın sızma şartını sağlayamadan akışa geçmesi nedeniyle bu katsayı 96 olarak tespit edilmiştir. Bu veriler neticesinde 30.09.2018 tarihinde yaşanan taşkın debisi $160,58 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak belirlenmiştir. Sentetik yöntemle elde edilen taşkın hidrografi Şekil 6.2.'de verilmiştir.



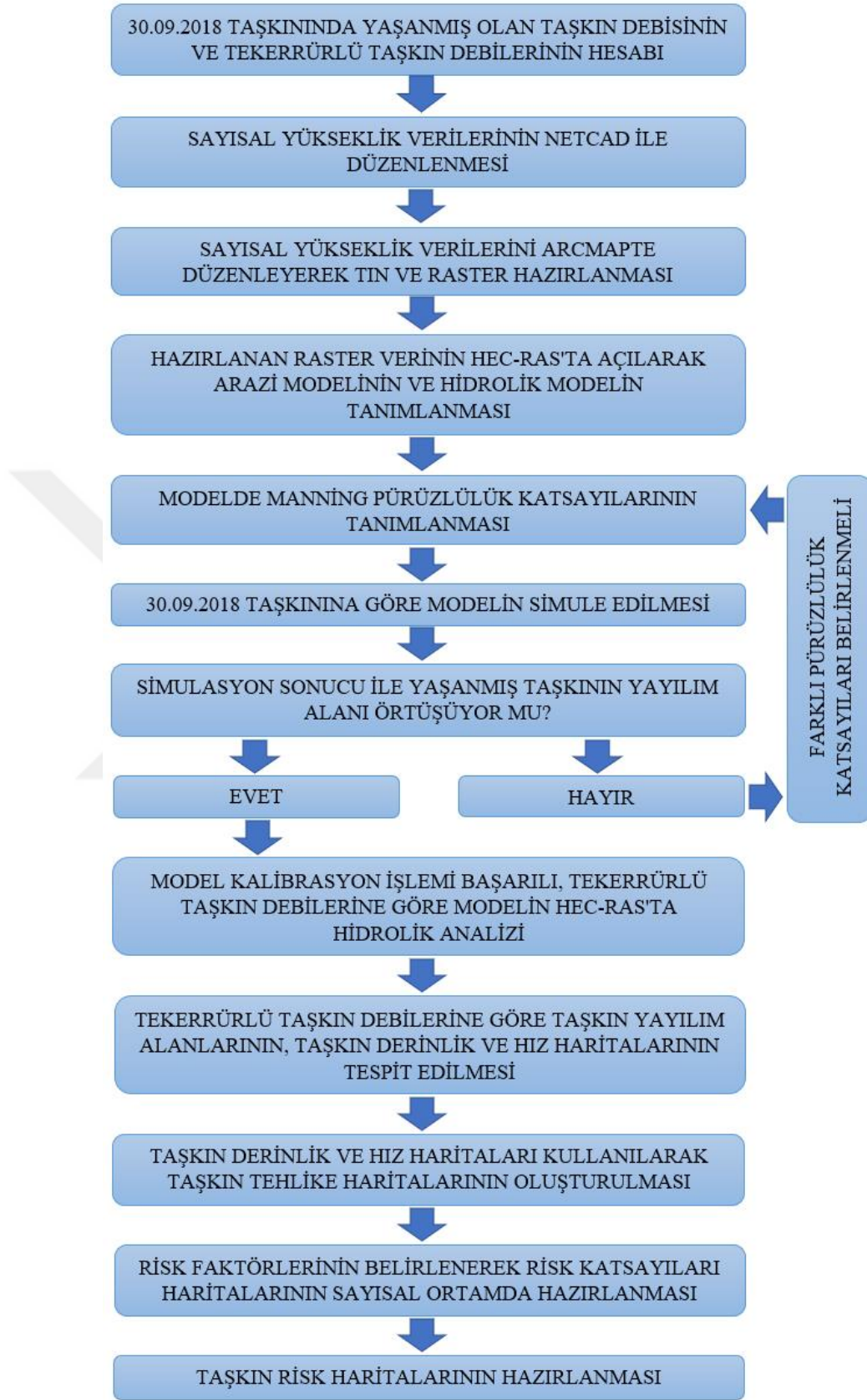
Şekil 6.2. 30.09.2018 tarihli taşkına ait hidrograf

6.7. Hidrolik Modelleme

Tekerrürlü taşkın debilerinin hesap edilerek ortaya konması yayılım alanlarının tespit edilmesinde tek başına bir anlam ifade etmez. Bu nedenle taşkın yayılım alanlarının belirlenmesi için hidrolik modelleme yapılması şarttır. Hidrolik analiz yaparak taşkın yayılım alanlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan iki adet hidrolik modelleme programı bulunmaktadır. Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından geliştirilen MIKE programı ve Birleşik Devletler Ordusu Mühendisler Birliği (USACE) tarafından geliştirilen HEC-RAS programı en çok kullanılan hidrolik modelleme ve analiz programlarıdır. Çalışma kapsamında fotogrametrik haritalama yöntemi ile elde edilmiş, Kaynarca ilçesi 1/1000 ölçekli sayısal yükseklik verisi ile dere yatağının yerinde birebir halihazır ölçülmüş sayısal yükseklik verisi NETCAD programında düzenlenerek süperpoze edilmiştir. Ardından elde edilen nokta bulutu coğrafi bilgi sistemi programı ArcGIS'in modülü ArcMAP ile TIN verisi oluşturulmuştur. TIN verisinde düzenleme yapıldıktan sonra sayısal veri yüksek çözünürlüklü raster haline dönüştürülmüştür. Raster verisinin oluşturulma mantığı TIN verisinde üçgenleme ile elde edilen arazi modelini kareleme yaparak çözünürlük oranına göre her bir piksele yüksekliği temsil eden renk tonu atamasıyla arazi modelini temsil etmesidir. Bu nedenle raster verisinde çözünürlük çok önemlidir. Veri çözünürlüğü düştükçe arazinin verideki temsiliyeti azalır. HEC-RAS programı ile yapılacak olan analiz çalışmasının arazi verileri desteklenmelidir. Çalışma alanındaki

arazi kullanımı modelde gerçeği yansıtacak şekilde tanımlanmaz ise analiz sonuçları yanlış olur. Bu nedenle taşkın yayılım alanlarının tespitinde tarihi taşkınlar modellenerek analizin arazi kullanımını yansıtması sağlanır. Bu duruma modelin arazi kullanımına göre kalibrasyonu denilebilir. Çalışmamızda HEC-RAS v5.07 programı kullanılarak kalibre edilen arazi modeli ile tekerrürlü taşkın debilerine göre 2 boyutlu analiz yapılmış ve suyun yatağını aşarak taşığı alanlar haritalandırılmıştır. Çalışmanın aşamaları Şekil 6.3.'de gösterilmiştir.





Şekil 6.3. Çalışma akış diyagramı

6.7.1. HEC-RAS programı hakkında genel bilgiler

Bu çalışmada kullanılan paket program Birleşik Devletler Ordusu Mühendisler Birliği (United States Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilen HEC-RAS programıdır. Açılımı, Hydrologic Engineering Centers River Analysis System olan HEC-RAS yazılımı, kararlı veya kararsız akımları modellemeyebilmektedir. Program hidrolik analiz sonucunda su yüzey profillerini hesaplayabilmekte; su sıcaklığı ve kalitesi ile sınır koşulları değişen akımlarda sediment taşınmasının analizi yapabilmektedir. Menfez ve köprü gibi yapı elemanlarının programa tanımlanabilmesinin yanı sıra baraj dolu savağı, baraj dip savağı, regülatör, pompa istasyonu gibi yapı elemanları da tanımlanabilmektedir. Taşkın anında akımı etkileyen ağaçlık alanlar, meskun mahaller, depolama alanları, kum ocağı boşlukları gibi alanların hidrolik akış şartlarının tanımlanabilmesini sağlayan arayüzü bulunur. HEC-RAS programı ile 1 boyutlu ve 2 boyutlu analiz yapılabilir.

HEC-RAS yazılımı kullanılarak yapılan 1D modelde, Saint-Venant denklemleri serbest yüzey akışları için kullanılır. Bu denklemler süreklilik ve momentum koruma ilkelerinden elde edilir. (Kemaloglu, 2019) Akımın tek boyutlu, basınç dağılımının hidrostatik ve dikey yönde, kanalın boyuna eğimi az ve akışkanın sıkıştırılmaz olduğu kabul edilir. Bu varsayımlar elde kullanılarak elde edilen denklemlere Saint-Venant denklemleri denir. (Chow ve ark. 1956)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (6.13)$$

$$l_E = l_0 - \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{v \partial v}{g \partial x} - \frac{l \partial v}{g \partial t} \quad (6.14)$$

Bu denklemde A; akışa sahip kesit alanını, Q; debiyi, g; yerçekimi ivmesini, y; kanaldaki su seviyesinin yüksekliğini, l_0 ; taveg eğimini, l_E ; enerji çizgisi eğimini, q; birim genişlikten geçen debiyi, v; ortalama akış hızını, x; uzunluğu, t; zamanı göstermektedir.

HEC-RAS yazılımı kullanılarak yapılan 2D modelde, serbest yüzeyli akım için Saint – Venant denklemleri kullanılır. Bu denklemler süreklilik ve momentum koruma ilkelerinden elde edilir (Samandar ve Genc 2016).

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (6.15)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial y}{\partial x} - S_0 \right) + gAS_f = 0 \quad (6.16)$$

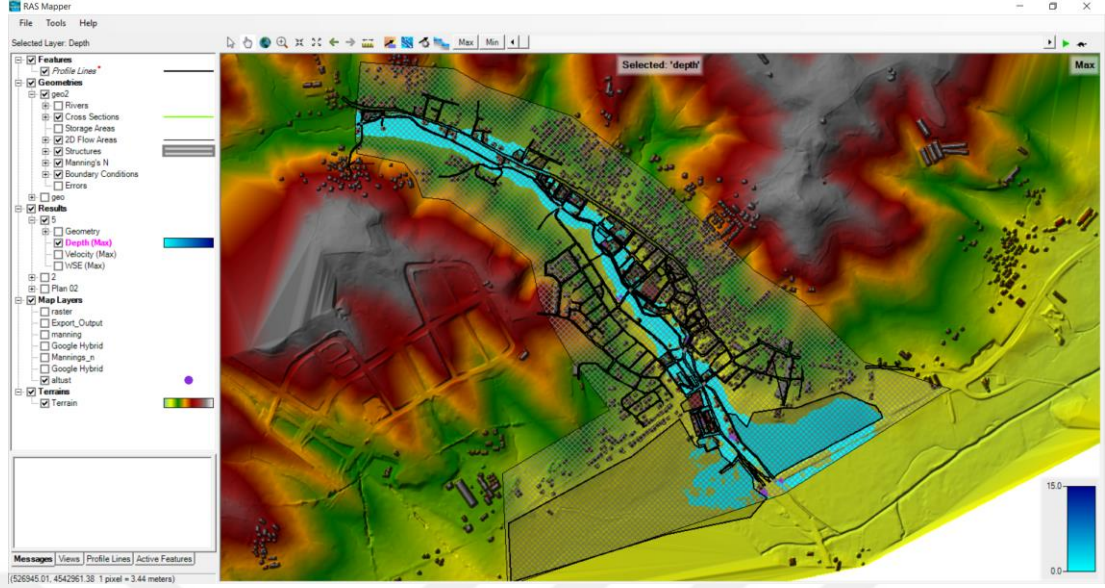
Bu denklemde A; akışa sahip kesit alanını, Q; debiyi, x; uzunluğu, y; derinliği, t; zamanı, S_f Enerji çizgisi eğimini, S_0 ; talveg eğimini g; yer çekimi ivmesini göstermektedir. Manning denklemi aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$S_f = \frac{n^2 Q |Q|}{A^2 R^{4/3}} \quad (6.17)$$

HEC-RAS yazılımı manning denkleminin belirtilen formunu kullanarak 2 boyutta akış hesabı yapmaktadır.

6.7.2. HEC-RAS programının RAS Mapper arayüzünün tanıtılması

HEC-RAS programı ilk açıldığında arayüzü çok basit görünse de detaya inilmesi gereken mühendislik problemlerinde hidrolik parametrelerin detaylı şekilde tanımlanabileceği imkanları sağlamaktadır. HEC-RAS'ın son sürümleri ile birlikte getirdiği önemli yenilik RAS Mapper arayüzüdür (Şekil 6.4.).



Şekil 6.4. RAS Mapper ara yüzü

RAS Mapper arayüzü özellikle iki boyutlu model tanımlamalarının daha hızlı ve anlaşılır şekilde yapılması için geliştirilmiştir. Bu arayüz ile HEC-RAS'ta; geometri editöründe yapılabilen tüm geometrik veri tanımlamalarından, altlık olarak online haritaların açılabilmesine kadar görsel ve anlaşılır şekilde işlem yapılabilmektedir. İki boyutlu analiz alanının, Sınır koşulu geometrilerinin, yapısal elemanların ve arazi pürüzlülük katsayılarının tanımlanması; analiz sonuçlarının hız veya derinlik seçeneklerinde interaktif olarak görüntülenebilmesi gibi pek çok işlem bu arayüz ile yapılabilmektedir.

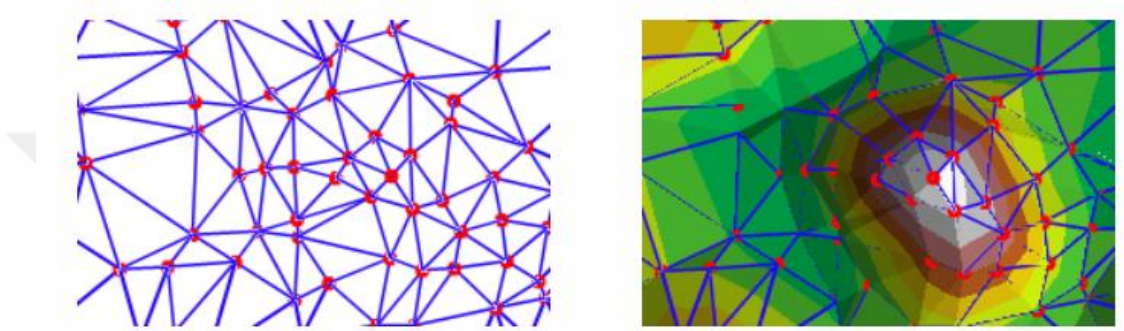
6.7.3. HEC-RAS programı için gerekli veriler

HEC-RAS programı aracılığıyla güvenilir modelleme yapılabilmesi için aşağıdaki verilerin hazırlanarak program ara yüzünde tanımlanması gerekmektedir.

- Tekerrürlü taşkın debilerinin hesabı ve taşkın hidrograflarının belirlenmesi
- Araziyi temsil edecek sayısal verinin oluşturulması
- Sınır şartlarının tespit edilmesi ve modelde tanıtılması
- Yapısal elemanların programa tanıtılması
- Arazi kullanımına göre pürüzlülük katsayılarının tanımlanması
- Modelde analiz başlatma ayarlarının öngörülmesi

6.7.3.1. Araziyi temsil edecek sayısal verinin oluşturulması

HEC-RAS programı sayısal yükseklik modeli olarak raster verisini kullanmaktadır. Raster verisinin oluşturulabilmesi için TIN (üçgenlenmiş düzensiz ağ) verisine ihtiyaç duyulmaktadır. TIN verisinin oluşturulma mantığı nokta bulutu verisinde en yakın noktalar arasında üçgenleme yaparak arazi modelini tam anlamıyla yansıtmaktır (Şekil 6.5.).



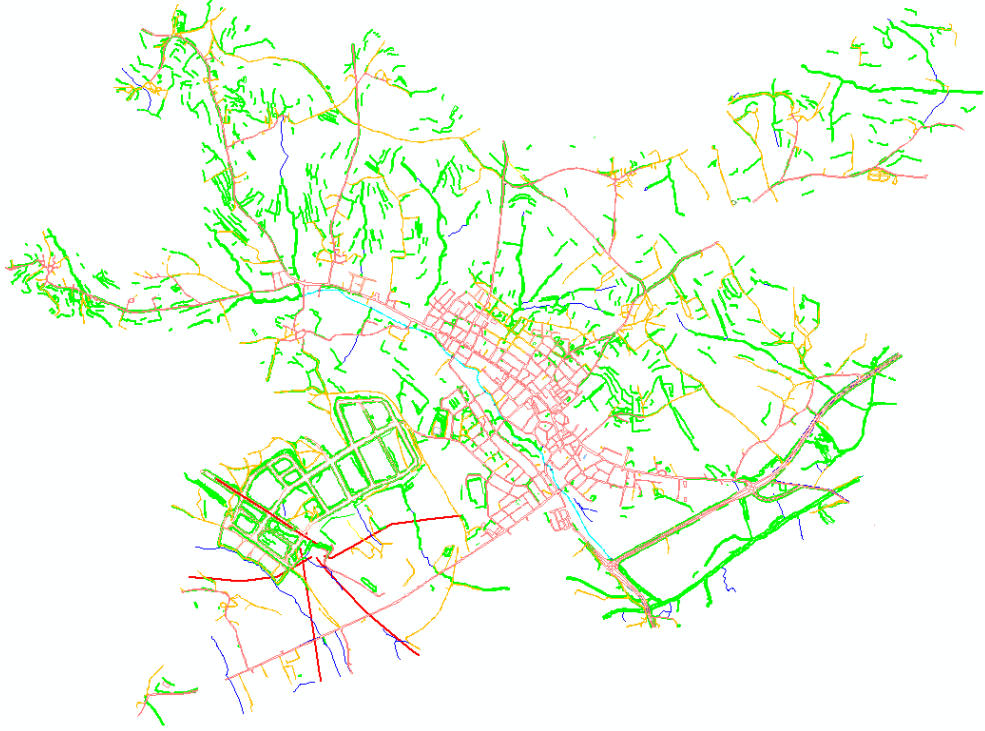
Şekil 6.5. TIN verisinin üçgenleme mantığı

Nokta bulutu verisinde arazi tam anlamıyla tanımlı değilse elde edilecek veri hatalı olur. Bu nedenle verinin doğruluğu ve düzgünlüğü kontrol edilerek teyit edilmelidir (Şekil 6.6.).



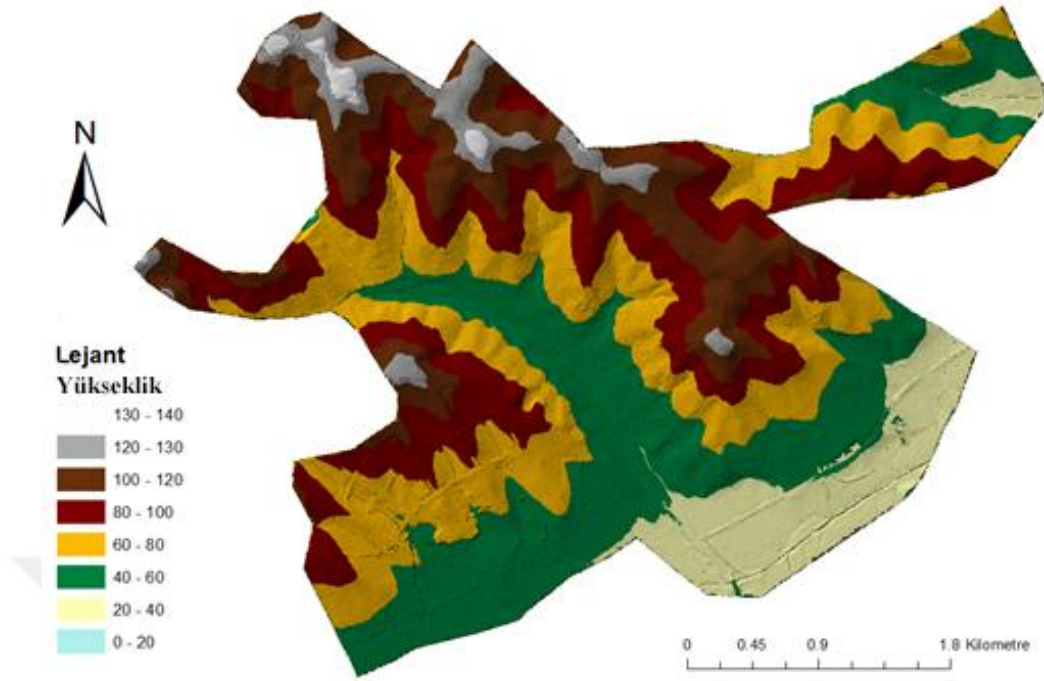
Şekil 6.6. Çalışma alanı nokta bulutu görünümü

Nokta bulutu verisinde noktalar arası şev üstü, şev altı, yol sınırı gibi arazide köşe dönüm noktalarını tanımlayan edge (çizgi) verisi de ayrıca hazırlanır. Bu veri TIN oluşturulması sırasında ArcMAP programına tanımlanmakta olup, üçgenlemenin çizgi doğrultusunda yapılmasını ve sayısal yükseklik modeli kalitesinin üst düzey olmasını sağlamaktadır (Şekil 6.7. ve Şekil 6.8.).



Şekil 6.7. Çalışma alanı TIN sınır koşulu çizgi verisi

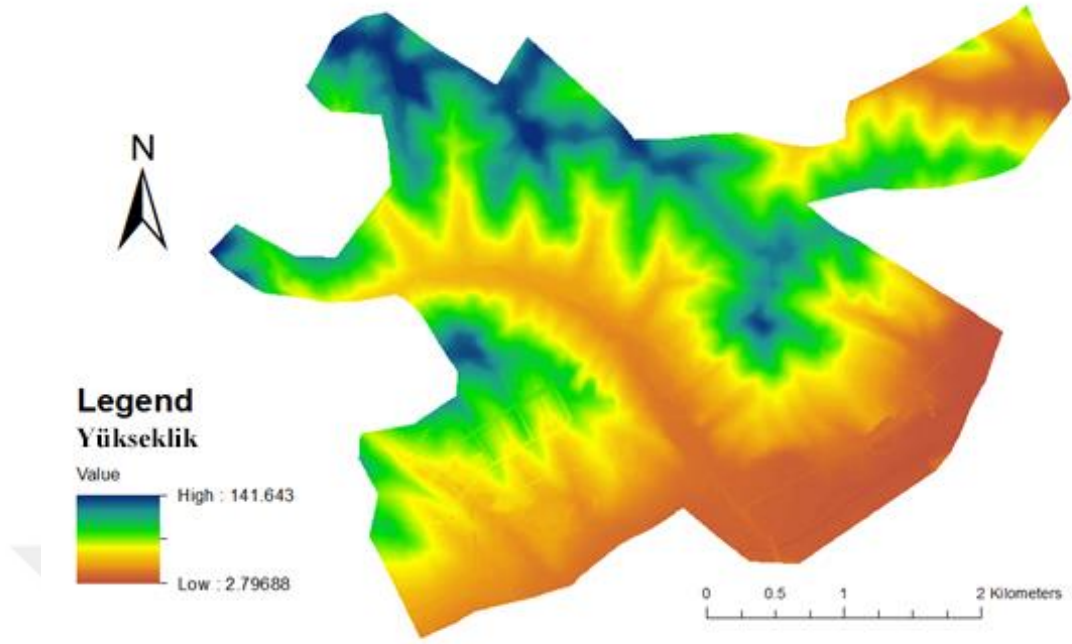
TIN verisinin arazi morfolojisini tam anlamıyla yansıtabilmesi için nokta bulutu verisinin sık, araziyi temsil edecek nitelikte ve yakın olması gerekmektedir. Araziyi temsil eden noktaların aralıkları ve sayısı azaldıkça TIN verisinin araziyi temsil kabiliyeti azalır.



Şekil 6.8. Çalışma sahasında TIN verisine genel bakış

HEC-RAS programı sayısal yükseklik modeli olarak raster verisini kullanmaktadır. Bu nedenle TIN verisinin raster verisine dönüşümü yapılmalıdır (Şekil 6.9.).

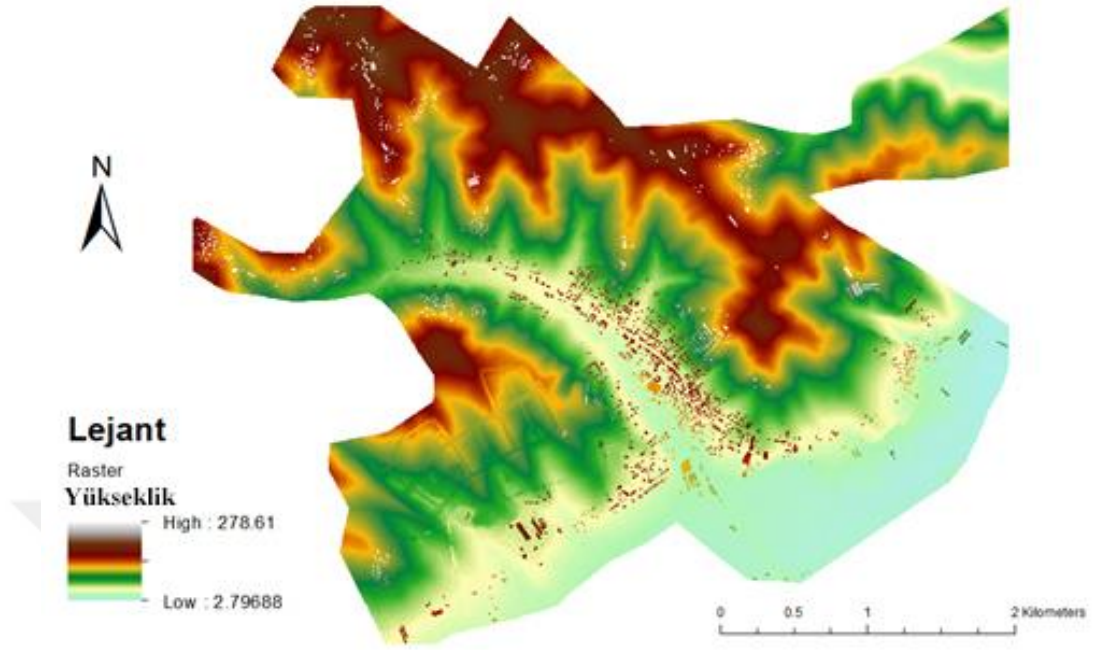
Çalışmamızda raster hücre boyutu 0.25m alınarak yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir (Şekil 6.9.).



Şekil 6.9. Raster olarak kaydedilen SYM

Taşkın havzasında yapılacak 2 boyutlu çalışmalarda bina, duvar gibi yapıların etkisinin gösterilmesi gerekmektedir. Çünkü suyun fiziksel olarak arazi üzerinde ilerleyişinin önündeki büyük engeller modelde tanımlanmadığı sürece sağlıklı analiz yapılamaz. İki boyutlu analizin bir boyutlu analize göre sonucu etkileyen en büyük farklarından biri de budur. Bir boyutlu analizde programın, binaya karşılık gelen kesit ile kendinden önce ve sonra gelen kesitler arasında akım hesabı yaparken ortalamaya göre hareket etmesi nedeniyle hata oranı artar. İki boyutlu analizde; hücrenin çevre hücrelerle etkileşimine göre hesap yapıldığı için arazi modeli ve sınır koşulları doğruysa hata oranı oldukça düşüktür.

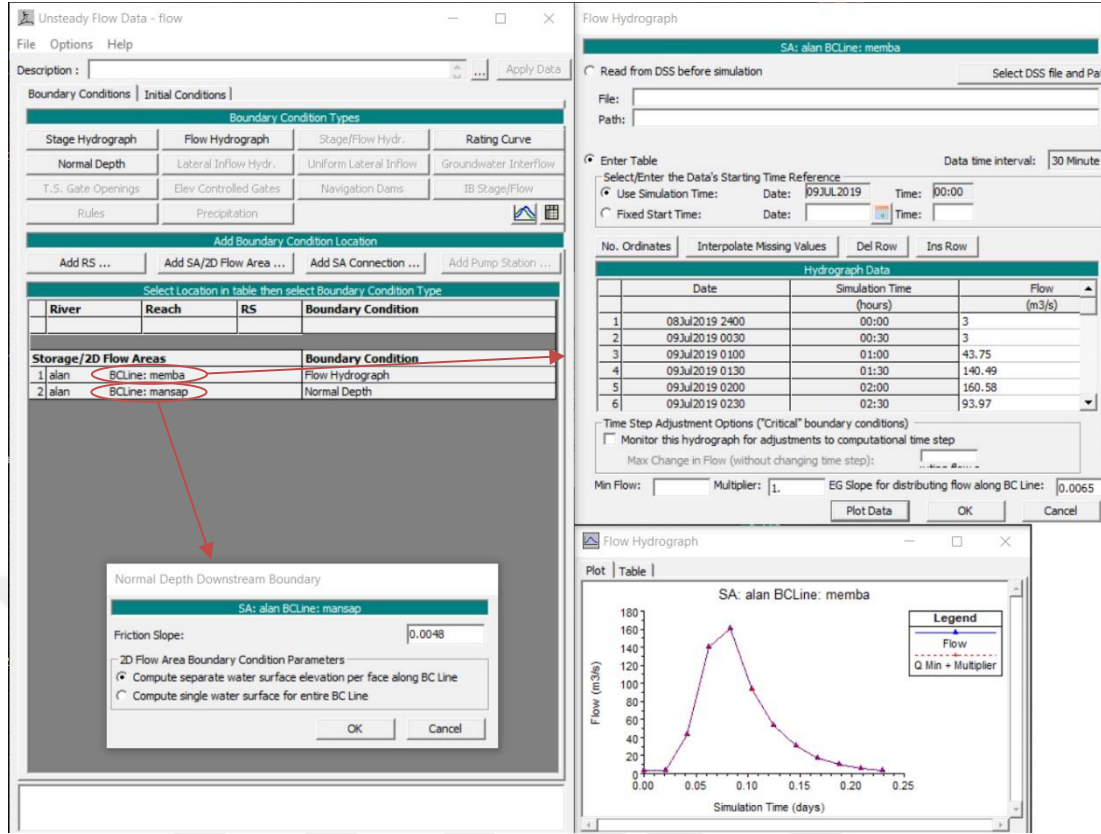
Çalışma alanında binaların raster veriye eklenmiş olduğu ve araziye tam olarak temsil eden sayısal yükseklik modeli oluşmuştur (Şekil 6.10.).



Şekil 6.10. Binalar ve SYM birleşik raster hali

6.7.3.2. Sınır şartlarının tespit edilmesi ve modelde tanıtılması

HEC-RAS programında farklı mühendislik sorunlarına çözüm getirecek birçok hidrolik sınır şartı tanımlanabilmektedir. Sınır şartlarına göre nehrin başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki su yüzü kotu ve debinin hesaplanmasını sağlanmaktadır. Bu çalışmada başlangıç kesiti tekerrürlü taşkın debilerine ait hidrograf ile tanımlanmış olup giriş sınır şartı olarak belirlenmiştir. Çıkış kesitinde dere talveg eğimi tanımlanmıştır (Şekil 6.11.).

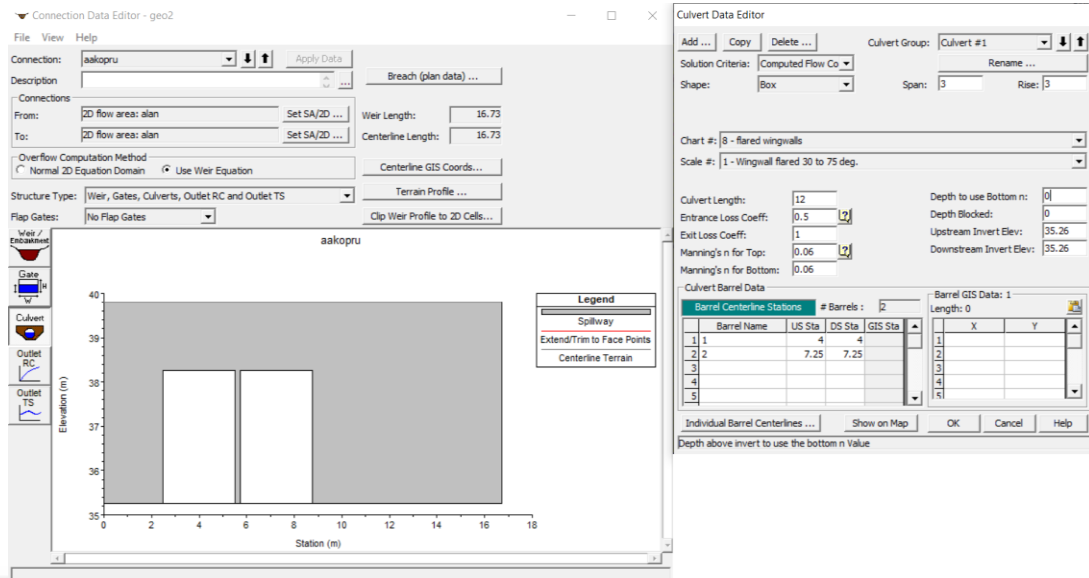


Şekil 6.11. 30.09.2018 taşkını Sınır şartı tanımlamaları

İki boyutlu analizde hücre boyutunun dere yatağı kesitini tanımlayabilecek özellikte olması gerekmektedir. İki boyutlu analiz alanı hücre boyutu 3 m olarak belirlenmiştir. Analiz ayarları göz önüne alındığında daha büyük boyutlu hücre seçilmesi durumunda yayılım yönü ve ilerleyişi konusunda hatalı sonuçlar alınabilir. Seçilen hücre boyutunun yatak genişliğinden büyük olmamasına ve araziye temsil kapasitesinin yüksek olmasına dikkat edilmiştir.

6.7.3.3. Yapısal elemanların HEC-RAS programına tanıtılması

Çalışma sahasında 8 adet köprü bulunmaktadır. Köprüler iki boyutlu model üzerinde yatay eleman olarak tanımlanmıştır. Köprü talveg ve tavan pürüzlülük değerleri feyzan anında yukarı havzadan ağaç parçaları ve evsel atıkların yoğun şekilde gelmesi ve köprü önünde tıkanmalara sebep olması nedeniyle Q50 taşkın debisinin üzerindeki akımlarda 0,06; Q50 taşkın debisinin altındaki akımlarda ise dere yatağı pürüzlülük katsayısı ile eşdeğer alınmıştır (Şekil 6.12.).

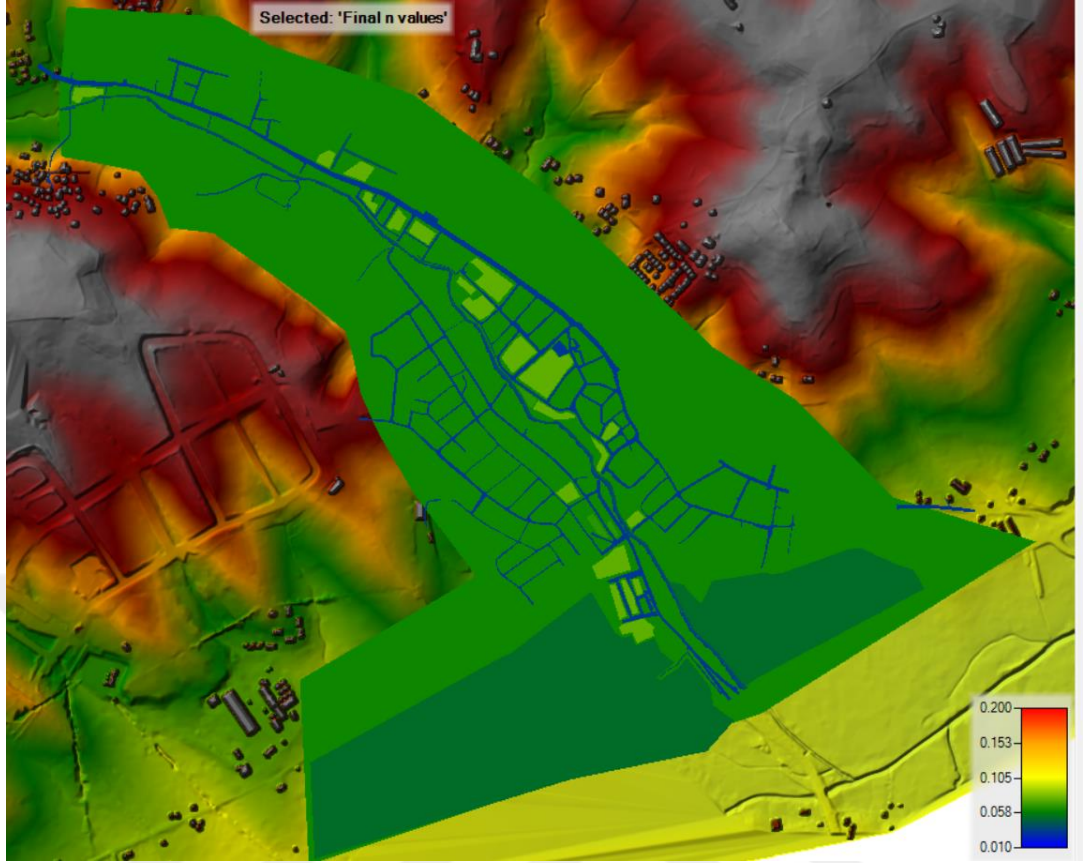


Şekil 6.12. 1 nolu köprü'nün yapısal eleman olarak tanımlanması

Tüm özellikleri belirlenmiş olan sekiz adet köprü yapısal eleman olarak HEC-RAS programında tanımlanmıştır (Tablo 5.2. ve Şekil 6.12.).

6.7.3.4. Arazi kullanımına göre pürüzlülük katsayılarının tanımlanması

Havzada; farklı vejetasyonların varlığı, meskun mahal yapılanması, ulaşım için arazide farklı profillerde yol geçirilmesi, insan kaynaklı müdahaleler, depo alanları, kum ocağı boşlukları gibi nedenlerle yüzey profilinin sürtünme katsayısı değişmektedir. Taşkın yayılım analizinde arazi geometrisinin doğruluğunun yanı sıra suyun yayılma hızını ve yönünü etkileyecek en önemli faktör arazi kullanımıdır. HEC-RAS iki boyutlu analizi için manning pürüzlülük katsayısı değerleri alansal olarak tanımlanabilmekte olup sürtünme katsayısının literatürde geçen değerlere uygun olarak belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada kalibrasyon sonucu elde edilen arazi kullanım (pürüzlülük) sayısal verisi Şekil 6.13.'te gösterilmektedir. Taşkın ile ilerleme hızı ve ilerleme yönü arazi kullanımıyla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle arazi kullanımı simülasyonun doğruluğunu birebir etkilemektedir.

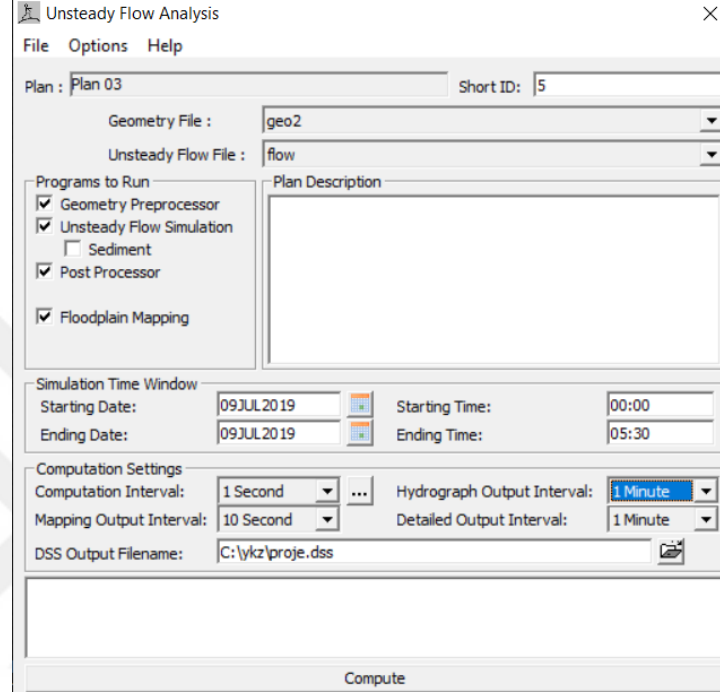


Şekil 6.13. Seyren dersinde arazi kullanımının tanımlanması

6.7.3.5. HEC-RAS modelinde analiz başlatma ayarlarının ön görülmesi

HEC-RAS programında bütün veriler modelde tanıtıldıktan sonra kararsız akım simülasyonu analizinin başlatılması gerekmektedir. Ayarların tam anlamıyla yapılması arazi bilgisi ve tecrübe gerektirir. Karadeniz bölgesindeki akarsularda yatak eğimleri çok yüksek olduğu için suyun hızı 3-4m/sn üzerine çıkabilmektedir. Ancak çalışma alanımızda eğim profili daha düşüktür. Burada dikkat edilmesi gereken durum; iki boyutlu analiz alanındaki hücre boyutu ile arazide oluşabilecek hızın birbiriyle uyumlu olabilmesidir. Hücre boyutunun 3m olduğu analiz alanında 3m/sn hızın görülmesi demek; suyun hücrenin bir ucundan diğer ucuna 1 saniyede gidebileceği anlamına gelir. Bu nedenle hesap aralığının hücre içinde kalması için hesap aralığı (computation interval) değerinin çalışma alanımız için 1 saniye veya altı olması gerekmektedir. Aksi durumda hücrelerde yığılma olacak ve taşkın olduğundan büyük simüle edilecektir. Bu istenmeyen bir durumdur ve hesapta ciddi hatalar meydana gelmesine neden olur. Harita çıktı aralığı (Mapping output interval) değeri

analiz sonucunun hangi aralıkta görüntüleneceği seçeneğidir. Analiz için tanımlanan hidrograf ve detay çıktı aralığı (hydrograph output interval , detailed output interval) periyotlarının tanımlanan hidrograf zaman aralığı periyodu ile uyumlu olması gerekmektedir (Şekil 6.14.).



Şekil 6.14. Kararsız akım analiz ayarları

6.7.4. Modelin kalibrasyonu

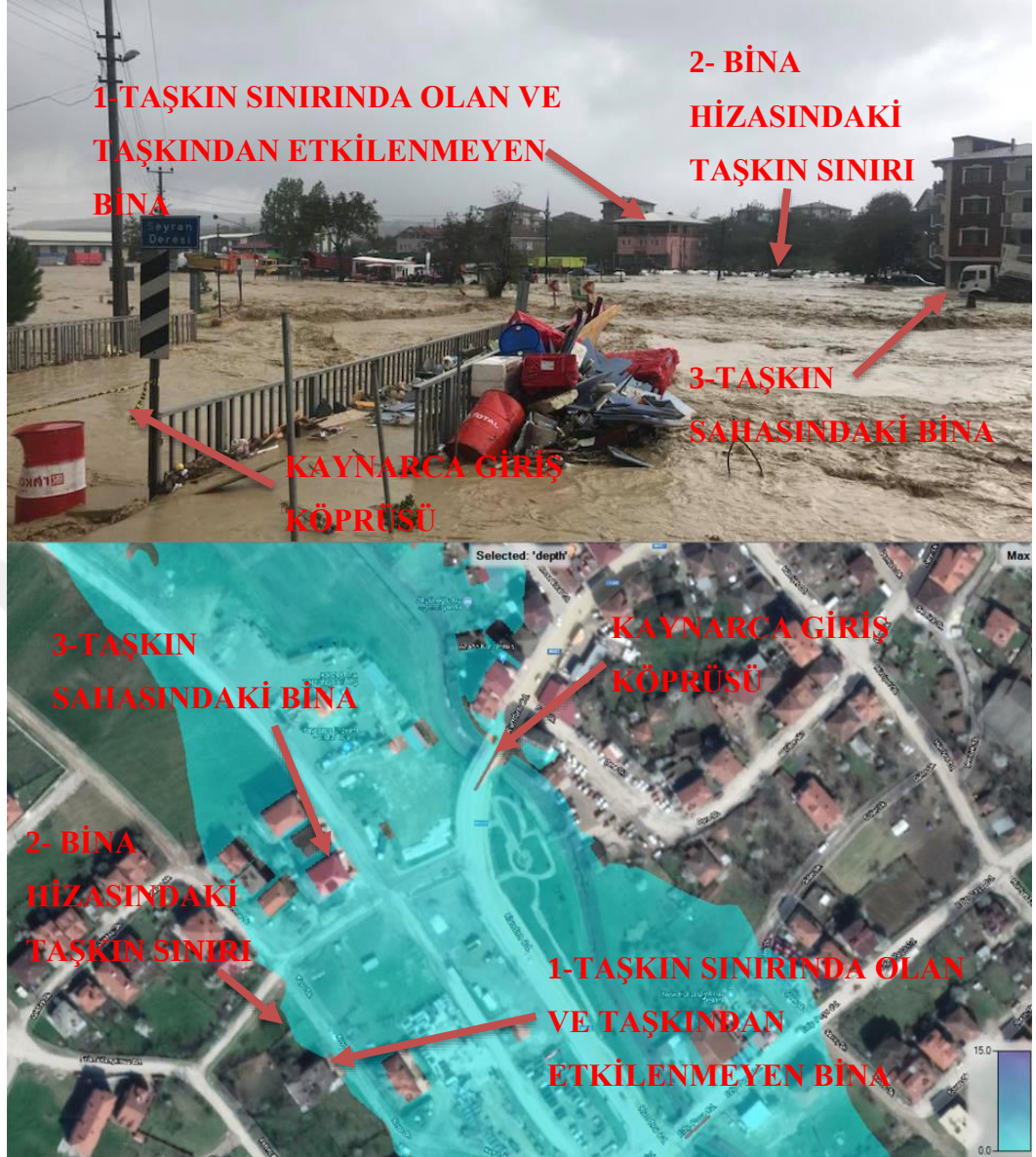
İki boyutlu model, tüm hidrolik ve hidrolojik parametrelerinin tanımlanmasının ardından analiz sonuçlarının çalışma sahasını doğru bir şekilde temsil etmesi için 30.09.2018 taşkını ile kalibre edilmiştir. Taşkın esnasında köprülerde ve çevre binalarda taşkının ölçülen maksimum seviyeleri ile analiz sonucu elde edilen su yüzü profili kıyaslanarak doğrulanmış ve hassas bir model elde edilmiştir (Şekil 6.15.).

Şekil 6.17.'de resmin çekildiği evin konumu model resminde görülmekte olup evin önündeki moloz yığını gösterilmiştir. Taşkın sınırının moloz yığını ve hizasında olduğu vatandaş tarafından çekilen resimden anlaşılmaktadır.



Şekil 6.17. Taşkın yayılımı ve model sonucu kıyası-1

Şekil 6.18.'de Kaynarca ilçesi giriş köprüsünden taşkın anında fotoğraf çekildiği görülmektedir. Fotoğrafta köprü eksen hizasında bulunan “1” ile işaretli evin taşkın sularının dibinde olduğu ve taşkından etkilenmediği görülmektedir. Bina hizasındaki taşkın sınırı “2” ile işaretlenmiştir. Taşkının içerisinde kalan apartman ise “3” ile işaretlenmiştir. Model görünümünde de fotoğrafta tespit edilen ve numarayla belirtilen durumlar aynı ifadeler ile gösterilmiştir.



Şekil 6.18. Taşkın yayılımı ve model sonucu kıyası-2

Şekil 6.19.'da vatandaş tarafından aynı noktadan çekilen iki adet fotoğraf ve model görünümü bulunmaktadır. Sol üst fotoğrafta görülen akaryakıt istasyonunun Taşkından etkilenmediği ve taşkın sınırında kaldığı görülmektedir. Aynı durum modelde de görülmektedir. Sağ tarafta görülmekte olan fotoğrafta ise vatandaşın resim çektiği ev ile taşkın sınırı arasında yirmibeş metre mesafe olduğu görülmektedir. Model görüntüsünde de fotoğrafın çekildiği ev ile taşkın sınırı arasında yirmibeş metreye yakın mesafe olduğu ölçümlerle doğrulanmıştır.



Şekil 6.19. Taşkın yayılımı ve model sonucu kıyası-3

Şekil 6.20.'de fotoğrafı çeken vatandaşın kuru bir alanda ve DSİ dere ıslahının hemen yanında olduğu anlaşılmaktadır. Model görünümünde de bu noktanın taşkından etkilenmediği görülmektedir.



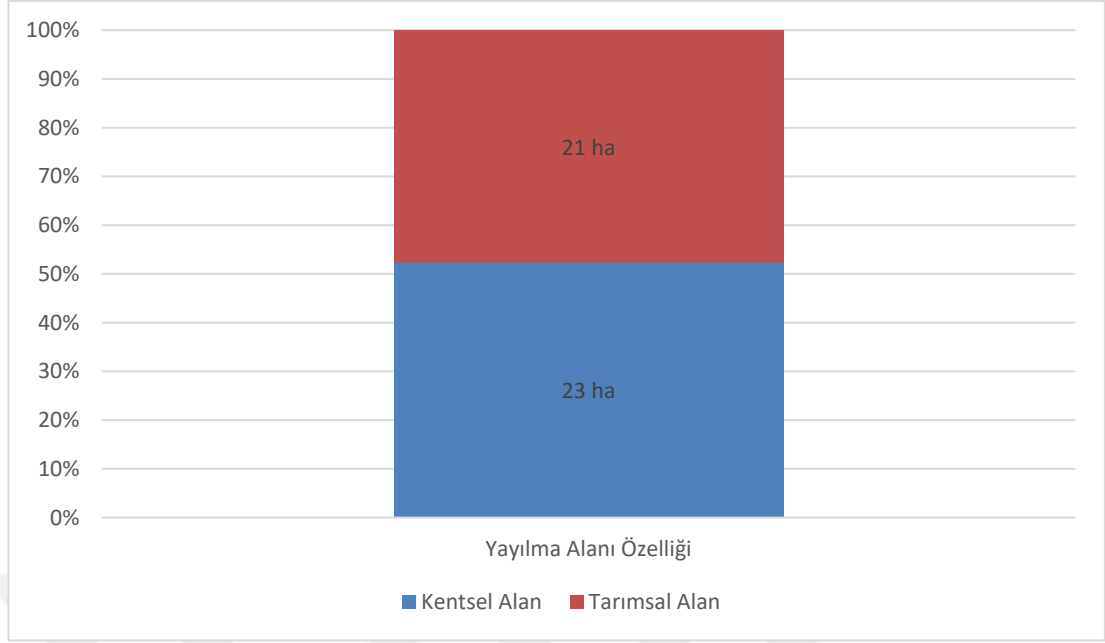
Şekil 6.20. Taşkın yayılımı ve model sonucu kıyası-4

Modelin kalibrasyonunun tamamlanması için farklı pürüzlülük katsayıları ile simülasyon analizi yapılmıştır. Gerçeğe en yakın model Şekil 6.21.'de gösterilen pürüzlülük değerleri ile elde edilmiştir.



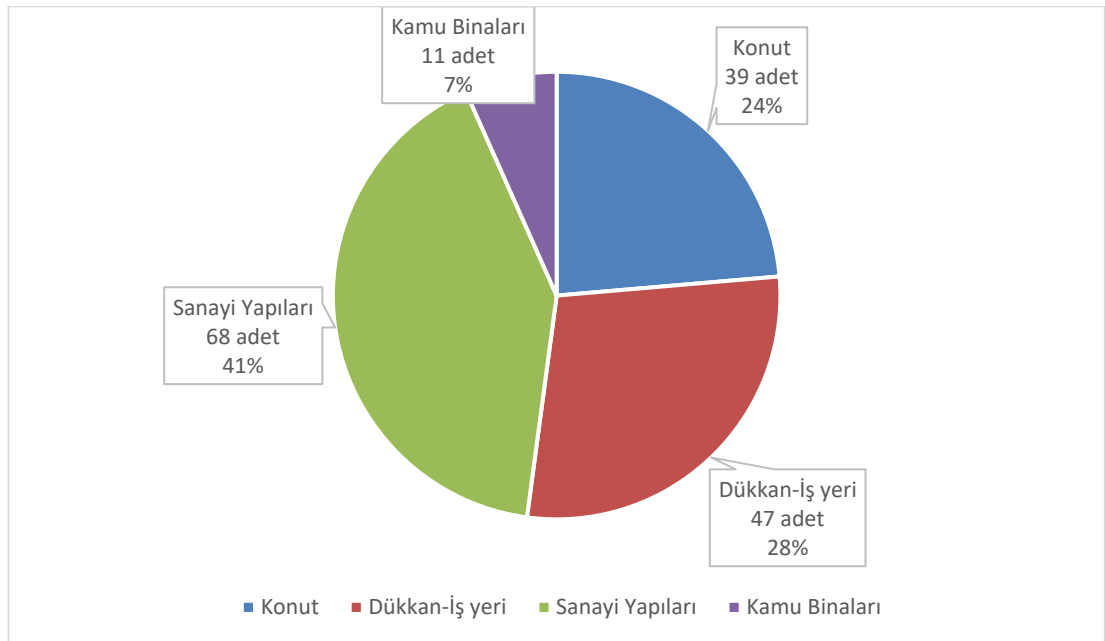
Şekil 6.22. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkın yayılım haritası

Model Q₅₀₀ taşkın debisi olan 73,82 m³/sn ile analiz edilmiş olup 44 ha arazide yayılım göstermiştir (Şekil 6.22.). Taşkın yayılımında 21 ha alan tarım arazisi 23 ha alan kentsel alan olarak belirlenmiştir (Şekil 6.23.). Tarımsal alanlar imar sınırında olsun olmasın, ekilip biçilme durumuna göre dikkate alınmıştır.



Şekil 6.23. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkınının alansal dağılımı

Şekil 6.23. incelendiğinde yayılım alanının %47,7'si tarımsal alan, %52,3'ü kentsel alanda kalmaktadır. Q_{500} taşkın yayılımında kalan kentsel alanlar bina kullanım amaçlarına göre sınıflandırılmış olup Şekil 6.24.'te gösterilmiştir.



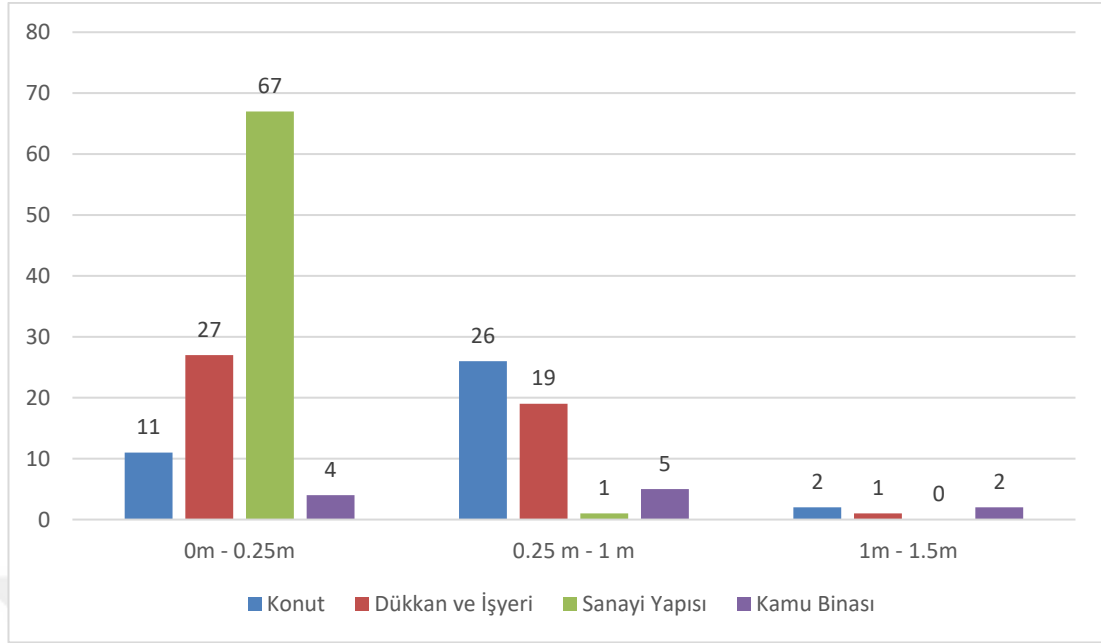
Şekil 6.24. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkınından etkilen yapıların kullanım amacına göre dağılımı

arttığı, dere yatağına yaklaşıldıkça derinlik ve hız parametrelerinin ciddi şekilde arttığı görülmektedir.



Şekil 6.26. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkın hız haritası

Şekil 6.27.'de taşkın derinliğine göre bina kullanımları görülmektedir. Buna göre; yapı stoğunun %66'sı 25 cm'ye kadar olan su derinliğinden, %31'i 25cm-1m aralığındaki su derinliğinden, %3'ü 1m-1,5m aralığındaki su derinliğinden etkilenmektedir. Sanayi sitesi tamamen taşkından etkilenmekte olup 20 cm taşkın derinliği oluşmaktadır.

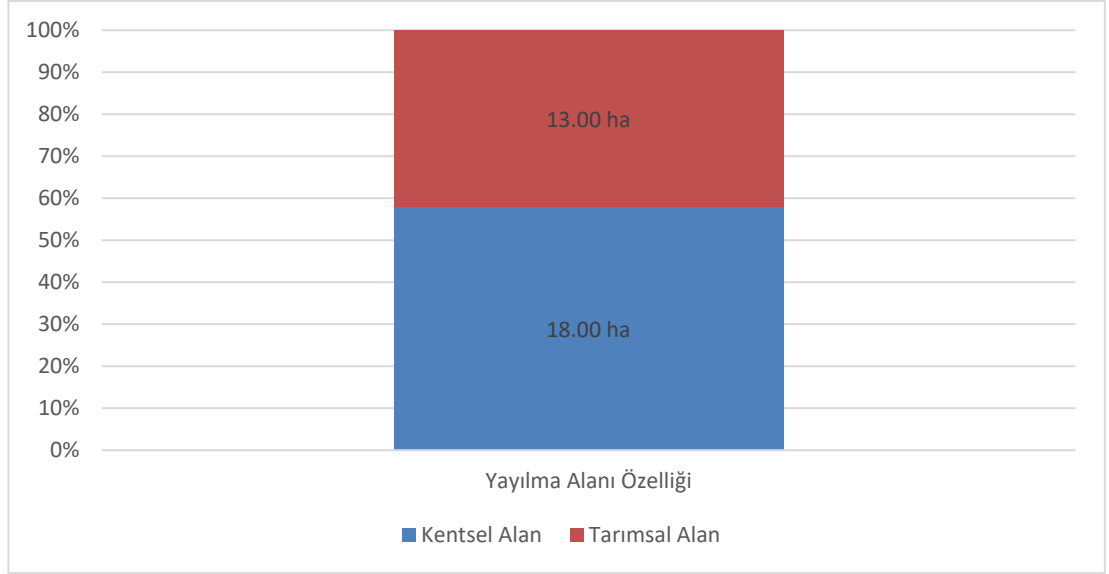


Şekil 6.27. Q₅₀₀ taşkın yayılım alanında derinliğe göre etkilenen yapı sayıları



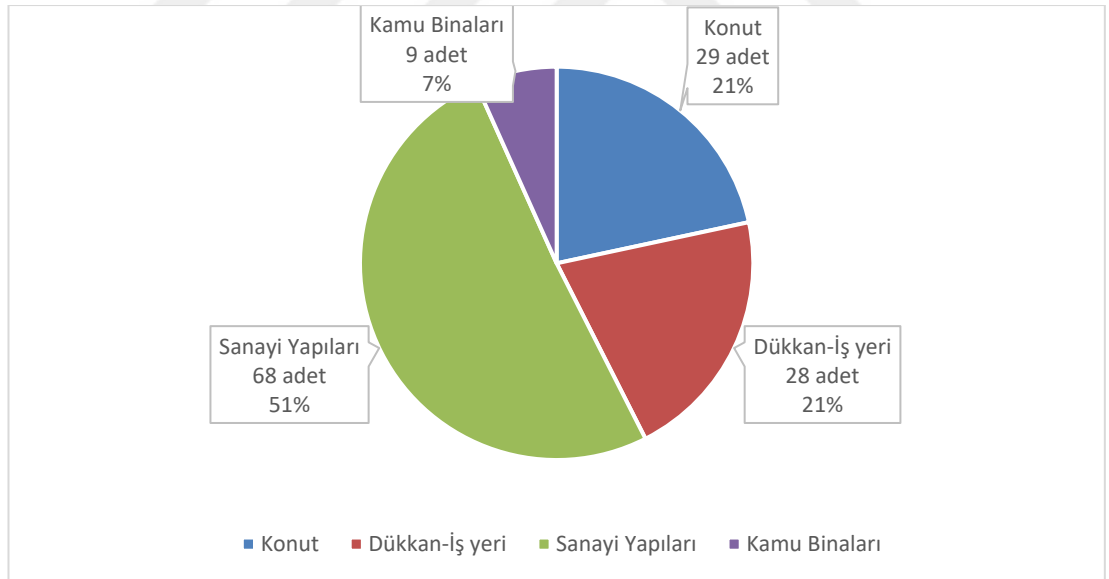
Şekil 6.28. Seyren deresi havzası için Q₁₀₀ taşkın yayılım haritası

Model Q₁₀₀ taşkın debisi olan 49,47 m³/sn ile analiz edilmiş olup 31 ha arazide yayılım göstermiştir (Şekil 6.28). Taşkın yayılımında 13 ha alan tarım arazisi 18 ha alan kentsel alan olarak belirlenmiştir (Şekil 6.29.).



Şekil 6.29. Seyren deresi havzası için Q₁₀₀ taşkınının alansal dağılımı

Şekil 6.29. incelendiğinde yayılım alanının %41,9'u tarımsal alan, %58,1'i kentsel alanda kalmaktadır.



Şekil 6.30. Seyren deresi havzası için Q₁₀₀ taşkınından etkilen yapıların kullanım amacına göre dağılımı

Model sonucunda Q₁₀₀ taşkın yayılım alanında 28 dükkan ve iş yeri; cami, okul, itfaiye, kuran kursu gibi 9 kamu binası, 29 konut, 68 küçük ve orta ölçekli sanayi yapısı olmak üzere toplam 134 yapı taşkından etkilenmektedir (Şekil 6.30.).



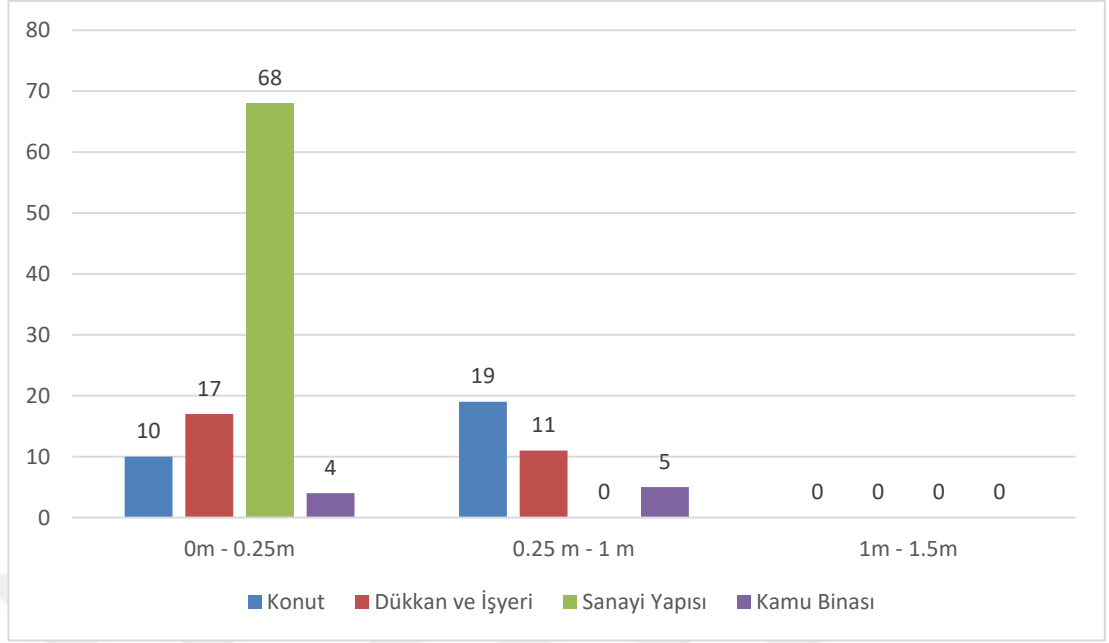
Şekil 6.31. Seyren deresi havzası için Q_{100} taşkın derinlik haritası

Taşkın derinlik haritasından görüleceği üzere 100 yıllık tekerrürlü taşkın debisine göre de Kaynarca giriş yolu olan Kandıra Caddesi, sanayi sitesi ve birçok yerleşim taşkından etkilenmektedir. Yetersiz kesitli köprü ve menfez geçişlerinin olduğu bölgelerde su derinliğinin arttığı ve memba bölgesinde yığılma olduğu görülmektedir. Kandıra Caddesinde taşkın yayılım hızı 1,5 m/sn üzerine çıkmakta ve taşkın derinliği 50 cm'ye ulaşmaktadır (Şekil 6.31. ve 6.32.). Bu nedenle oluşan afet sırasında ilçe giriş ve çıkışı kapalı durumdadır.



Şekil 6.32. Seyren deresi havzası için Q_{100} taşkın hız haritası

Şekil 6.33.'te taşkın derinliğine göre bina kullanımları görülmektedir. Buna göre; yapı stokunun %73,88'i 25 cm'ye kadar olan su derinliğinden, %26,12'si 25cm-1m aralığındaki su derinliğinden etkilenmektedir. Sanayi sitesi tamamen taşkından etkilenmekte olup 20 cm taşkın derinliği oluşmaktadır.

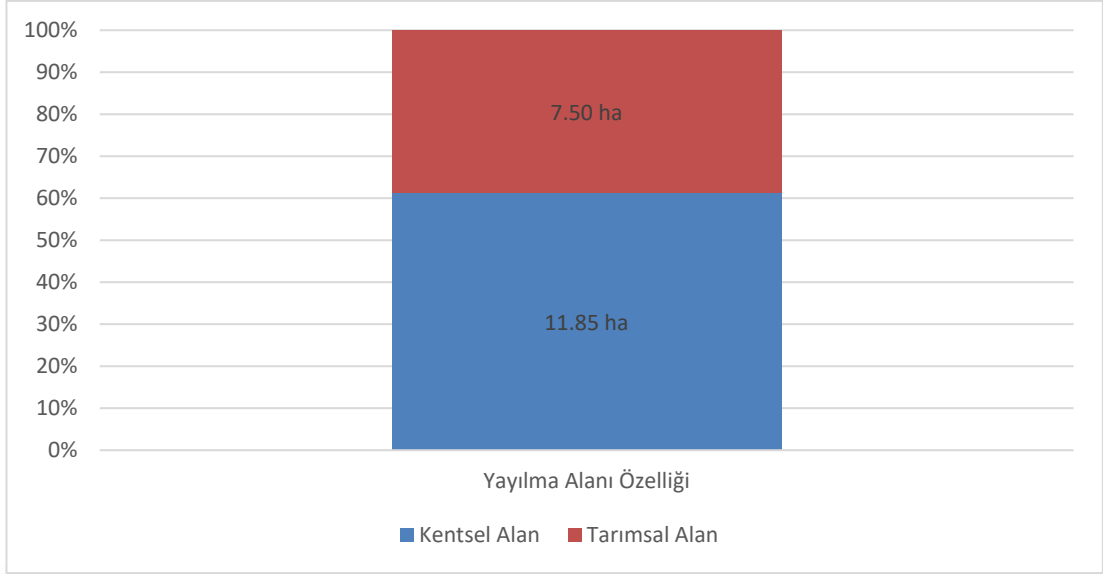


Şekil 6.33. Q₁₀₀ taşkın yayılım alanında derinliğe göre etkilenen yapı sayıları



Şekil 6.34. Seyren deresi havzası için Q₅₀ taşkın yayılım haritası

Model Q₅₀ taşkın debisi olan 39,24 m³/sn ile analiz edilmiş olup 19,35 ha arazide yayılım göstermiştir (Şekil 6.34.). Taşkın yayılımında 7,5 ha alan tarım arazisi 11,85 ha alan kentsel alan olarak belirlenmiştir (Şekil 6.35.).

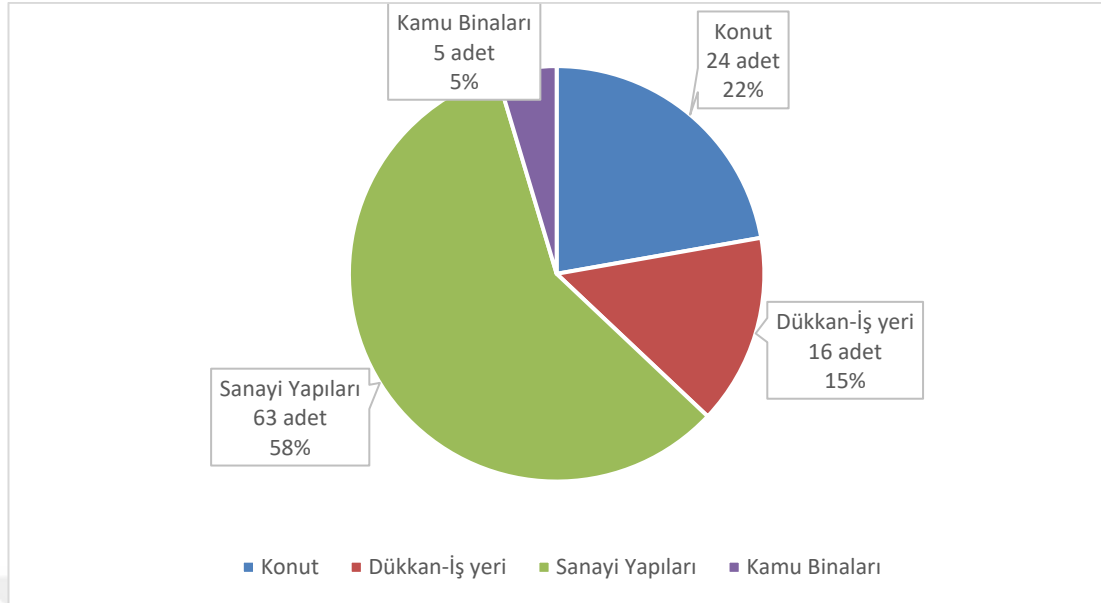


Şekil 6.35. Seyren deresi havzası için Q_{50} taşkınının alansal dağılımı

Şekil 6.35. incelendiğinde yayılım alanının %38,76'sı tarımsal alan, %61,24'ü kentsel alanda kalmaktadır.

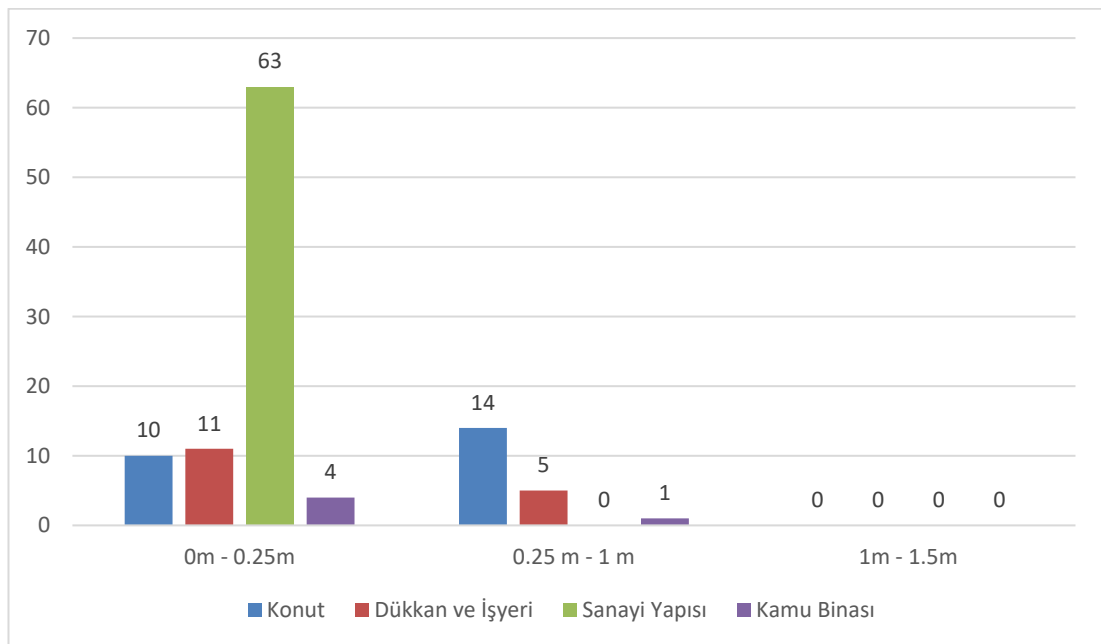


Şekil 6.36. Seyren deresi havzası için Q_{50} taşkın derinlik haritası

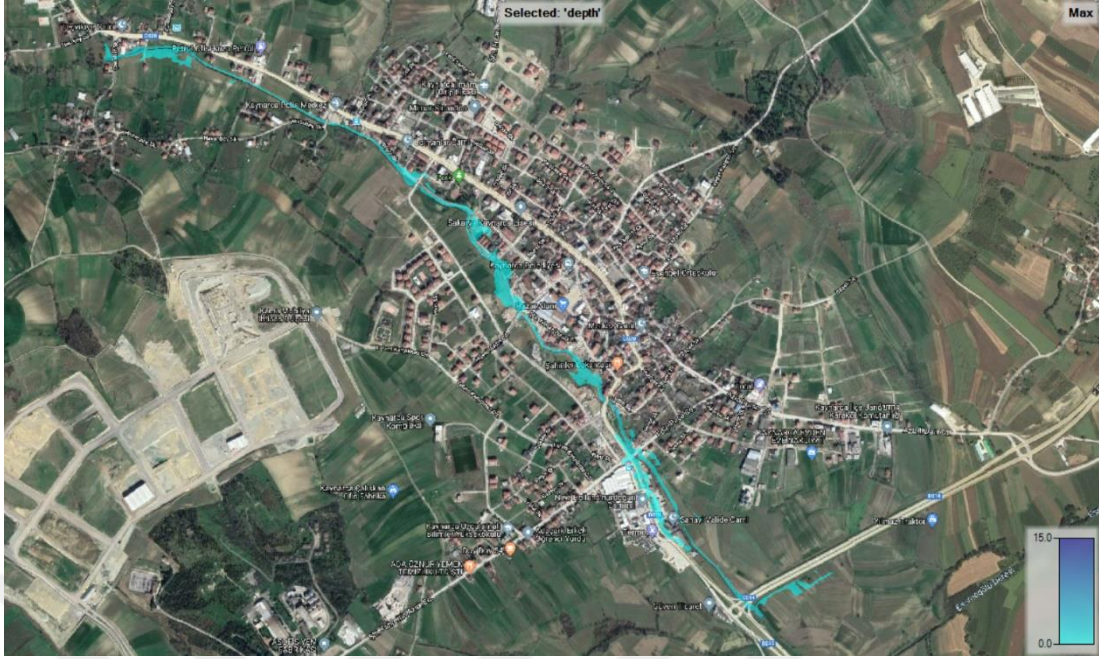


Şekil 6.38. Seyren deresi havzası için Q₅₀ taşkınyından etkilen yapıların kullanım amacına göre dağılımı

Şekil 6.39.'da taşkın derinliğine göre bina kullanımları görülmektedir. Buna göre; taşkınyından etkilenen yapı stokunun %81,48'i 25 cm'ye kadar olan su derinliğinden, %18,52'si 25cm-1m aralığındaki su derinliğinden etkilenmektedir (Şekil 6.39.). Sanayi sitesi tamamen taşkınyından etkilenmekte olup 10 cm taşkın derinliği oluşmaktadır.

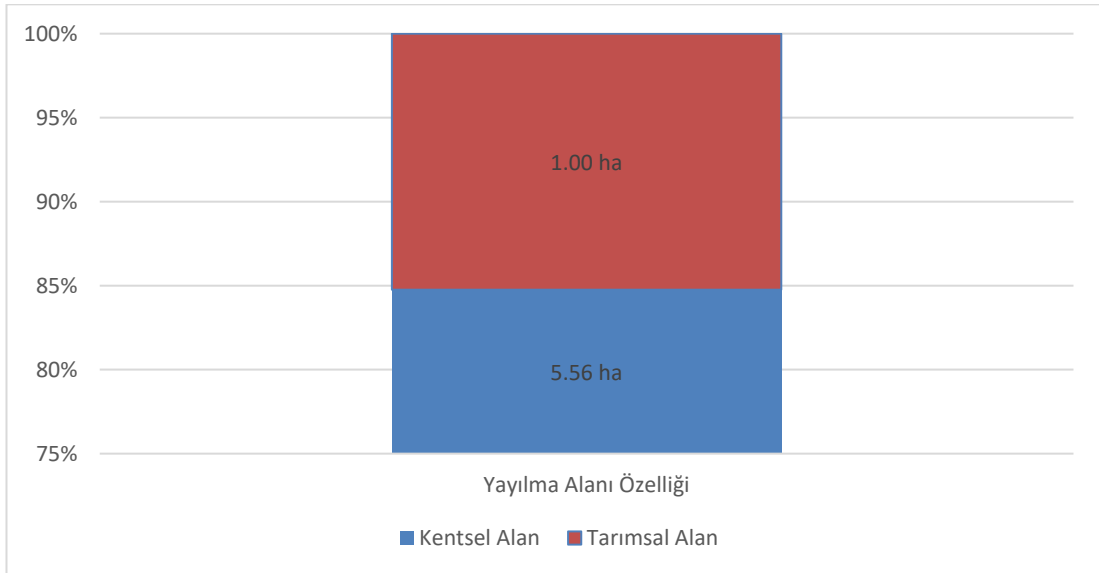


Şekil 6.39. Q₅₀ taşkın yayılım alanında derinliğe göre etkilenen yapı sayıları



Şekil 6.40. Seyren deresi havzası için Q_{25} taşkın yayılım haritası

Model Q_{25} taşkın debisi olan $29,98 \text{ m}^3/\text{sn}$ ile analiz edilmiş olup 6,56 ha arazide yayılım göstermiştir (Şekil 6.40.). Taşkın yayılımında 1 ha alan tarım arazisi 5,56 ha alan kentsel alan olarak belirlenmiştir (Şekil 6.41.).



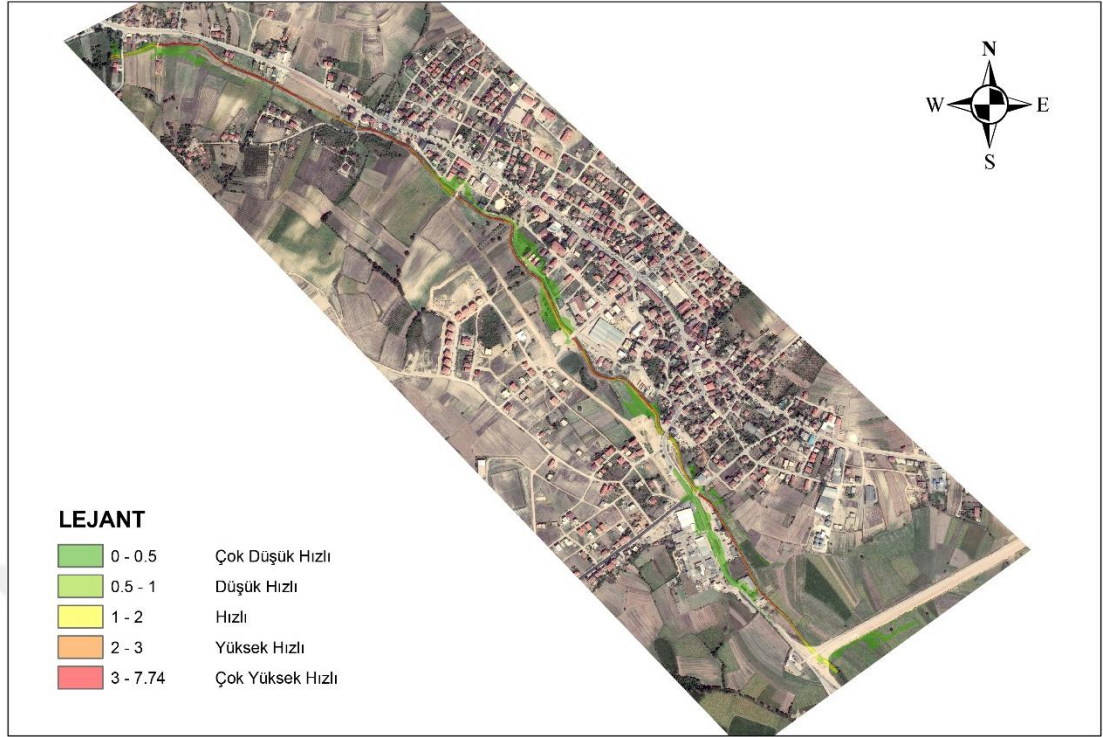
Şekil 6.41. Seyren deresi havzası için Q_{25} taşkının alansal dağılımı

Şekil 6.41. incelendiğinde yayılım alanının %15,24'ü tarımsal alan, %84,76'sı kentsel alanda kalmaktadır.

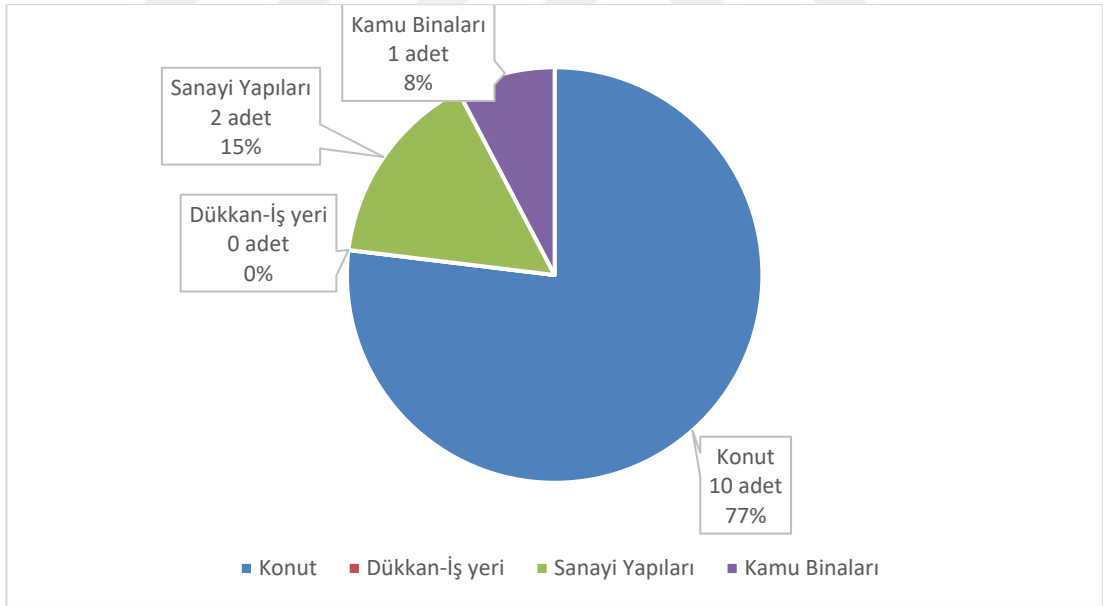


Şekil 6.42. Seyren deresi havzası için Q_{25} taşkın derinlik haritası

Taşkın yayılım haritasında köprülerin memba bölgelerinde yığılmaların meydana geldiği görülmektedir. Köprülerin yenilenerek uygun kesitli yapılması elzemdir. Bunun haricinde sürtünmenin az olduğu ana yoldan ilerleyen taşkın sanayi sitesine ulaşamamakta ve çok az alanda etki göstermektedir. Etkili olduğu alanlarda yayılım hızı ve derinliği oldukça düşüktür (Şekil 6.42. ve 6.43.).

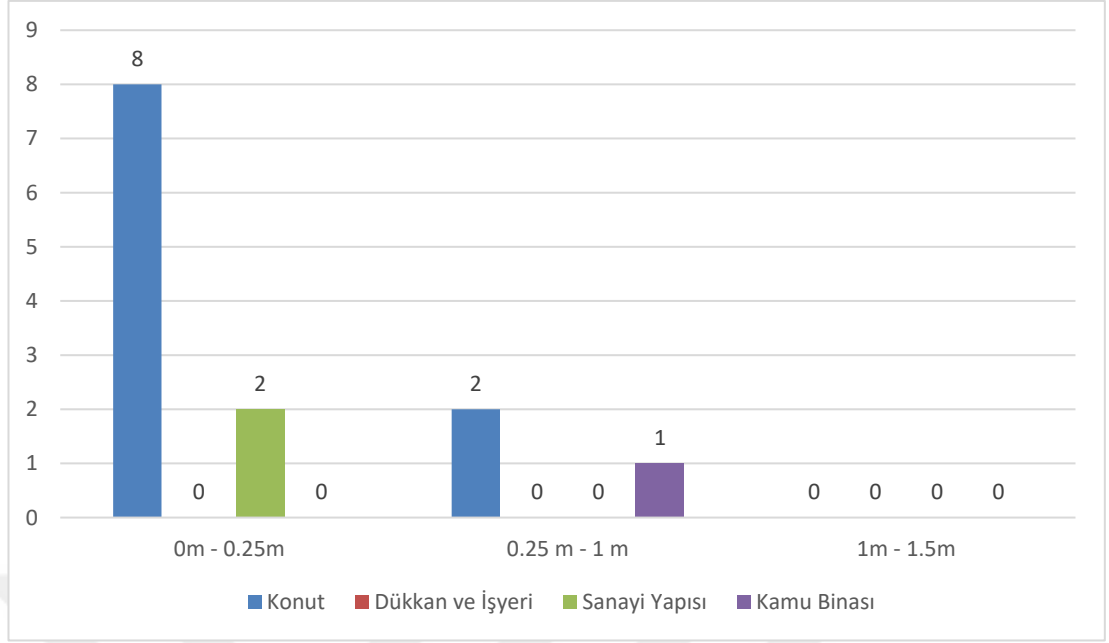


Şekil 6.43. Seyren deresi havzası için Q_{25} taşkın hız haritası



Şekil 6.44. Seyren deresi havzası için Q_{25} taşkınından etkilenen yapıların kullanım amacına göre dağılımı

Şekil 6.45.'te taşkın derinliğine göre bina kullanımları görülmektedir. Buna göre; taşkından etkilenen yapı stokunun %76,92'si 25 cm'ye kadar olan su derinliğinden, %23,08'i 25cm-1m aralığındaki su derinliğinden etkilenmektedir.



Şekil 6.45. Q₂₅ taşkın yayılım alanında derinliğe göre etkilenen yapı sayıları

6.8. Kalibre Edilen Model Kullanılarak Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması

Sakarya ili Kaynarca ilçesinin ekonomik ve sosyal olarak kalkınabilmesi için meydana gelebilecek taşkın tehlikesinin ve risklerinin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Taşkınlar gerekli tedbirlerin alınmaması durumunda can kaybı, ekonomik kayıp ve çevresel zararlar gibi olumsuz etkilerin meydana gelmesi kaçınılmazdır. Kaynarca ilçesi için taşkın tehlike ve risk haritaları yayılım gösteren 500, 100, 50, 25 yıllık tekerrürlü taşkın debilerine göre 4 farklı dönüş aralığı için hazırlanmıştır. Taşkın tehlike ve risk haritaları ile çalışma sahasına ait tehlike ve risk düzeyleri tespit edilmiştir.

Taşkın tehlike ve risk haritalarının hazırlanması çalışmalarında ilçedeki yapı stoku, bina kullanım amaçları, yapı kat sayıları ve yapı bölüm sayıları tespit edilmiş olup elde edilen veriler ile binaları kullanan ve ikamet eden nüfus belirlenmiştir. Belirlenen nüfus CBS ara yüzünde yapı stoku ile işlenerek analizler için altlık veri oluşturulmuştur.

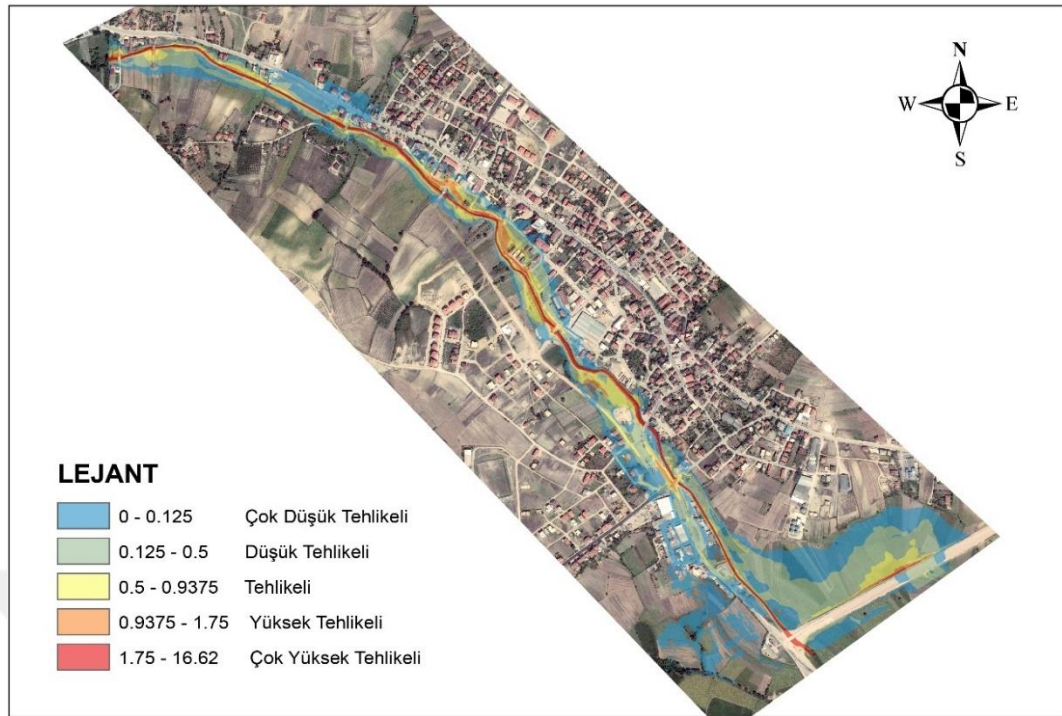
6.8.1. Taşkın tehlike haritalarının hazırlanması ve taşkın tehlike alanlarının yorumlanması

Taşkında tehlike; meydana gelen taşkın derinliği ve su hızı ile doğru orantılıdır. Tehlike derecelendirmesi bu iki faktöre göre değerlendirilmiştir. Tehlike derecelendirme parametreleri sınır aralıkları Tablo 6.9.'da belirtilmiştir. Sınır aralıkları derinlik ve hız çarpanlarının minimum ve maksimum değerleri üzerinden hesap edilmiştir. Taşkın alanının ilçe merkezi ile sınırlı olması ve yayılımın dar alanda gerçekleşmesi sebebiyle yığıntı sürüklenme etkisinin her bölgede dengeli olacağı öngörülmüş olup tehlike derecelendirmesinde ayrı bir faktör olarak dikkate alınmamıştır.

Tablo 6.9. Taşkın Tehlike Derecelendirme Parametreleri

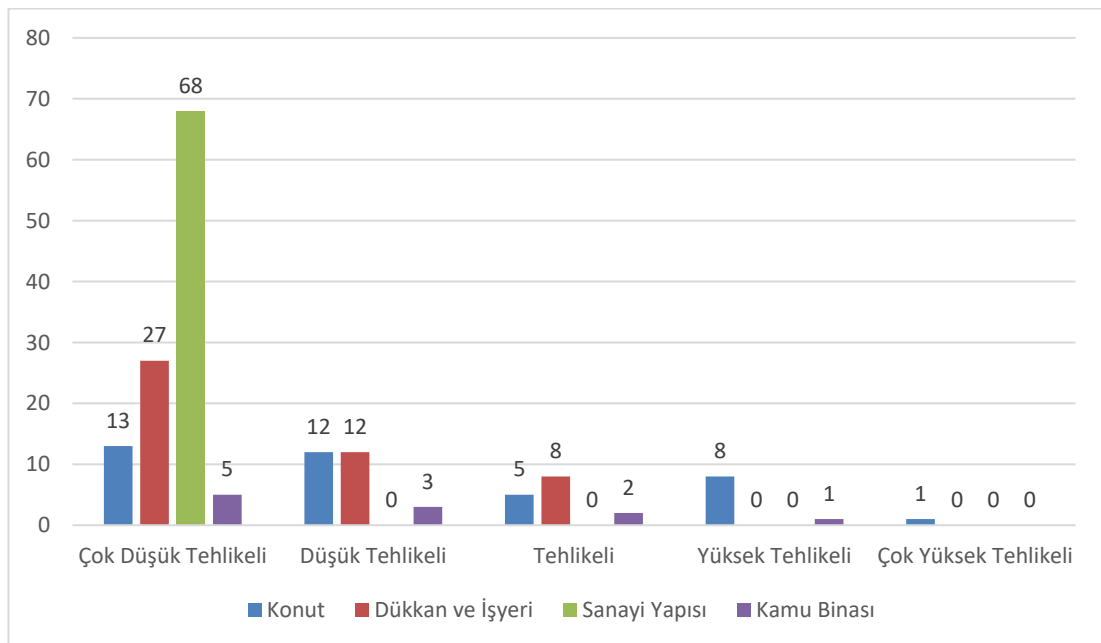
TEHLİKE DERECESİ	a : deinlik (m)		b : hız (m/sn)		TEHLİKE=a*b	
	min	max	min	max	min	max
Çok Düşük Tehlikeli	0	0.25	0	0.5	0	0.125
Düşük Tehlikeli	0.25	0.5	0.5	1	0.125	0.5
Tehlikeli	0.5	0.75	1	1.25	0.5	0.9375
Yüksek Tehlikeli	0.75	1	1.25	1.75	0.9375	1.75
Çok Yüksek Tehlikeli	1	4.55	1.75	5	1.75	22.75

Tehlike derecelendirmesi çok düşük tehlikeliden çok yüksek tehlikeliye beş kademe olarak ön görülmüştür. Hazırlanmış olan derinlik ve hız haritaları kullanılarak ArcGIS programının raster calculator modülü ile raster süperpoze işlemleri yapılmıştır.



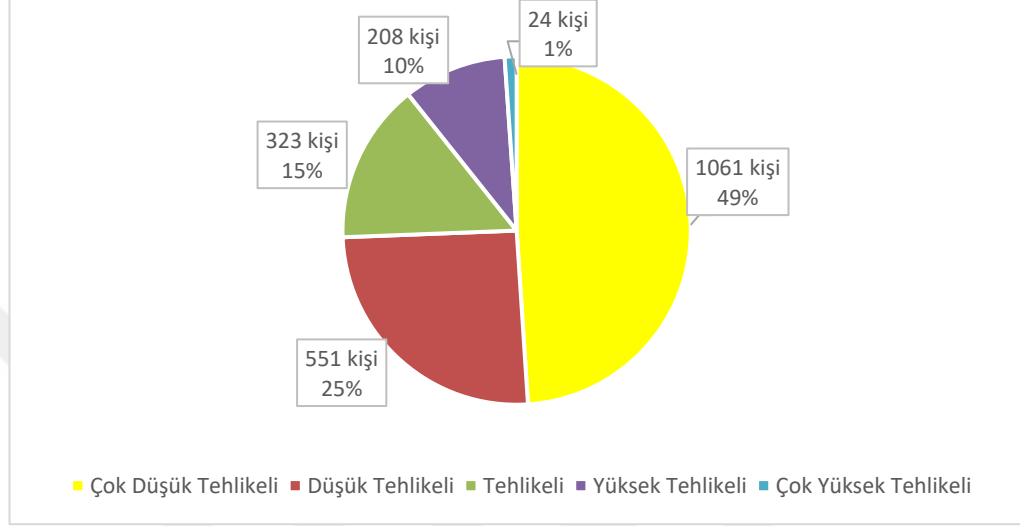
Şekil 6.46. Q₅₀₀ Taşkın Tehlike Haritası

500 yıllık tekerrürlü taşkın debisinin gelmesi durumunda 113 yapı çok düşük tehlikeli alanda, 27 yapı düşük tehlikeli alanda, 15 yapı tehlikeli alanda, 9 yapı yüksek tehlikeli alanda ve 1 yapı çok yüksek tehlikeli alanda kalmaktadır (Şekil 6.46. ve 6.47.).

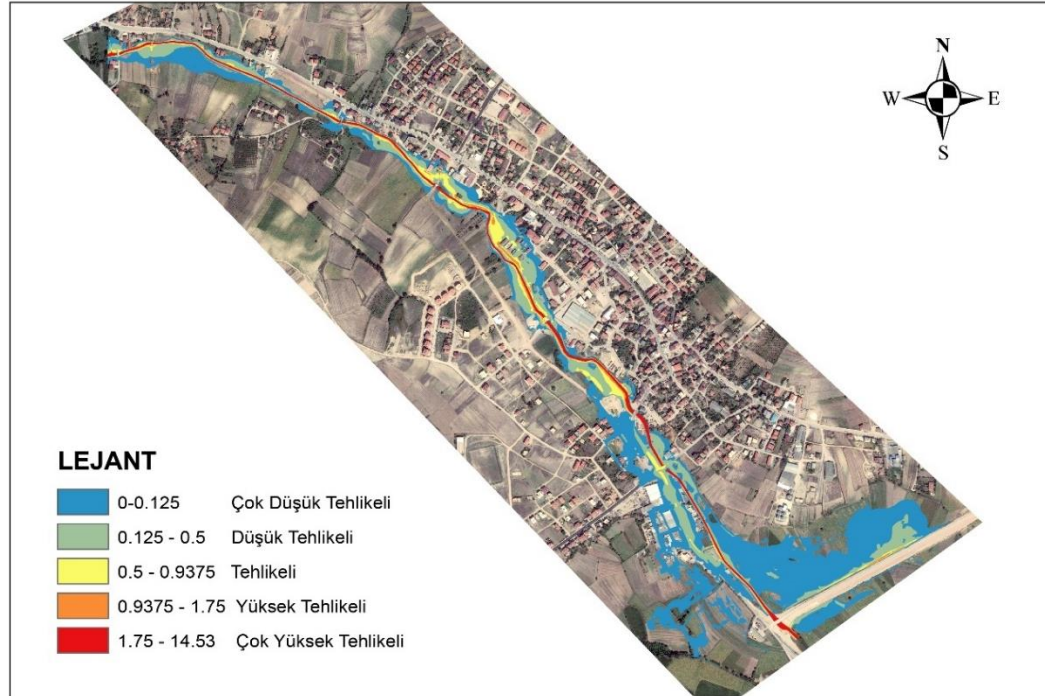


Şekil 6.47. Q₅₀₀ taşkın tehlike haritasında tehlikeye göre etkilenen yapı sayıları

500 yıllık tekerrürlü taşkın debisinden 1167 kişinin etkileneceği öngörülmektedir. Taşkından etkilenen nüfusun %49'u çok düşük tehlikeli alanda, %25'i düşük tehlikeli alanda, %15'i tehlikeli alanda, %10'u yüksek tehlikeli alanda ve %1'i çok yüksek tehlikeli alanda kalmaktadır (Şekil 6.48.).

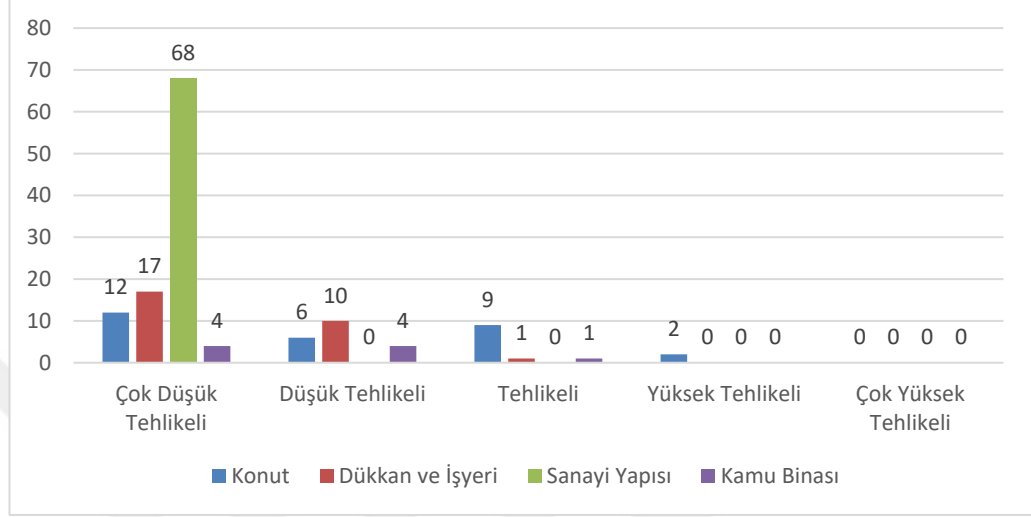


Şekil 6.48. Seyren deresi havzası için Q_{500} taşkın tehlikesine maruz kalan nüfus



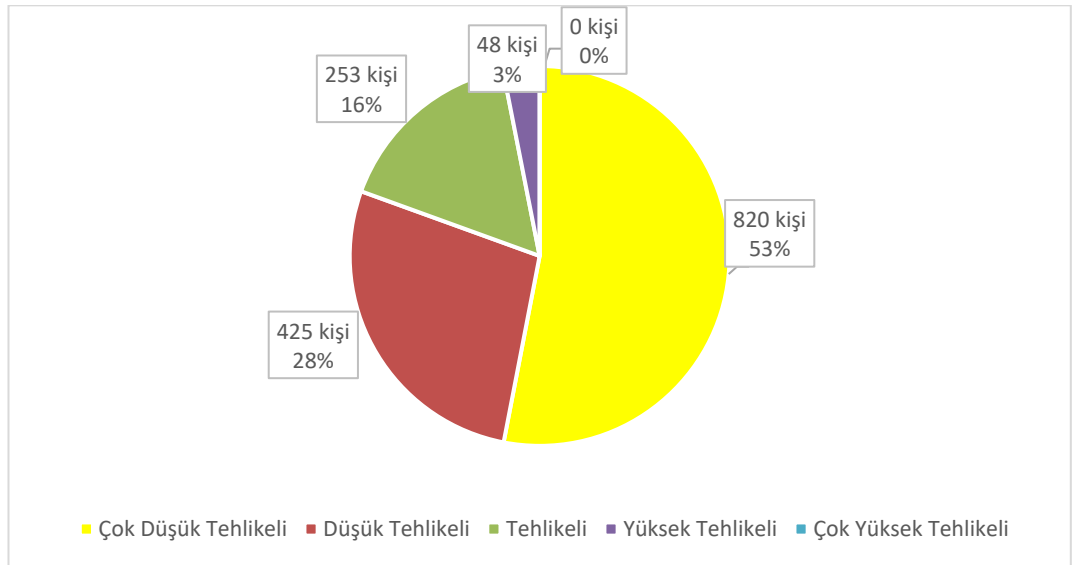
Şekil 6.49. Q_{100} Taşkın Tehlike Haritası

100 yıllık tekerrürlü taşkın debisinin gelmesi durumunda 101 yapı çok düşük tehlikeli alanda, 20 yapı düşük tehlikeli alanda, 11 yapı tehlikeli alanda, 2 yapı yüksek tehlikeli alanda ve 2 yapı çok yüksek tehlikeli alanda kalmaktadır (Şekil 6.49. ve 6.50.).

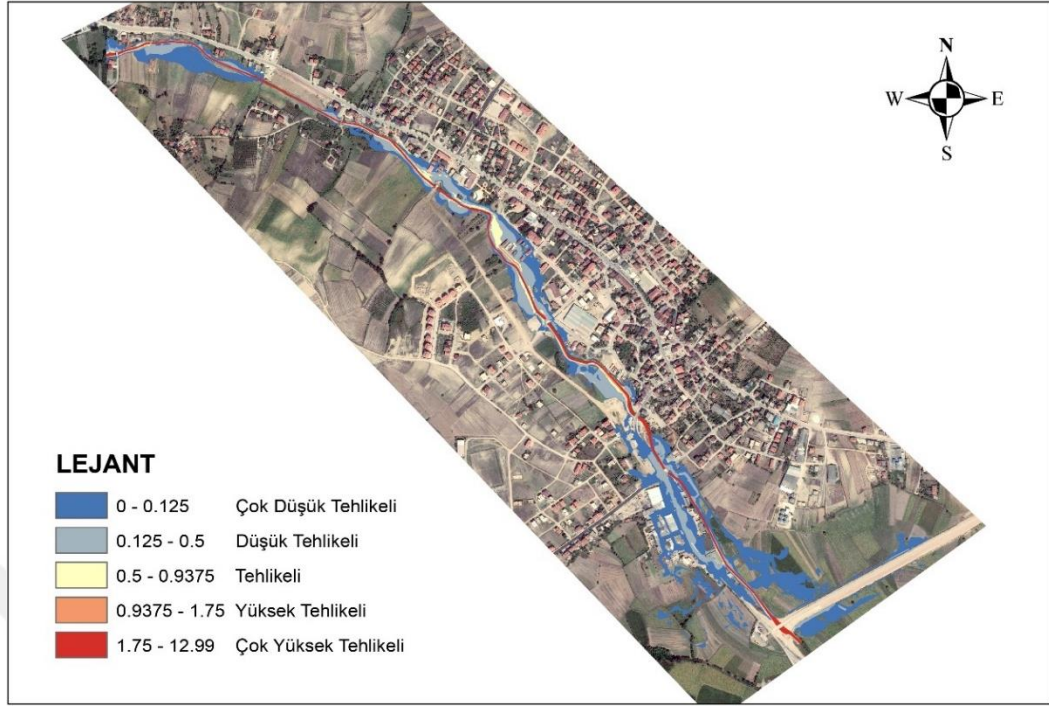


Şekil 6.50. Q₁₀₀ taşkın tehlike haritasında tehlikeye göre etkilenen yapı sayıları

100 yıllık tekerrürlü taşkın debisinden 1594 kişinin etkileneceği öngörülmektedir. Taşkından etkilenen nüfusun %53'ü çok düşük tehlikeli alanda, %28'i düşük tehlikeli alanda, %16'sı tehlikeli alanda, %3'ü yüksek tehlikeli alanda kalmaktadır (Şekil 6.51.).

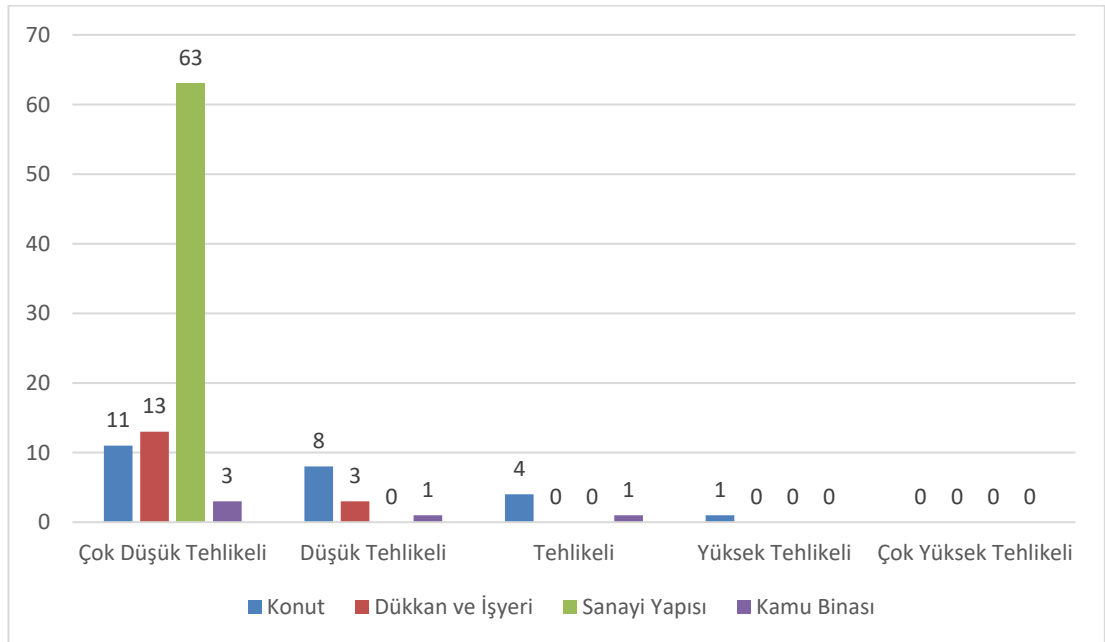


Şekil 6.51. Seyren deresi havzası için Q₁₀₀ taşkın tehlikesine maruz kalan nüfus



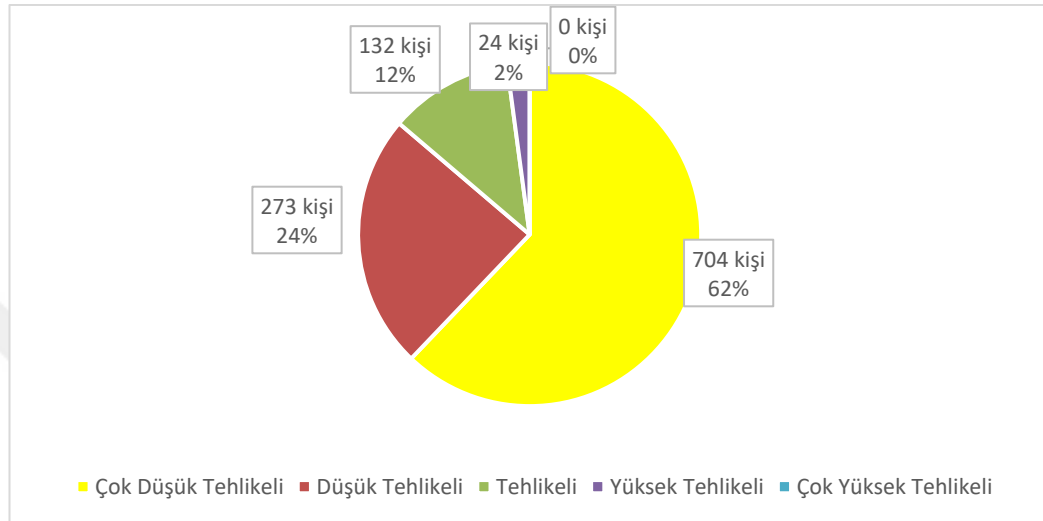
Şekil 6.52. Q₅₀ Taşkın Tehlike Haritası

50 yıllık tekerrürlü taşkın debisinin gelmesi durumunda 91 yapı çok düşük tehlikeli alanda, 12 yapı düşük tehlikeli alanda, 5 yapı tehlikeli alanda, 1 yapı yüksek tehlikeli alanda ve 1 yapı çok yüksek tehlikeli alanda kalmaktadır (Şekil 6.52. ve 6.53.).

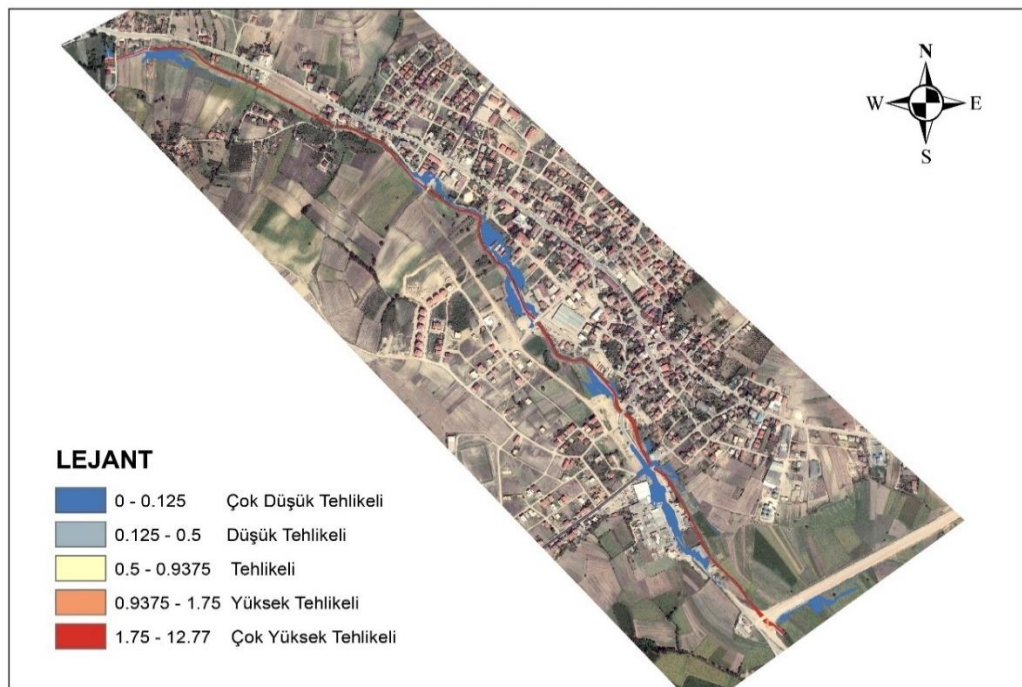


Şekil 6.53. Q₅₀ taşkın tehlike haritasında tehlikeye göre etkilenen yapı sayıları

50 yıllık tekerrürlü taşkın debisinden 1157 kişinin etkileneceği öngörülmektedir. Taşkından etkilenen nüfusun %61'i çok düşük tehlikeli alanda, %24'ü düşük tehlikeli alanda, %11'i tehlikeli alanda, %2'si yüksek tehlikeli alanda ve %2'si çok yüksek tehlikeli alanda kalmaktadır (Şekil 6.54.).

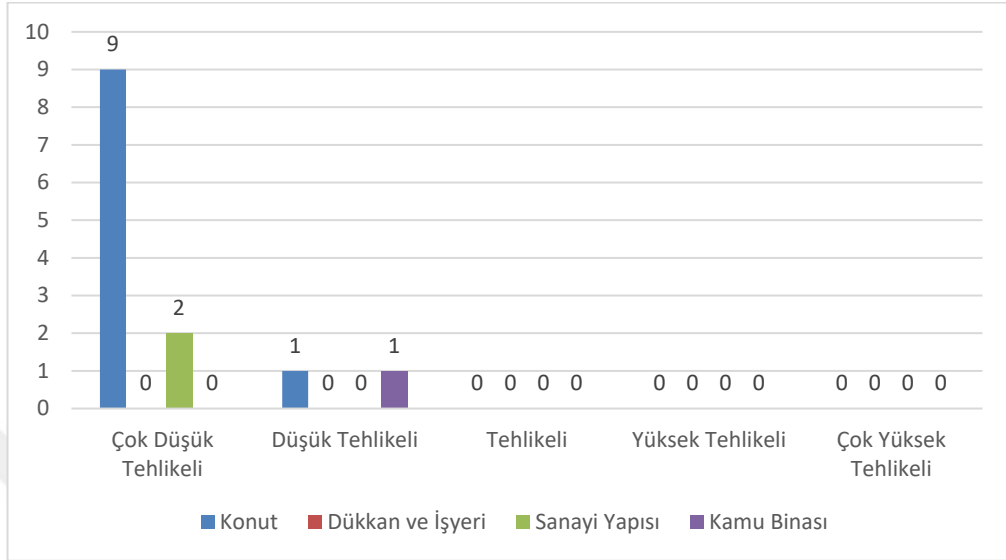


Şekil 6.54. Seyren deresi havzası için Q_{50} taşkın tehlikesine maruz kalan nüfus



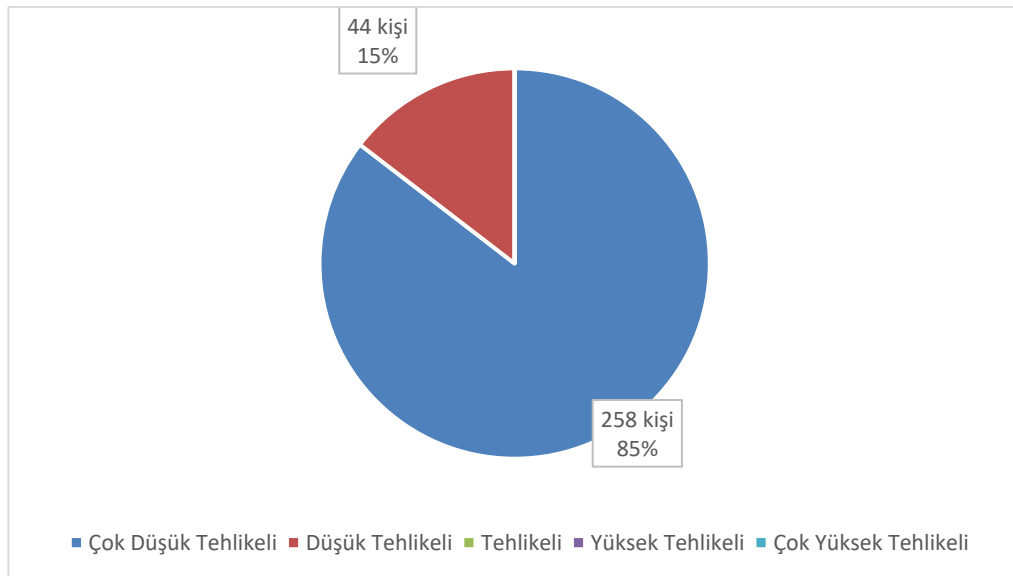
Şekil 6.55. Q_{25} Taşkın Tehlike Haritası

25 yıllık tekerrürlü taşkın debisinin gelmesi durumunda 11 yapı çok düşük tehlikeli alanda, 2 yapı düşük tehlikeli alanda kalmaktadır (Şekil 6.55. ve 6.56.).



Şekil 6.56. Q₂₅ taşkın tehlike haritasında tehlikeye göre etkilenen yapı sayıları

25 yıllık tekerrürlü taşkın debisinden 271 kişinin etkileneceği öngörülmektedir. Taşkından etkilenen nüfusun %88'i çok düşük tehlikeli alanda, %12'si düşük tehlikeli alanda kalmaktadır (Şekil 6.57.).



Şekil 6.57. Seyren deresi havzası için Q₂₅ taşkın tehlikesine maruz kalan nüfus

6.8.2. Taşkın risk haritalarının hazırlanması ve taşkın risk alanlarının yorumlanması

Taşkın risk haritaları; taşkın ve taşkının meydana getirmiş olduğu riskli alanlar hakkında bilgi sahibi olmak için oluşturulmaktadır. Risk haritaları kullanılarak taşkın yönetim planları hazırlanmakta, kamu kurum ve kuruluşları ileri projeksiyonlu tedbirleri alabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında 4 farklı tekerrürde taşkın hidrografi kullanılarak tespit edilen taşkın tehlike haritaları ile nüfus yoğunluğu, yapı kullanım amaçları ve olası zararların boyutlarının dahil edildiği taşkın risk haritaları oluşturulmuştur.

$\text{Risk} = \text{Tehlike} \times \text{Zarar Görebilirlik}$

Risk; taşkın tehlikesinin zarar görebilirlik üzerinden analizidir. Risk tehlike ve zarar görebilirlik ile doğru orantılıdır. Bu çalışmada zarar görebilirlik; nüfus yoğunluğu, yapı kullanım amacı, ve olası maddi zarar verileri ile risk faktörü olarak kullanılmıştır. Nüfus bilgilerinin yaklaşık olarak tespiti için Kaynarca yerel yönetiminden uygulama imar planı temin edilmiştir. 30.09.2018 tarihinde gerçekleşen ve Kaynarca İlçe merkezinde şimdiye kadar görülen en büyük taşkın sınırları dahilindeki tüm yapılar tek tek gezilerek yapı kullanım amaçları, kat sayıları, kat bölüm sayıları tespit edilerek her birimdeki yaklaşık nüfus hesap edilmiştir.

FID	Shape *	Id	vericins	nufus	BİNA_CİN	kat_sayı	kat_alan	kullan_kat	in_nufus	nufus_kat
0	Point	0	BİNA	32	konut	4	300	0.75	24	0.63
1	Point	0	BİNA	32	konut	4	227	0.75	24	0.6
2	Point	0	BİNA	40	konut	5	250	0.75	30	0.75
3	Point	0	BİNA	12	konut	3	165	0.75	9	0.23
4	Point	0	BİNA	12	konut	3	130	0.75	9	0.23
5	Point	0	BİNA	12	konut	3	150	0.75	9	0.23
6	Point	0	BİNA	14	alt dükân üst konut	4	125	0.75	11	0.28
7	Point	0	BİNA	10	alt dükân üst konut	3	100	0.75	8	0.2
8	Point	0	BİNA	24	konut	3	200	0.75	18	0.45
9	Point	0	BİNA	12	konut	3	132	0.75	9	0.23
10	Point	0	BİNA	1	dükkan	1	20	0.75	1	0.03
11	Point	0	BİNA	40	alt dükân üst konut	3	425	0.75	30	0.75
12	Point	0	BİNA	25	müftülük	3	270	0.75	19	0.48
13	Point	0	BİNA	30	belediye makina ikmal	2	270	0.75	23	0.58
14	Point	0	BİNA	30	alt dükân üst konut	2	300	0.75	23	0.58
15	Point	0	BİNA	30	pazar yeri	1	5200	0.75	30	0.75
16	Point	0	BİNA	1	dükkan	1	25	0.75	1	0.03
17	Point	0	BİNA	13	Gübre satış ofisi	2	220	0.75	10	0.25
18	Point	0	BİNA	4	gübre deposu	1	200	0.25	4	0.1
19	Point	0	BİNA	6	gübre deposu	1	400	0.25	6	0.15
20	Point	0	BİNA	8	gübre deposu	1	765	0.25	8	0.2
21	Point	0	BİNA	24	konut	3	210	0.75	18	0.45
22	Point	0	BİNA	25	kavayara SSK müdürlüğü	2	235	0.75	19	0.48

Şekil 6.58. Seyren deresi maksimum taşkın sınırlarındaki yapıların tespiti ve nüfus hesabı

Yapı kullanım katsayısının; tespit edilen yapı kullanımlarına göre işlenerek haritası oluşturulmuştur. Yapı kullanım katsayısını gösterir harita Şekil 6.43.'te gösterilmiştir. Yapı kullanımları tarım ve hayvancılık yapıları, endüstri tesisleri, konut ve ticari yapılar ve kamu binaları olarak dört kademedede sınıflandırılmıştır. Kamu binaları her türlü afet durumunda işleyişlerini sürdürmek zorunda olduğundan yapı kullanım katsayısı %100 arttırıcı faktör olarak belirlenmiştir. Katsayı önem derecelerine göre belirlenerek konut ve ticari yapılarda 0,75, endüstri tesislerinde 0,5, tarım ve hayvancılık yapılarında 0,25 olarak belirlenmiştir (Şekil 6.59.).



Şekil 6.59. Seyren deresi maksimum taşkın sınırlarındaki yapı kullanım katsayısı

Nüfus ve yerleşim bilgilerinin tespitiyle nüfus yoğunluğunun hesabı aşağıda belirtildiği şekliyle yapılmıştır. Nüfus yoğunluğu düşük yoğunluklu nüfus, orta yoğunluklu nüfus, yoğunluklu nüfus, yüksek yoğunluklu nüfus olarak dört kademedede sınıflandırılmıştır. Nüfus yoğunluk haritası Şekil 6.60.'da gösterilmektedir.

$$\text{Nüfus Yoğunluğu Katsayısı} = \frac{\text{Birim Yerleşim Alanındaki Nüfus}}{\text{Birim Yerleşim Alanlarında bulunan Maksimum Nüfus}}$$



Şekil 6.61. Seyren deresi maksimum taşkın sınırında maddi zarar katsayısı haritası

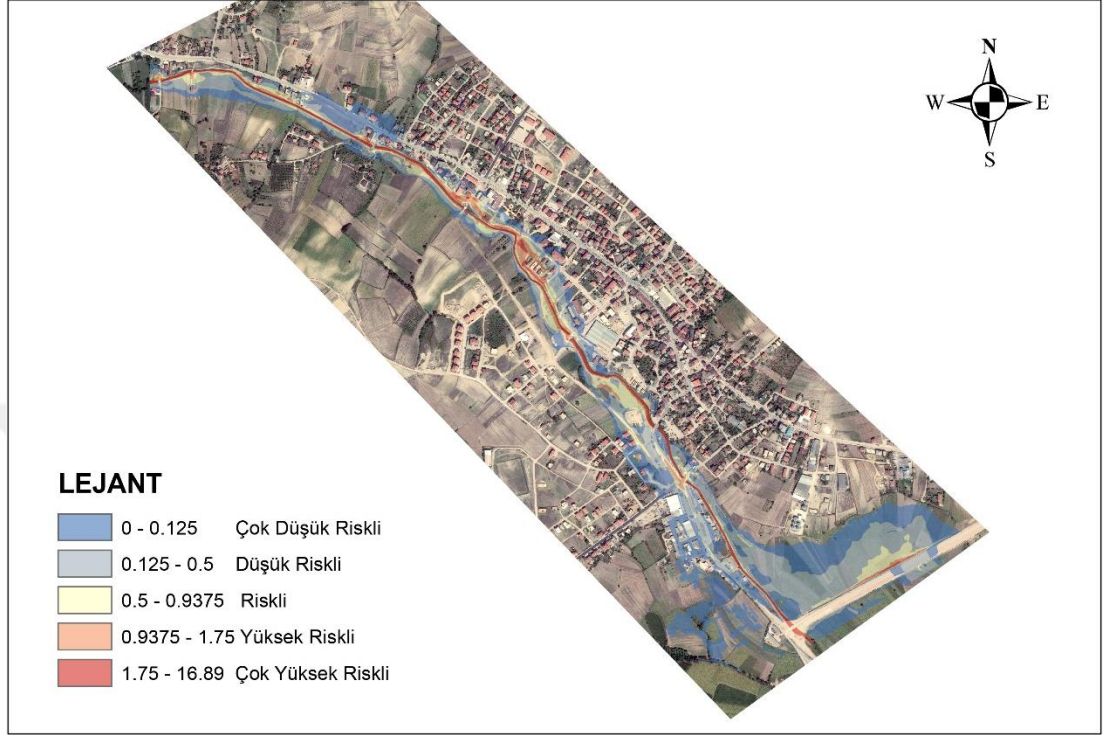
Risk derecelendirmesinde tehlike derecelendirme sınır aralıkları kullanılmıştır. Bunun nedeni; boyutsuz zarar görebilirlik katsayısının tehlikeyi bulunduğu derecelendirme aralığından bir üst aralığa taşıyacak olmasıdır (Tablo 6.10.).

Tablo 6.10. Taşkın Risk Derecelendirme Parametreleri

RİSK DERECESİ	a : deinlik (m)		b : hız (m/sn)		c: Zarar Görebilirlik Faktörü c:(1+0.35*YKK +0.35MZK+0.3*NYK)	RİSK=a*b*c	
	min	max	min	max		min	max
Çok düşük riskli	0	0.25	0	0.5	1 (minimum)	0	0.125
Düşük riskli	0.25	0.5	0.5	1	1 (minimum)	0.125	0.5
Riskli	0.5	0.75	1	1.25	1 (minimum)	0.5	0.9375
Yüksek riskli	0.75	1	1.25	1.75	1 (minimum)	0.9375	1.75
Çok yüksek riskli	1	4.55	1.75	5	1 (minimum)	1.75	22.75

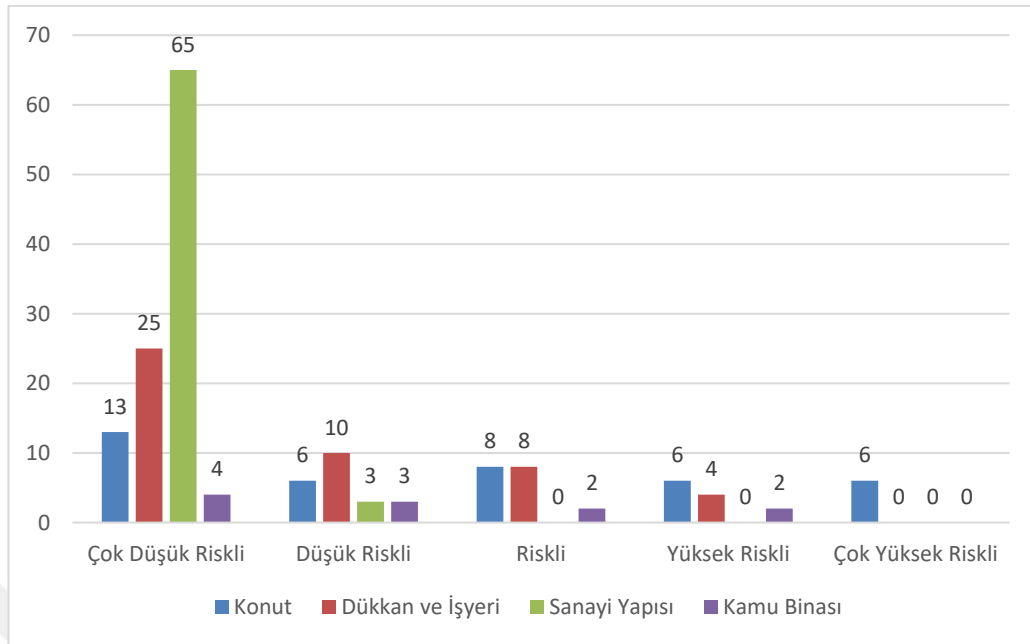
Tablo 6.10.'da risk derecelendirme aralıkları ve hesap yöntemi gösterilmektedir. Burada YKK; yapı kullanım katsayısı, MZK; maddi zarar katsayısı, NYK; nüfus yoğunluk katsayısı olarak kullanılmıştır. Toplam %100 olmak üzere yapı kullanım katsayısının etki oranı %35, maddi zarar katsayısının etki oranı %35, nüfus yoğunluk katsayısının etki oranı %30 olarak dağıtılmıştır. Katsayıların tamamının sıfır olması

durumunda zarar görebilirlik faktörü etkisiz olacaktır. Katsayıların büyüklüğü oranında risk aralığı değişecektir.



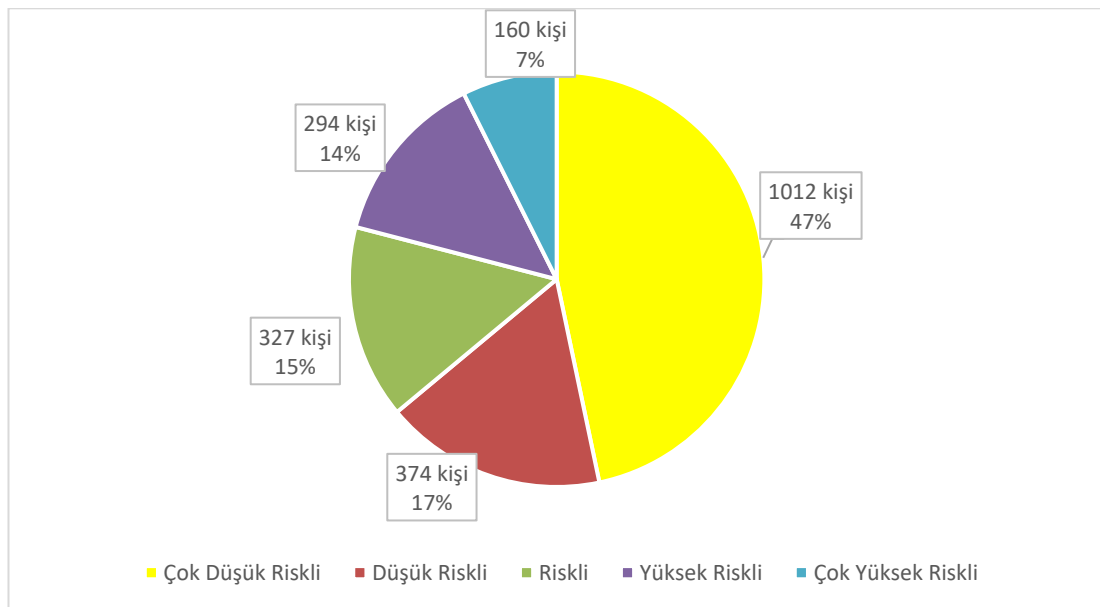
Şekil 6.62. Q₅₀₀ Taşkın Risk Haritası

Q₅₀₀ taşkın risk haritasına göre taşkından etkilenen toplam yapı sayısı 165'tir. Yapı stokunun %64,84'ü (107 yapı) çok düşük riskli alanda, %13,33'ü (22 yapı) düşük riskli alanda, %10,91'i (18 yapı) riskli alanda, %7,27'si (12 yapı) yüksek riskli alanda, %3,65'i (6 yapı) çok yüksek riskli alanda yer almaktadır (Şekil 6.62. ve 6.63.).

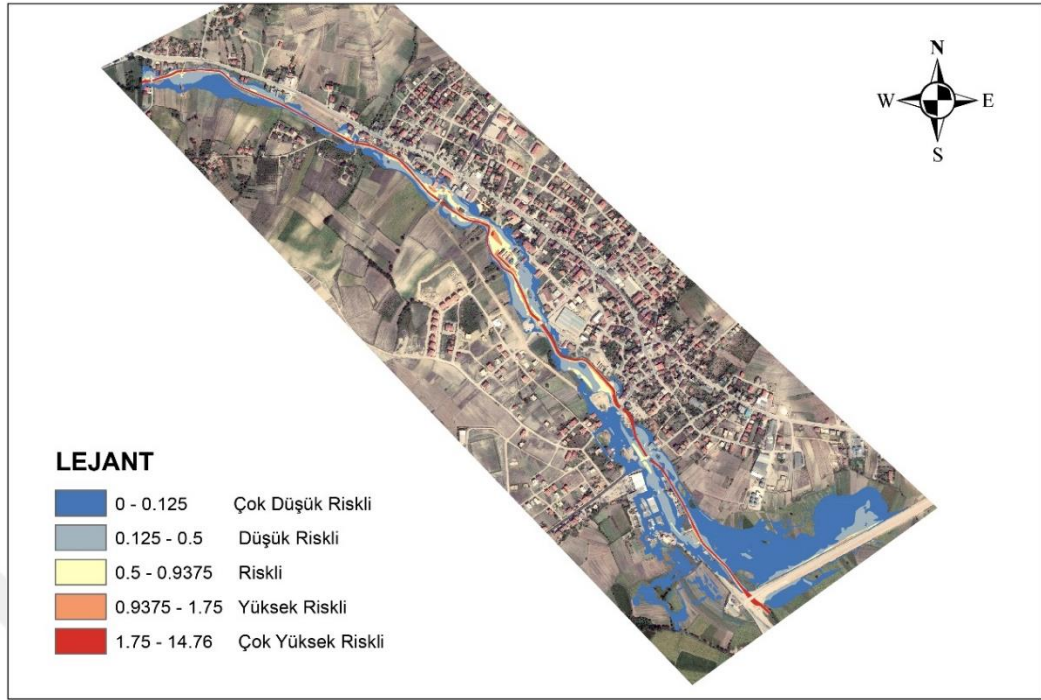


Şekil 6.63. Q₅₀₀ taşkın risk haritasında riske göre etkilenen yapı sayıları

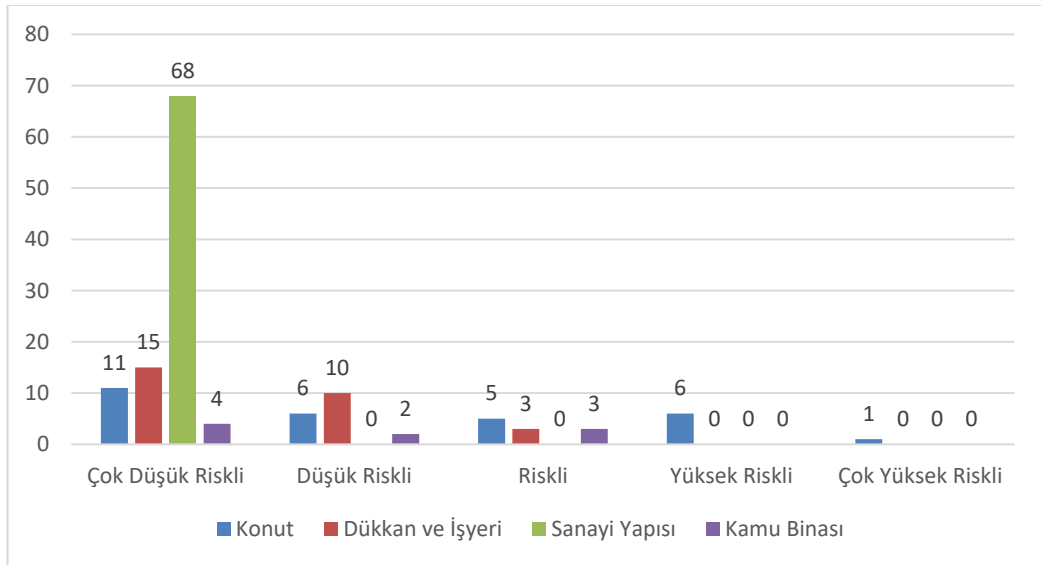
Q₅₀₀ taşkınından etkilenen nüfus 2167 kişi olarak tespit edilmiştir. Bu nüfusun %47'si çok düşük riskli alanda, %17'si düşük riskli alanda, %15'i riskli alanda, %14'ü yüksek riskli alanda, %7'si çok yüksek riskli alanda kalmaktadır (Şekil 6.64.).



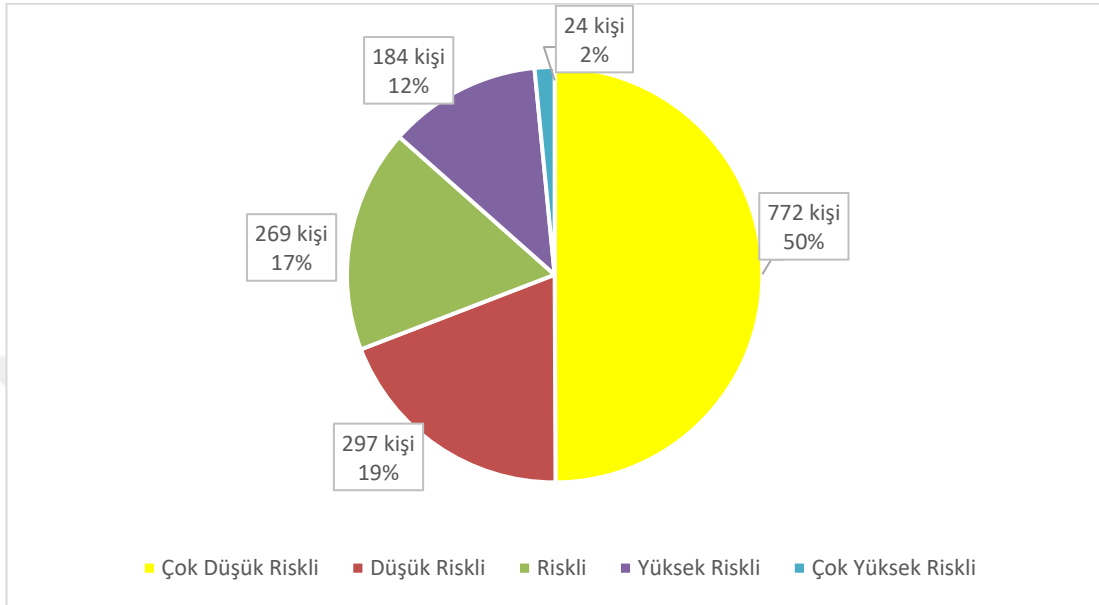
Şekil 6.64. Seyren deresi havzası için Q500 taşkın riskine maruz kalan nüfus

Şekil 6.65. Q₁₀₀ Taşkın Risk Haritası

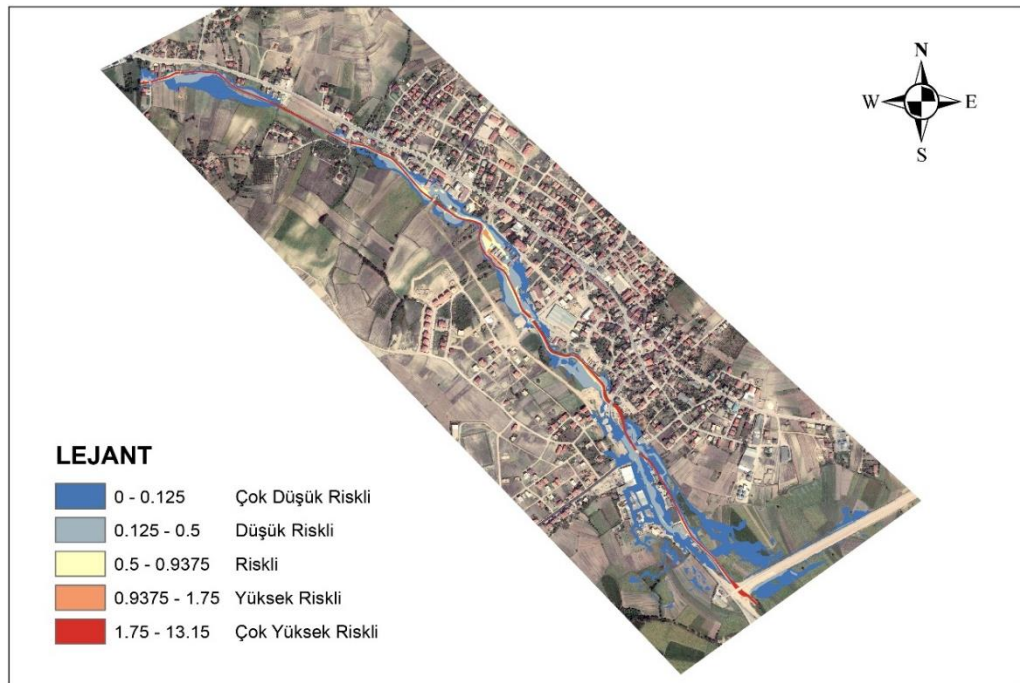
Q₁₀₀ taşkın risk haritasına göre taşkından 134 yapı etkilenmektedir. Etkilenen yapı stokunun %73,13'ü (98 yapı) çok düşük riskli alanda, %13,43'ü (18 yapı) düşük riskli alanda, %8,21'i (11 yapı) riskli alanda, %4,48'i (6 yapı) yüksek riskli alanda, %0,75'i (1 yapı) çok yüksek riskli alanda yer almaktadır (Şekil 6.65. ve 6.66.).

Şekil 6.66. Q₁₀₀ taşkın risk haritasında riske göre etkilenen yapı sayıları

Q₁₀₀ taşkınından etkilenen nüfus 1546 kişi olarak tespit edilmiştir. Bu nüfusun %50'si çok düşük riskli alanda, %19'u düşük riskli alanda, %17'si riskli alanda, %12'si yüksek riskli alanda, %2'si çok yüksek riskli alanda kalmaktadır (Şekil 6.67.).

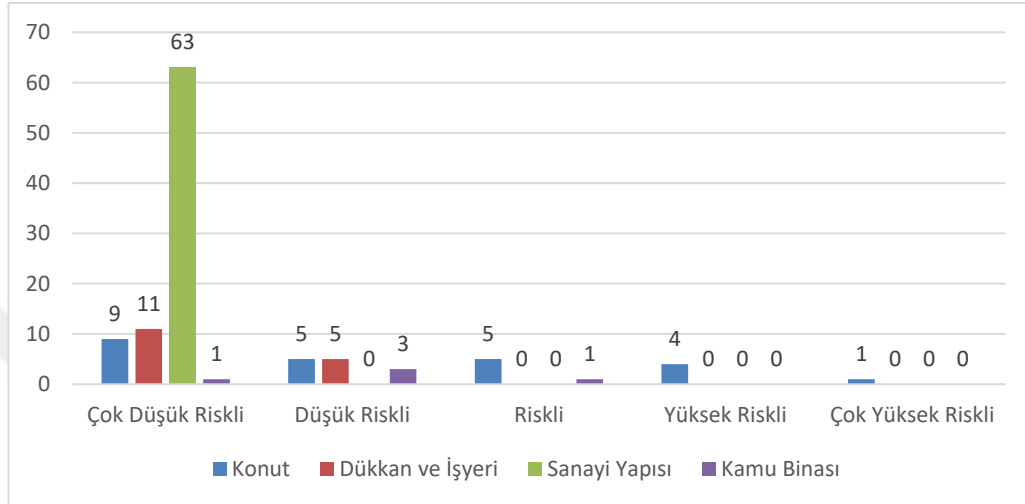


Şekil 6.67. Seyren deresi havzası için Q₁₀₀ taşkın riskine maruz kalan nüfus



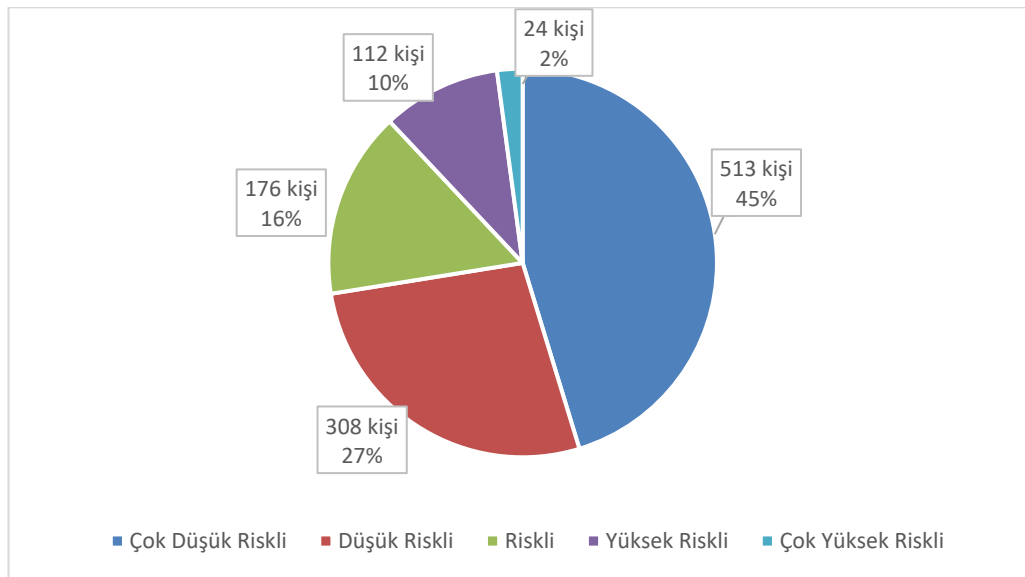
Şekil 6.68. Q₅₀ Taşkın Risk Haritası

Q₅₀ taşkın risk haritasına göre taşkından 108 yapı etkilenmektedir. Etkilenen yapı stokunun %77,77'si (84 yapı) çok düşük riskli alanda, %12,04'ü (13 yapı) düşük riskli alanda, %5,56'sı (6 yapı) riskli alanda, %3,7'si (4 yapı) yüksek riskli alanda, %0,93'ü (1 yapı) çok yüksek riskli alanda yer almaktadır (Şekil 6.68. ve 6.69.).

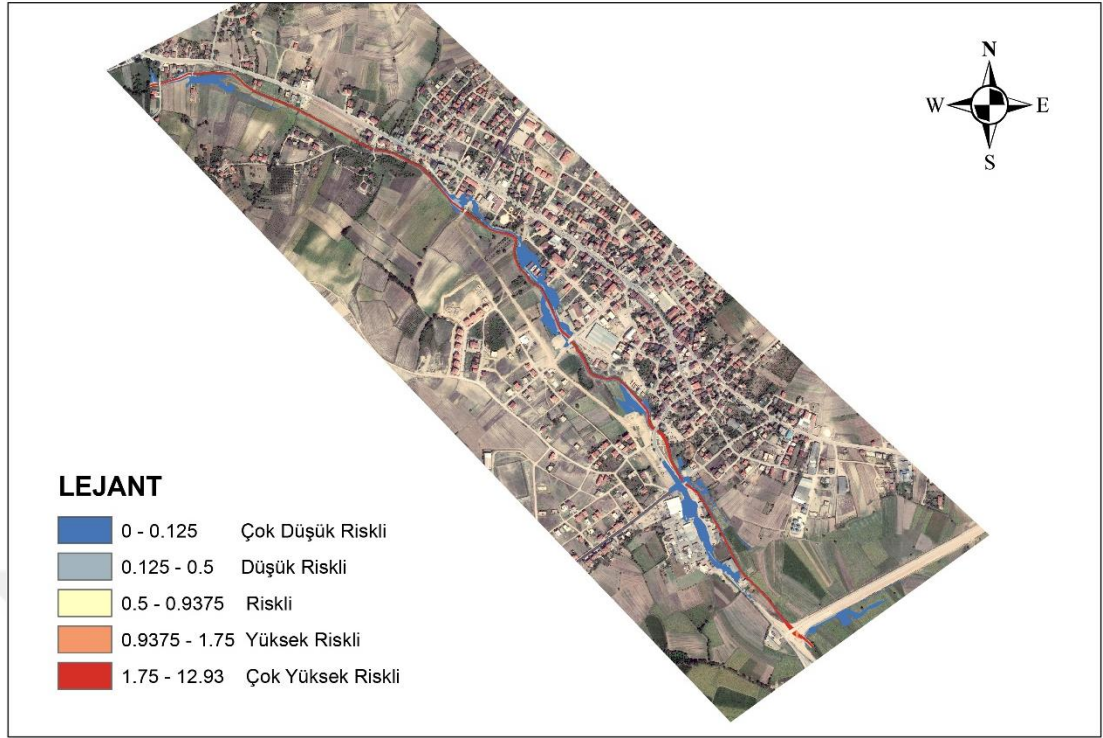


Şekil 6.69. Q₅₀ taşkın risk haritasında riske göre etkilenen yapı sayıları

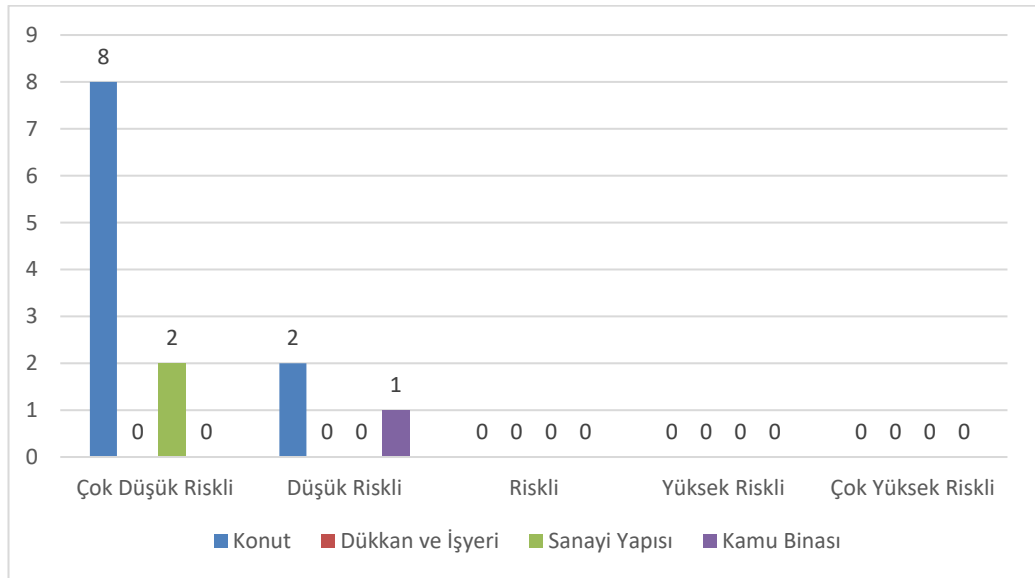
Q₅₀ taşkınyından etkilenen nüfus 1133 kişi olarak tespit edilmiştir. Bu nüfusun %45'i çok düşük riskli alanda, %27'si düşük riskli alanda, %16'sı riskli alanda, %10'u yüksek riskli alanda, %2'si çok yüksek riskli alanda kalmaktadır (Şekil 6.70.).

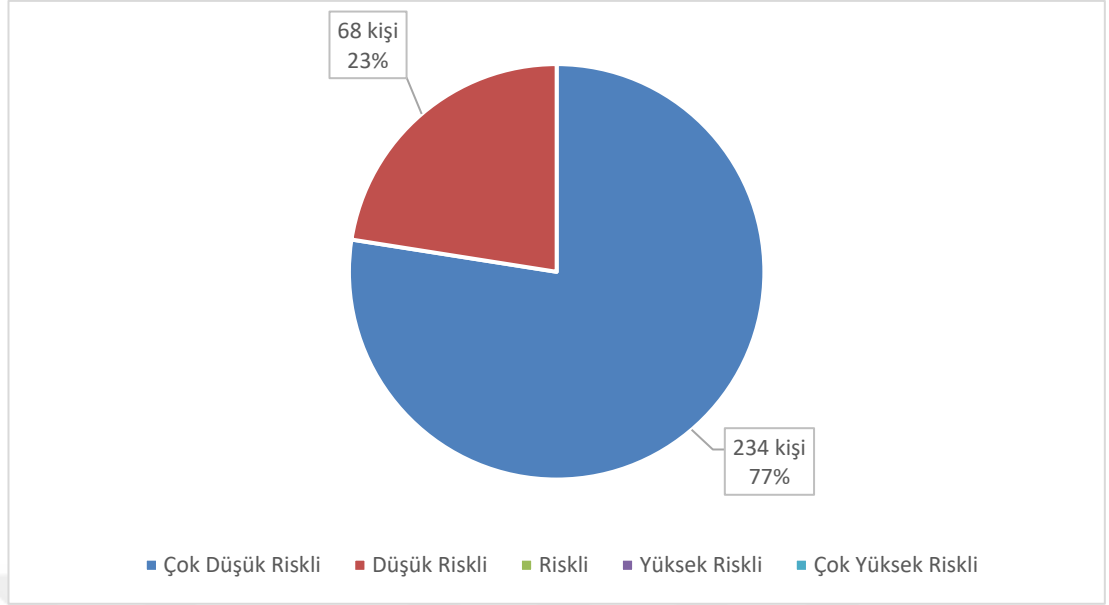


Şekil 6.70. Seyren deresi havzası için Q₅₀ taşkın riskine maruz kalan nüfus

Şekil 6.71. Q₂₅ Taşkın Risk Haritası

Q₅₀ taşkın risk haritasına göre taşkından 13 yapı etkilenmektedir. Etkilenen yapı stoğunun %76,92'si (10 yapı) çok düşük riskli alanda, %23,08'i (3 yapı) düşük riskli alanda yer almaktadır (Şekil 6.71. ve 6.72.).

Şekil 6.72. Q₂₅ taşkın risk haritasında riske göre etkilenen yapı sayıları



Şekil 6.73. Seyren deresi havzası için Q_{50} taşkın riskine maruz kalan nüfus

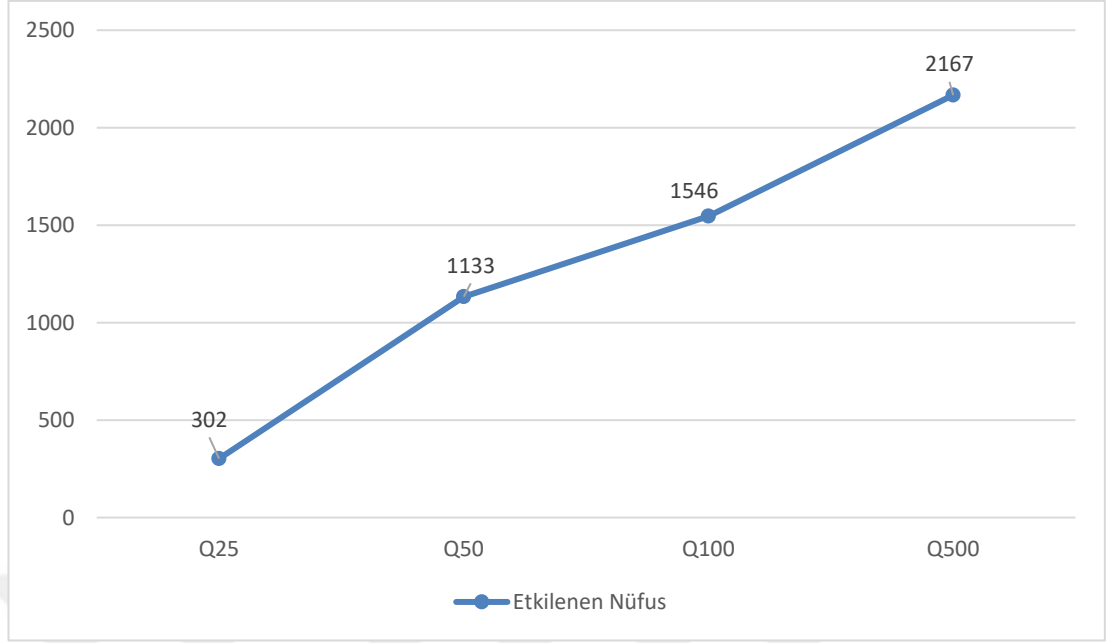
Q_{25} taşkınından etkilenen nüfus 302 kişi olarak tespit edilmiştir. Bu nüfusun %77'si çok düşük riskli alanda, %23'ü düşük riskli alanda kalmaktadır (Şekil 6.73.).

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında; Sakarya ili Kaynarca ilçesi sınırlarından geçmekte olan Seyren deresi ve havzası incelenmiştir. Yağış verileri değerlendirilerek Log-Pearson Tip-III dağılımı ile Süperpozesiz Mocus metodu kullanılarak tekerrürlü taşkın debileri hesap edilmiştir. 30.09.2018 tarihinde meydana gelen taşkın meteorolojik veriler yardımı ile Süperpozesiz Mocus yöntemi kullanılarak taşkın debisi hesap edilmiştir. Simülasyon modeli; 30.09.2018 tarihli taşkın yayılım sınırlarına ait fotoğraflar ve kotlar kullanılarak yayılım alanına göre kalibre edilmiş ve optimum sürtünme katsayıları tespit edilmiştir. Kalibre edilen modelde tekerrürlü taşkın debileri kullanılarak 2 boyutlu kararsız akım simülasyonları yapılmıştır. Taşkın yayılım haritaları, taşkın hız ve derinlik haritaları çıkartılmıştır. İlçe merkezinde maksimum taşkın alanında kalan yapıların kat sayısı, kullanım amacı, katlardaki bölüm sayısı, katlardaki ve binalardaki nüfus arazi çalışmaları ile belirli yaklaşım geliştirilerek tespit edilmiş ve CBS ortamında işlenmiştir. Taşkın risk faktörleri olarak; yapı kullanımı, nüfus yoğunluğu, binalarda taşkın sonucu oluşacak maddi zarar katsayıları belirlenerek CBS ortamında haritalandırılmıştır. Tüm bu veriler kullanılarak farklı tekerrürlerde taşkın tehlike ve taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Taşkın tehlike ve risk haritalarının etkilediği nüfus ve bina envanteri tespit edilerek risk ve tehlike derecelerine göre istatistiki açıdan sınıflandırma yapılmıştır.

7.1. Sonuç

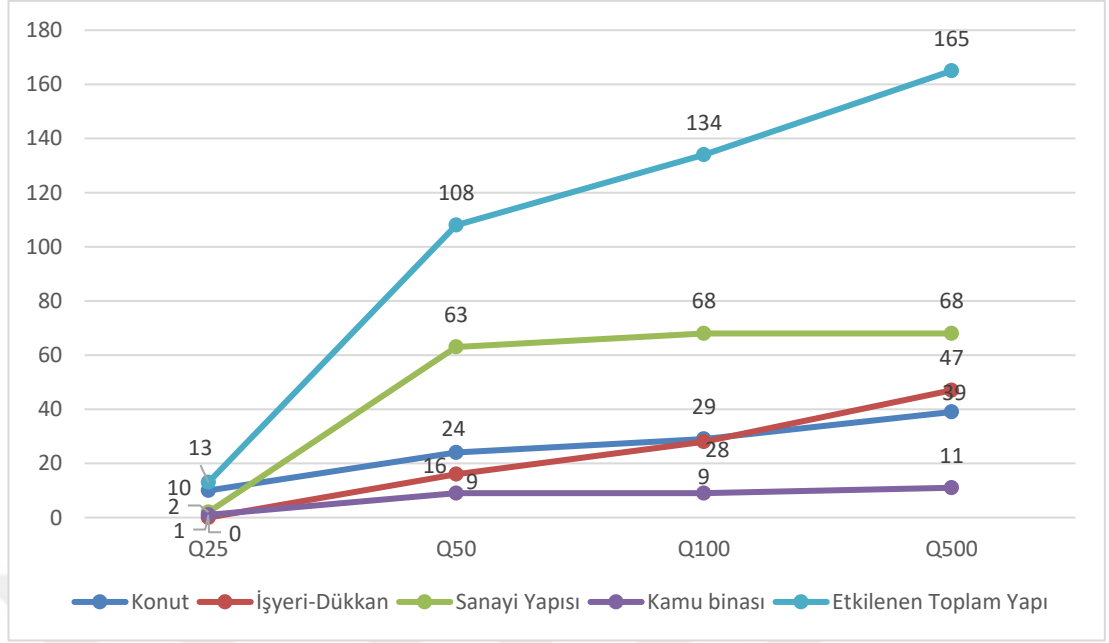
Tekerrürlü taşkın debilerine göre etkilenen toplam nüfus miktarları Şekil 7.1.'de verilmiştir.



Şekil 7.1. Farklı tekerrürlerdeki taşkın debilerine göre etkilenen toplam nüfus

Farklı tekerrürdeki taşkın debilerinin etkilediği nüfus miktarlarının doğrusal şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Etkilenen nüfus miktarlarının ekstrem olarak değişmemesinin sebebinin ilçe merkezinin topografik yapısından kaynaklandığı görülmektedir. İnceleme alanının eğimli ve vadi şeklinde arazi yapısı içerisinde yer alması nedeniyle yüksek su seviyelerinde taşkının alansal değişimi düz arazi profilli bölgelerde yaşanan taşkınlara göre yüksek oranlı değildir. Taşkından etkilenen nüfusun ve yapıların taşkının alansal değişimi ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır.

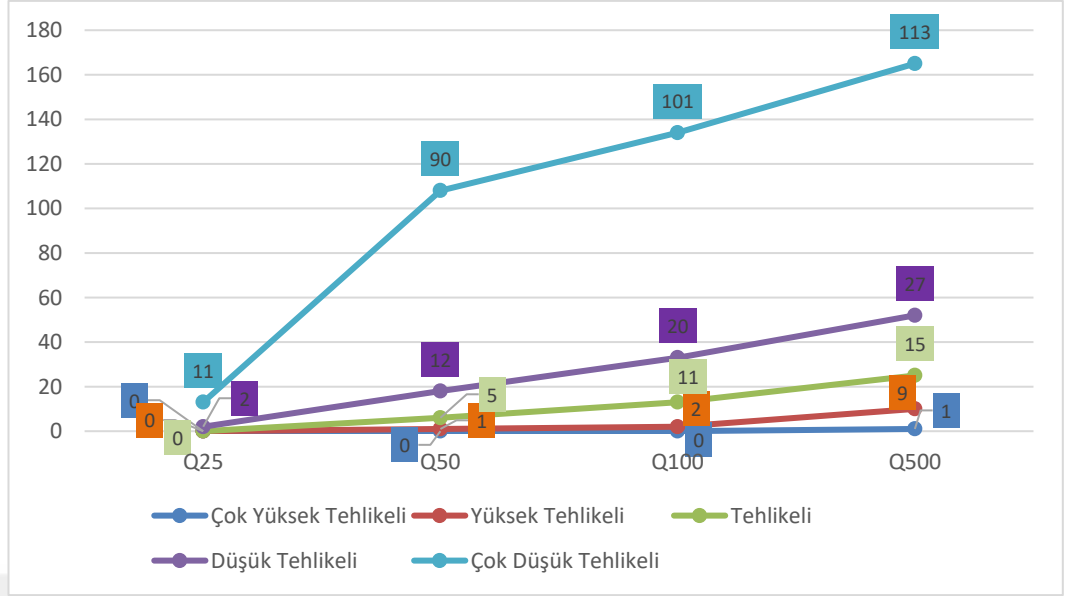
Tekerrürlü taşkın debilerine göre etkilenen toplam yapı sayıları Şekil 7.2.'de verilmiştir.



Şekil 7.2. Farklı tekerrürlerdeki taşkın debilerine göre etkilenen toplam yapı sayıları

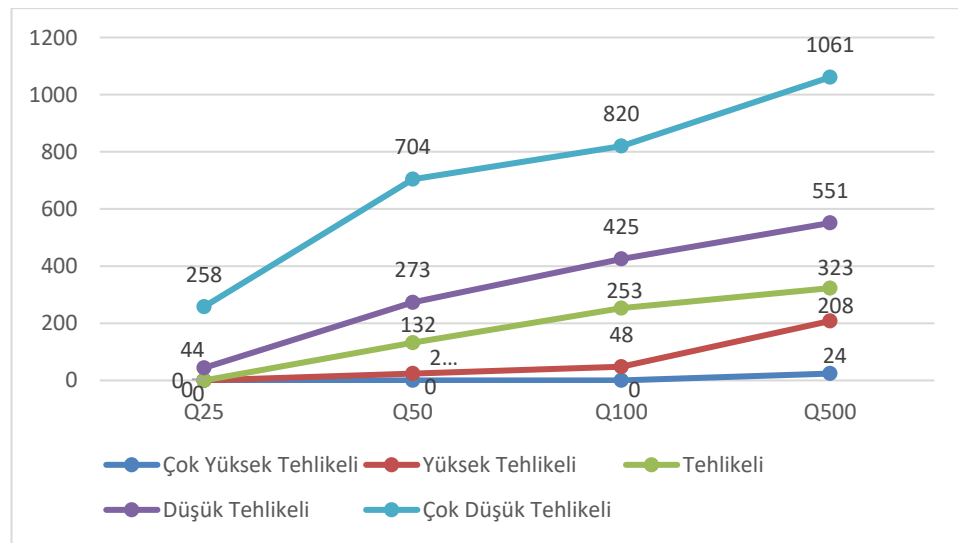
Arazi profilinin vadi niteliğinde olması ve eğim değişiminin yüksek olması nedenleriyle yüksek dereceli tehlike ve risk sınıflarının alansal dağılımının azaldığı, bu nedenle etkilenen yapı sayılarının da aynı oranda azaldığı görülmektedir.

Farklı tekerrürlerdeki taşkın tehlike haritaları incelendiğinde tehlike derecelerine göre etkilenen toplam yapı sayıları Şekil 7.3.'de verilmiştir. Taşkın tekerrürü arttıkça, tehlike sınıfı düştükçe etkilenen toplam yapısı doğrusal olarak artmaktadır. Çok yüksek tehlikeli taşkın alanlarında yer alan yapı sayılarının düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni; su hızının 1,75m/sn'den ve su derinliğinin 1 m'den fazla olduğu dere yatağına çok yakın kesimlerde yapı ve nüfus varlığının çok sınırlı olmasıdır.



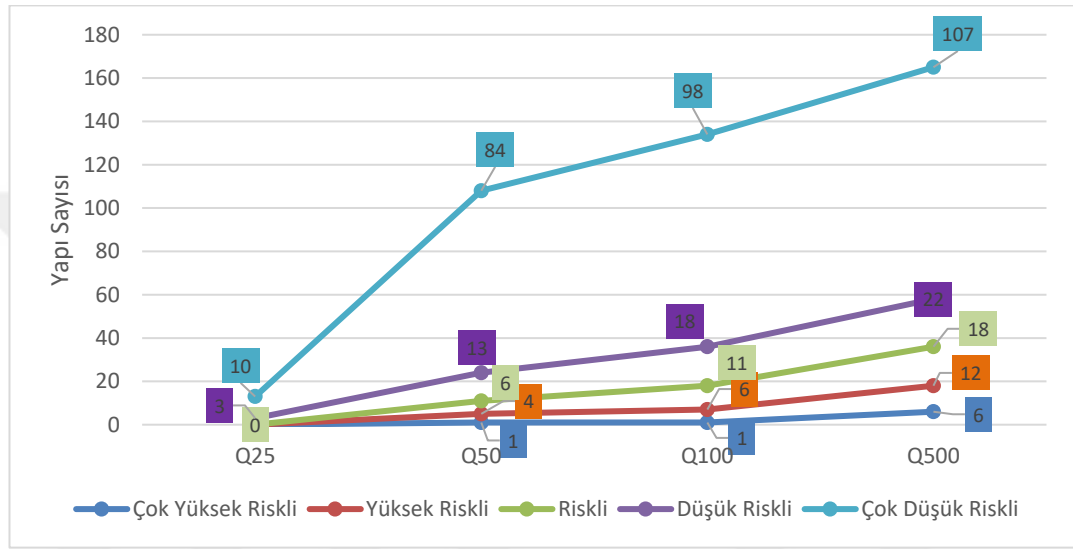
Şekil 7.3. Farklı tehlike derecelerinde etkilenen toplam yapı sayıları

Farklı tekerrürlerdeki taşkın tehlike haritaları incelendiğinde tehlike derecelerine göre etkilenen toplam nüfus miktarları Şekil 7.4.'de verilmiştir. Tehlike derecelerine göre farklı tekerrürlü taşkın debilerinden etkilenen nüfus miktarlarının lineer olarak değiştiği görülmektedir. Tehlike derecesi düştükçe ve taşkın tekerrür yılı arttıkça taşkından etkilenen nüfus artmaktadır. Taşkın tehlike haritalarında etkilenen nüfus ve yapı sayıları karşılaştırıldığında nüfusun yapı sayılarına oranla yüksek dereceli değişiminin sebebi taşkın alanında çok katlı yapıların bulunmasıdır.



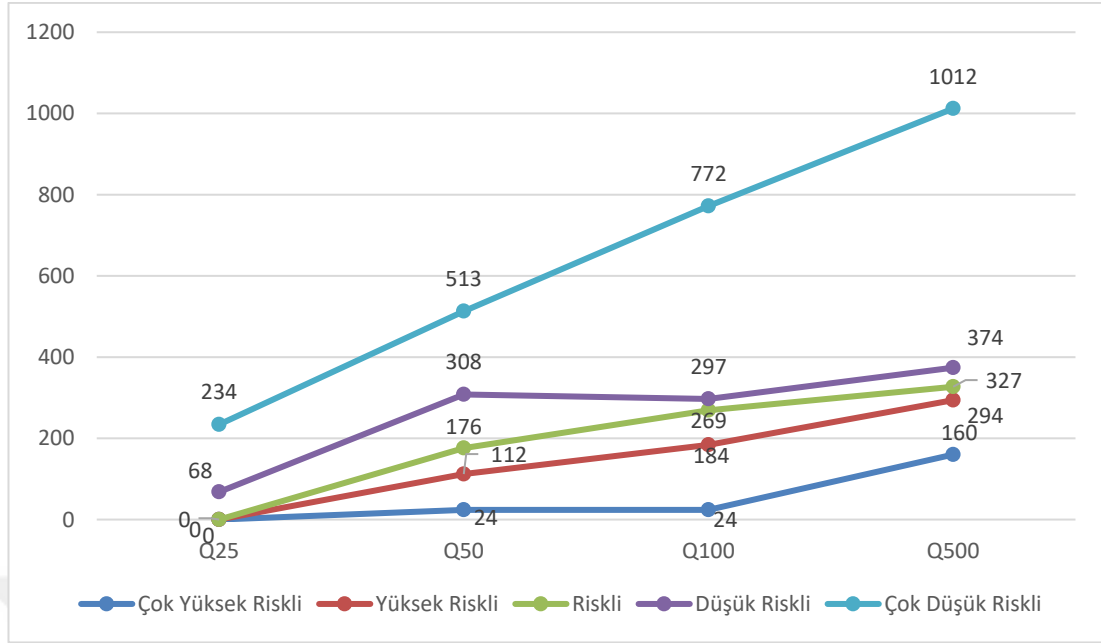
Şekil 7.4. Farklı tehlike derecelerinde etkilenen toplam nüfus miktarları

Farklı tekerrürlerdeki taşkın risk haritaları incelendiğinde risk derecelerine göre etkilenen toplam yapı sayıları Şekil 7.5.'de verilmiştir. İlçe merkezinin dere yatağına göre nispeten daha yüksek kotlarda kurulmuş olması, dere yatağının çevresinde ilçe merkezine göre daha az yapılaşma olması ve arazi profilinin eğimli olması nedeniyle düşük tehlike derecelerinde etkilenen yapı ve nüfus sayılarının daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 7.5. Farklı risk derecelerinde etkilenen toplam yapı sayıları

Farklı tekerrürlerdeki taşkın risk haritaları incelendiğinde risk derecelerine göre etkilenen toplam nüfus miktarları Şekil 7.6.'da verilmiştir. Tehlike ve risk haritalarında hız ve derinlik parametrelerinin aralıkları aynı alınmasına rağmen yüksek risk grubu yapı sayılarının yüksek tehlike grubu yapı sayılarından fazla olduğu görülmektedir. Yüksek risk grubundaki yapılarının daha fazla olmasının nedeni risk faktörülerinin tehlike üzerindeki çarpan etkisi ile doğrusal artışa sebep olmasıdır.



Şekil 7.6. Farklı risk derecelerinde etkilenen toplam nüfus miktarları

7.2. Öneriler

Yapılan analiz çalışmalarının sonucunda çözüm önerileri olarak yapısal olmayan ve yapısal olan öneriler getirilmiştir. Bu çözümlerin geliştirilmesinde dere yatağının ve çevresel şartların irdelenmesi etkili olmuştur.

7.2.1. Yapısal olmayan öneriler

İnceleme alanında yapısal çözüm getirilmemesi durumunda taşkın tehlike ve taşkın risk haritalarına göre İlçe Belediyesi ve Büyükşehir Belediyesi imar planı düzenlemesi yaparak dere yatağı taşkın bölgelerinde yapılaşmaya engel olmalıdır. Taşkın alanlarının imara açılması nüfusa dayalı taşkın risk faktörünü, yapısal maddi zarara dayalı taşkın risk faktörünü önemli derecede arttırmaktadır. Taşkın alanındaki yapılaşma risk oranını doğrudan arttırmaktadır.

Mevcut teknolojik imkanlar kullanılarak meteorolojik şartların anlık takibi yapılabilmekte olup, erken uyarı sistemleri kurularak ilçe halkı tehlike durumunda kısa sürede bilgilendirilmelidir. Tez kapsamında ortaya konulan taşkın tehlike ve taşkın risk haritalarına göre acil durum planları ve acil durum senaryoları hazırlanmalıdır.

İlçe halkının dere yatağına müdahaleler konusunda bilgilendirilmesi, gerekirse eğitime tabi tutulması taşkın konusundaki bilinçlenmenin artmasını sağlayacaktır. Bilinçlendirme ve eğitim faaliyetleri dere yatağına yapılan müdahalelerin azalmasını sağlayacaktır. Dere yatağına atılan atıklar, molozlar ve yer kazanma amaçlı yapılan dolgular taşkına doğrudan sebep olabilmekte veya taşkının etkisini arttırabilmektedir.

Tüm kurum ve kuruluşlar dere geçişlerinin yapılması hususunda görüş vermekte yetkili kurum olan DSI'den görüş alarak hareket etmeli, projelendirme çalışmaları DSI'nin belirteceği kıstaslarda yapılmalıdır.

7.2.2. Yapısal öneriler

2018 yılında yaşanmış olan taşkın incelendiğinde dere yatağı kesitinin teknik anlamda dar olduğu görülmektedir. Mevcut ıslah yapısının kaldırılarak 2018 yılında 500 yıllık tekerrürlü taşkın debisinin üzerinde görülen en yüksek taşkın debisine göre kesit boyutlandırması yapılması ve ıslah çalışmasının yenilenmesi gerekmektedir. Ayrıca dere yatağı güzergahı çok kıvrımlı yapıdadır. Kıvrımlı yapı taşkının etkisini arttırıcı bir faktör olduğu için ıslah çalışmasında kıvrımlı yapı azaltılmalıdır. Yaşanan taşkın olaylarında rusubata dayalı herhangi sorun yaşanmadığı için ayrıca yukarı havza yapısı önerilmemektedir.

Mevcut durumda menfez ve köprü kesitleri yetersizdir. Geçiş yapılarının 2018 yılında görülen en yüksek taşkın debisine göre yenilenmesi gerekmektedir.

2018 yılında yaşanan taşkın olayında pik yağış sonucu akışa geçen yamaç suyunu drene edecek yağmur suyu drenajı alt yapısı olmadığı görülmüştür. Yağmur drenajı alt yapı sisteminin kurularak yamaç sularının sellenmeye neden olması engellenmelidir.

İlçe merkezinde kanalizasyon altyapısının olmaması nedeniyle birçok noktada ıslahlı dere yatağı kesitine kanalizasyon deşarjının yapıldığı tespit edilmiştir. Kanalizasyon deşarjı doğrudan taşkını etkileyecek olmasa bile halk sağlığı açısından kaldırılması ve tekniğine uygun deşarj standartlarının sağlanması uygun olacaktır.

Farklı kurumlara ait doğalgaz, elektrik, su ve telekom hatlarının dere yatağı geçiş yapılarının tabliye kotları altından veya dere yatağı kesitinin içerisinden geirildiğı görölmüştür. Taşkın etkilerini arttıracak olması nedeniyle bu hatların dere yatağı talveg kotu altından geçirilmesi gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Akın, M., Akın, G. 2007. Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47(2):105-118.
- Akkaya, U. 2016. Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne şehir merkezi kısmında 2 boyutlu taşkın modellemesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.
- Akyürek, Z. 2013. Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Oluşturulması. Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı Hizmet İçi Eğitim Programı, Afyonkarahisar.
- Atakuman, Ç. 2008. Su Fakirliği Kapımızda mı?. Bilim ve Teknik Dergisi, 489: 48-55.
- Avdan, Z., Yıldız, D., Çabuk, A. 2015. Yağmur Suyu Yönetimi Açısından Yeşil Altyapı Sistemlerinin Değerlendirilmesi. II. International Sustainable Structure Symposium, Ankara, 733-740.
- Balcı, N. 1958. Elmalı Barajının İstasyondan Korunması imkânları ve Vejetasyon Su Düzeni Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Ormancılık Coğrafyası ve Yakınşark Ormancılığı Enstitüsü ve Kürsüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bayazıt M., Önöz B., “Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi.” Nobel Yayın Dağıtım. 259 s. Ankara. 2008.
- Bayazıt, Y., Bakış, R. 2015. Seydisuyu Çayının Havza Taşkın Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması, VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi, Şanlıurfa, 157-164.
- Bozoğlu, 2015. 1-D And 2-D Flood Modeling Studies And Upstream Structural Measures For Samsun City Terme District, METU, Master of Science, Civil Engineering Department.
- Bulu, A., Yılmaz, E. 2002. Serbest Yüzeyle Akımlarda Pürüzlülük Katsayısının Belirlenmesi. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 420(4): 79-81.

- Büyükkaracığan, N. 1997. Taşkın frekans analizinde kullanılan değişik dağılımların konya havzası yıllık pik akım serilerine uygulanıp karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çelik, H. 2012. Sel Kontrolünde Hidroloji. Çem Sel kontrolü Semineri, Afyonkarahisar.
- Çelikler, 2018. Bingöl Kent Merkezindeki Derelerin Taşkın Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) ile Belirlenmesi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Demirkese, A. C. 2011. Multi-risk interpretation of natural hazards for settlements of the Hatay province in the east Mediterranean region, Turkey using SRTM DEM. Environmental Earth Sci., 65:1895–1907.
- Dernek, E. 2012. Taşkın Yapıları Tasarımı ve Kayı Deresi Örneği. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Devlet Su İşleri (DSİ). 2006. Teknik Şartnameler. Islah ve Taşkın Koruma Yapıları Uygulama Projeleri Yapım İş, 6-8.
- Doğan, E., Sönmez, O., Yapan, E., Othan, K., Özdemir, S., Çitgez, T. 2013. Aşağı Sakarya Nehrinde taşkın yayılım haritalarının elde edilmesi. SAÜ. Fen Bil. Der., 17(4): 363-369.
- Doğu, 2016. Kırıkkale Çoruhözü Deresinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve Bir Boyutlu Modellenmesi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Dokuzuncu Kalkınma Planı (DPT). 2007. Toprak ve Su Kaynaklarının Kullanımı ve Yönetimi Raporu.
- Erkek, C. 1995. Bölgesel taşkın zararları ve taşkın kontrolü. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 379: 42-46.
- Ersoy, Manisa Kızıldere Taşkın Akımlarının Hec-Ras ile Modellenmesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Güngör, Y. 2010. Afetler Tarihi. Acil Yardım ve Afet Yönetimi Lisans Tamamlama Programı, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, 1-129.
- Hırca, 2018. Akım Ölçümü Olmayan Nehirlerde Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Hasar Olasılık Eğrilerinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kadioğlu, M. 2007. Sel, Heyelan ve Çığ İçin Risk Yönetimi. Sel – Heyelan – Çığ Sempozyumu, Samsun, 186-197.

- Oğraş, 2018. Dicle Nehri'nin Taşkın Analizinin Hec-Ras Programıyla Yapılması, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özbal, R. 2010. Taşkın Koruma Projelerinde Yapısal Tedbirler. II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Afyonkarahisar.
- Özcan E, 2006. Sel Olayı ve Türkiye. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 26 (1): 35-50.
- Özcan, O., Musaoğlu, N., Şeker, DZ., 2009. Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği.
- Özdemir H, 1978. Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi. DSİ Basım ve Foto – Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- SAF, B., 2009. Regional flood frequency analysis using L-moments for the West Mediterranean region of Turkey. Water Resour Manage, 23(3): 531-551.
- Sakarya Valiliği Meteoroloji Müdürlüğü'nün Sakarya DSİ 32. Şube Müdürlüğü'ne 11.10.2018 tarih 9136 sayılı resmi yazısı
- Sargın, A. 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşkın Riski Ön Değerlendirmesi. DSİ Yayınları, 1-67.
- Sönmez O. 2013. Nehirlerde 2 boyutlu taşkın modellemesi ve taşkın haritalarının oluşturulması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.
- Taşkın Koruma Raporu, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- DSİ III. Bölge Müdürlüğü, Eskişehir, 1-24.
- Taşkın mevzuatı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Taşkın Yönetim Planı. 2017. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 1-228.
- TMMOB Harita ve 75 Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel Teknik 2009 Kurultayı, Ankara.
- Turan, B. 2002. Obtaining inundation maps by integration of gis and hydrologic and hydrologic-hydraulic model. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Uçar, İ. 2010. Trabzon Değirmendere Havzası'nda coğrafi bilgi sistemleri ve bir hidrolik model yardımıyla taşkın analizi yapılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- URL 2. <http://sakaryakaynarca.bel.tr/tr-tr/alt-sayfalar/169/cografi-yapi.>, Erişim Tarihi: 02.05.2019.

URL 1. www.sakaryakulturturizm.gov.tr/tr-112516/sakarya-genel-bilgiler.html,
Erişim Tarihi: 02.05.2019.

Uřkay, S. ve Aksu, S. 2002. Ülkemizde Tařkinlar, Nedenleri, Zararlari ve Alinmasi Gereken Önlemler. TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 420-421- 422: 133-136.

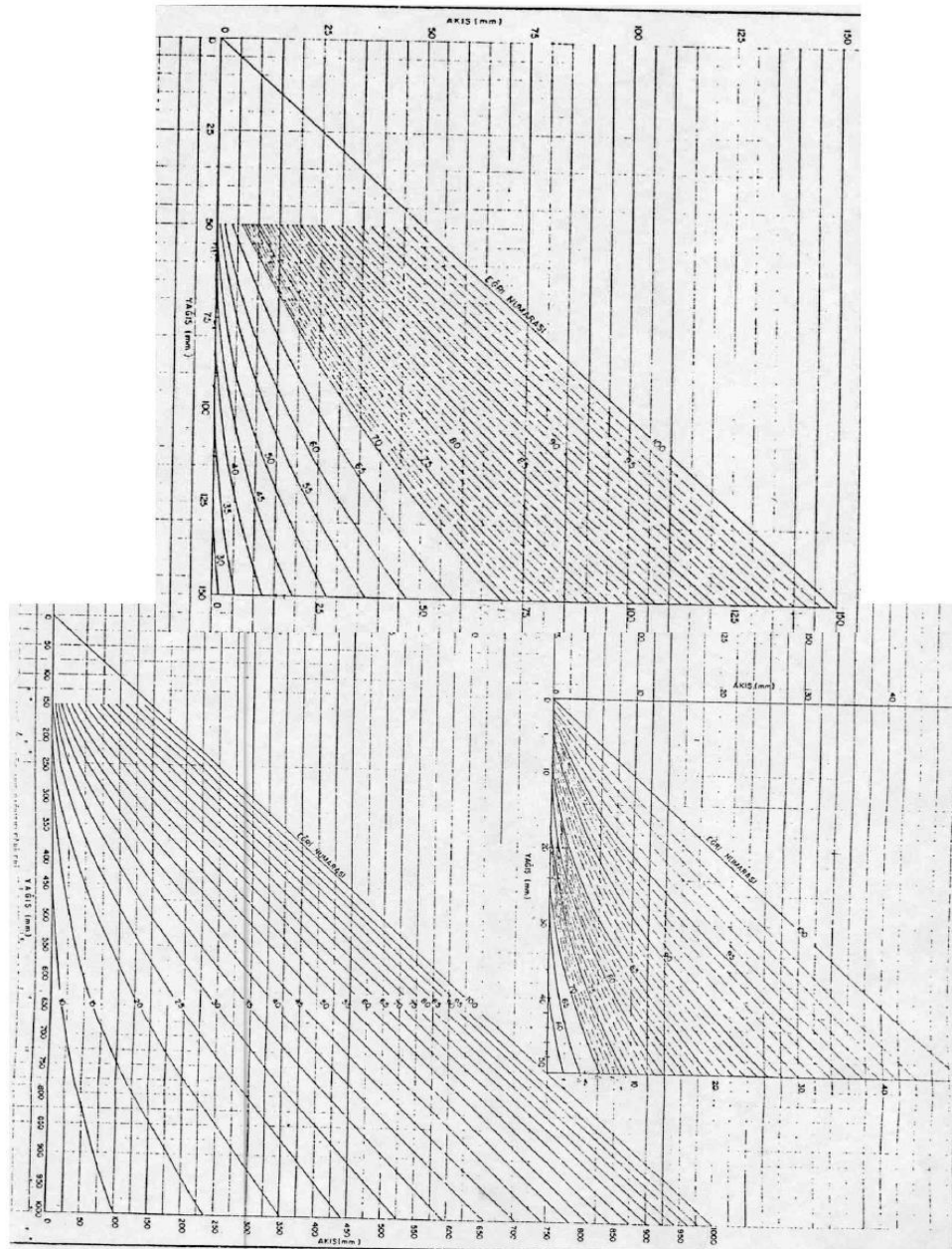
Üçüncü, 2018. Kırıkkale Karadere ve Hodar Derelerinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve HEC-RAS Programında Bir Boyutlu Modellenmesi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

Yurdakul 2019. Güney Sapanca havzası taşkın yayılım haritalarının modellenmesi: Keçi deresi örneği



EKLER

EK 1: Yağış-Akış Grafiği



ÖZGEÇMİŞ

Yiğit KIZMAZ; İlk, orta, lise ve üniversite eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Üniversitedeki başarısı nedeniyle çift anadal programından yararlanarak eğitimine başladığı Jeofizik Mühendisliğinden 2009 yılında mezun oldu. 2008- 2013 yılları arasında özel sektörde yurt içi ve yurt dışı projelerde inşaat mühendisi olarak çalıştı. 2013 yılında DSİ 32. Şube Müdürlüğü/Sakarya'da inşaat mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2014 yılından itibaren görevine etüt plan başmühendisi olarak devam etti. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği anabilim dalı Hidrolik bilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen DSİ 32. Şube Müdürlüğü/Sakarya'da etüt plan başmühendisi olarak çalışmaya devam etmektedir.