

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**ŞEHİRLEŞME ETKİSİ ALTINDA TAŞKIN
HİDROGRAFI ELDE EDİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Abdurrahman FARHAR

Danışman
Dr.Öğr.Üyesi Yasin PAŞA

İstanbul – 2022

TEZ TANITIM FORMU

Yazar Adı Soyadı : Abdurrahman FARHAR

Tezin Dili : Türkçe

Tezin Adı : Şehirleşme Etkisi Altında Taşkın Hidrografi Elde Edilmesi

Enstitü : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Tezin Türü : Yüksek Lisans

Tezin Tarihi : 18.01.2022

Sayfa Sayısı : 75

Dizin Terimleri : Taşkın, Şehirleşme, HEC-HMS, SCS Eğri Numarası, Taşkın Hidrografları, Rasyonel Metod, SCS Yöntemi

Türkçe Özet : Bu araştırmada 18 yıllık (2002-2020) zaman diliminde İstanbul Esenyurt ilçesi Havzasının Şehirleşme Etkisi Altında Taşkın Hidrografi elde edilmiştir

Dağıtım Listesi : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

İmzası

Abdurrahman FARHAR

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**ŞEHİRLEŞME ETKİSİ ALTINDA TAŞKIN
HİDROGRAFI ELDE EDİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Abdurrahman FARHAR

Danışman
Dr.Öğr.Üyesi Yasin PAŞA

İstanbul – 2022

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Abdurrahman FARHAR

.../.../2022



İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Abdurrahman FARHAR'ın Şehirleşme Etkisi Altında Taşkın Hidrografı Elde Edilmesi adlı tez çalışması, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği anabilim dalı, İnşaat Mühendisliği bilim dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Yasin PAŞA
(Danışman)

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa NURI BALOV

İmza

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ferruh MAHNAMFAR

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... / 2022

İmzası

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Çalışma, Türkiye'nin İstanbul İli'nin Esenyurt ilçesinde bulunan ve alanı 34 km² olan bir havzadaki kentleşmenin taşkınlar hidrografları üzerindeki etkisiyle ilgilidir. Kaydedilen olaylara dayalı olarak, yağış-akış sürecinin simülasyonu taşkın tahmini için seçilmiş bir prosedür olarak kabul edilmiştir.

Kentsel havzanın şiddetli yağışlara tepkisi olarak taşkın hidrograflarını tahmin etmek için havza 24 alt havzaya bölünmüş ve analizleri Eğri Numarası ve Rasyonel yöntem yardımıyla HEC-HMS programı kullanılarak yapılmıştır.

Seçilmiş yıllarda havzalara ait maksimum debiler taşkın hidrografları, arazi kullanımının dört farklı zaman dilimi için tahmin edilmiştir. Sonuçlar, havzanın kentleşmesi nedeniyle maksimum akış debisi 1,5 kattan fazla artacağını göstermektedir.

Bu çalışmada, genişleyen bir kentsel havza olarak Esenyurt ilçesi için arazi kullanımı-arazi örtüsü (LULC) değişiminin ve kentleşmenin taşkınlar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma alanı için, topografik harita ve uydu görüntüleri kullanılarak 2002, 2010 2015 ve 2020 yılları arasında arazi kullanım değişimi tahmin edilmiştir. LULC değişim analizi 2002 ve 2010 yılları arasındaki değişimin 2015 ve 2020 yılları arasındakinden daha yavaş olduğunu göstermektedir.

Kentleşmedeki önemli artışla birlikte LULC'nin farklı dönüş periyotları için taşkın hidrografi üzerindeki etkisi, HEC-HMS modeli kullanılarak belirlenmiştir. Son 18 yılda, en yüksek akış ve akış hacmindeki artış, 2002 yıl ve 2020 yıllar arası %27.8 olarak gösterilmiştir. Genel olarak, toplam taşkın tehlikesi alanı 2002-2020 yılına kadar %21,82'den %61,78 oranında artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Taşkın, Şehirleşme, HEC HMS, SCS Eğri Numarası Metodu, Taşkın Hidrografları, LULC, Rasyonel Metot

SUMMARY

The study is about the effect of urbanization on flood hydrographs in a 34 km² basin located in Istanbul Esenyurt district of Turkey. Based on the recorded events, simulation of the rainfall-runoff process has been considered a chosen procedure for flood forecasting.

To predict flood hydrographs as the response of the urban watershed to heavy rainfalls, the watershed was divided into 24 sub-basins and the analysis was done using the HEC-HMS program with the help of Curve Number, and Rational Method.

Maximum flow rates flood hydrographs of the basins in selected years were estimated for four different time periods of land use. The results show that the maximum flow rate will increase by more than 1.5 times due to the urbanization of the basin.

In this study, the effects of land use-land cover (LULC) change and urbanization on floods were investigated for Esenyurt district as an expanding urban watershed. For the study area, land use change was estimated between 2002, 2010, 2015 and 2020 using topographic maps and satellite images. The LULC analysis of change shows that the change between 2002 and 2010 was slower than between 2015 and 2020.

With the significant increase in urbanization, the effect of LULC on the flood hydrograph for different return periods was determined using the HEC-HMS model. In the last 18 years, the peak flow and increase in flow volume has been shown as 27.8% between 2002 and 2020. Overall, the total flood hazard area had increased from 21.82% to 61.78% from 2002-2020.

Keywords: Flood, Urbanization, HEC-HMS, SCS Curve Number Method, Flood hydrograph, LULC, Rational method

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
GRAFİKLER LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM TAŞKIN VE ŞEHİRLEŞME

1.1. Kentsel Gelişimin Taşkınlar Üzerindeki Etkileri	3
1.1.2. Kentsel Gelişiminin Hidrolojik Etkileri	3
1.1.3. Akış kanallarına Ve Taşkın Yataklarına Yapılan Değişiklerin Hidrolojik Etkileri	4
1.1.4. Kentsel Gelişimin Taşkın Değişimi Ve Sıklığına Etkileri	5
1.1.5. Kentsel Alanlarda Taşkın Tehlikelerinin Azaltılması	5
1.2. Tezin Amacı	6
1.3. Literatür Özeti.....	6

İKİNCİ BÖLÜM METARYAL VE YÖNTEMLER

2.1. Çalışma Alanı	10
2.2. Veriler	12
2.2.1. Çalışma Alanına ait Arazi Kullanım Haritaları	13
2.2.2. Toprak Tipi	16
2.2.3. Yağış verileri	17
2.3. Topografik Veri	19
2.4. Yağış	20
2.5. Yüzeysel Akış	21
2.5.1. Yüzeysel Akışın Oluşumunu Etkileyen Faktörler	22
2.5.1.1 Yağış	22
2.5.1.2 Yağış havzasının büyüklüğü ve şekli	22
2.5.1.3 Yağış havzasının topografyası	22
2.5.1.4 Yağış havzasının jeolojisi	22
2.5.1.5 Yağış havzasının infiltrasyon durumu	23
2.5.1.6 Yağış havzasının yüzeyde su tutma durumu	23
2.5.1.7 Yağış havzasının yağış anındaki durumu	23
2.6. SCS Eğri Numarası Yöntemi.....	23

2.6.1. Eğri Numarası (CN).....	23
2.6.2. Başlangıç kayıpların oranı ayarı (Initial abstraction ratio adjustment)	26
2.7. Rasyonel yöntemi	26
2.7.1. Varsayımlar ve Sınırlamalar	27
2.7.2. Rasyonel Yöntemi Kullanma Prosedürü	28
2.8. HEC-HMS	29
2.8.1. Havzanın Fiziksel Tanımı (Watershed Physical Description).....	30
2.8.2. Meteorology Description (Meteorolojinin Açıklaması)	33
2.8.3. Hidrolojik Simülasyonu (Hydrologic Simulation)	34
2.8.4. Akış Tahmin Etmesi (Forecasting Streamflow)	34
2.8.5. Derinlik-Alan Küçültme (Depth-Area Reduction)	34
2.8.6. Model Belirsizliğinin Değerlendirilmesi (Assessing Model Uncertainty)	35
2.8.7. Sediment ve Su Kalitesi (Sediment and Water Quality)	35
2.8.8. GIS Bağlantısı (GIS Connection)	35

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MODELLEME

3.1. Rasyonel Metot Alanal Ağırlıklı C Katsayısı Belirlemesi.....	37
3.2. Çalışma Alanının SCS Eğri Numaraları	38
3.3. HEC-HMS model kurulumu	39
3.4. HEC-HMS Model Sonuçları.....	44
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	46
KAYNAKÇA	47
EKLER.....	49

KISALTMALAR

A	: Drenaj Alanı
C	: Akış Katsayısı
CBS	: Coğrafi bilgi sistemi
CN	: Eğri Sayısı(Curve Number)
D	: Doğu
DEM	: Digital Elevation Model
EDS	: Environmental Site Design
HEC-HMS	: Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System
HEC-DSS	: Hydrologic Engineering Center Data Storage System
HSG	: Hydrologic Soil Groups
I	: Ortalama Yağış Yoğunluğu
La	: Akıştan Önceki Su Miktarıdır
K	: Kuzey
L	: Havza Uzunluğu
LULC	: Land Use-Land Cover
NAARD	: Normalized Average Annual Runoff Depth
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration's
NRCS	: National Weather Service
NWS	: National Weather Service
P	: Yağış
Q	: Akış
S	: Akış Başladıktan Sonra Potansiyel Maksimum Toprak Nemi Tutma Oranıdır
Tc	: Time of concentration
TR-55	: Technical Release- 55
USACE	: United States Army Corps of Engineers
USDA	: United States Department of Agriculture
Y	: Havza eğimi

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Farklı yıllara göre nüfus artışı	11
Tablo 2. Çesitli yıllara ait zamin örtüsünün değışimi	15
Tablo 3. Florya İstasyon Bilgisi	18
Tablo 4. Florya istasyonu 24 saatlik yağışların frekans analizi	18
Tablo 5. Florya istasyonu yıllık maksimum kısa süreli yağışların istatistiksel değeri	19
Tablo 6. SCS eğri numarası tablosu	25
Tablo 7. Rasyonel Yöntem Akış Katsayılarının Basitleştirilmiş Tablosu.	28
Tablo 8. Çalışma alanına ait zemin örtüsü C katsayısı	37
Tablo 9. Çalışma alanına ait Akış Katsayısı (C)	37
Tablo 10. Çalışma bölgesinin Eğri Numaraları	38
Tablo 11. Alt havzaların alanları	39
Tablo 12. 2002 yılı HEC-HMS modeli için hesaplanan parametreler	40
Tablo 13. 2010 yılı HEC-HMS modeli için hesaplanan parametreler	41
Tablo 14. 2015 yılı HEC-HMS modeli için hesaplanan parametreler	42
Tablo 15. 2020 yılı HEC-HMS modeli için hesaplanan parametreler	43
Tablo 16. Seçilmiş yıllarda havzalarına ait maksimum debiler	45

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. Esenyurt ilçesi ilçesi nüfus artış grafiği.....	11
Grafik 2. Esenyurt ilçesi'un 2008-2020 yılları arasında nüfus değişimi .	12
Grafik 3. Esenyurt ilçesi Nüfus değişim yüzdesi	12



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Geçirimsiz Örtü ve Yüzey Akışı Arasındaki İlişki.....	2
Şekil 2. Çalışma alanının yerleşim yeri (Google Earth Pro).	10
Şekil 3. 2002 yılına ait bina alanı ve asfalt yolları.....	13
Şekil 4. 2010 yılına ait fotoğraflar.	14
Şekil 5. 2015 yılına ait fotoğraflar.	14
Şekil 6. 2020 yılına ait fotoğraflar.....	15
Şekil 7. Çalışma alanına ait toprak tipi haritası.	17
Şekil 8. Esenyurt ilçesi havzası ve Florya istasyonu konumu (Google Earth Pro).....	18
Şekil 9. Esenyurt ilçesi havzası DEM haritaları.	19
Şekil 10. Su Döngüsü.....	21
Şekil 11. Rasyonel yöntemi geliştirme ve uygulama adımları.....	29
Şekil 12. HEC-HMS için örnek arayüz.	30
Şekil 13. İstanbul Esenyurt ilçesinin 2020 yılında yollar, çatı ve boş arazi.....	38
Şekil 14 Çeşitli yıllara ait Eğri numarası.	39
Şekil 15. Çalışma alanının HEC-HMS arayüz görüntüsü.	39
Şekil 16. SCS type II 24 saat kümülatif yağış dağılımı.	44
Şekil 17. Havzanın çıkış noktasında hidrografların karşılaştırması.	44

ÖNSÖZ

Öncelikle değerli danışmanım. Yüksek lisans eğitimim süresince değerli bilgi birikiminden ve tecrübesinden yararlandığım değerli Dr. Öğr. Üyesi Yasin PAŞA, bilgi almaktan ve her konuda bana destek olmaktan çekinmemiş, aynı titizlikle beni cesaretlendirmiş ve yönlendirmiştir. Araştırmanın planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda. Umarım hayatın her alanında başarılı ve tatmin edici bir hayat yaşar.

İnşaat Mühendisliği bölüm başkanı değerli Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORİ'ye ve İnşaat Fakültesi'nin tüm akademik personeline, yüksek lisans eğitimim boyunca değerli yetkinliklerimden ve tecrübelerinden yararlandığım için teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında kullanılan verilerin temininde İstanbul Esenyurt Belediyesinden bize bu tez verileri sağladığı için ve özellikle Gülşah KARA hanıma dan çok teşekkür ederim.

Son olarak, hayatımın her alanında beni destekledikleri için değerli babama, anneme, tüm aileme ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

GİRİŞ

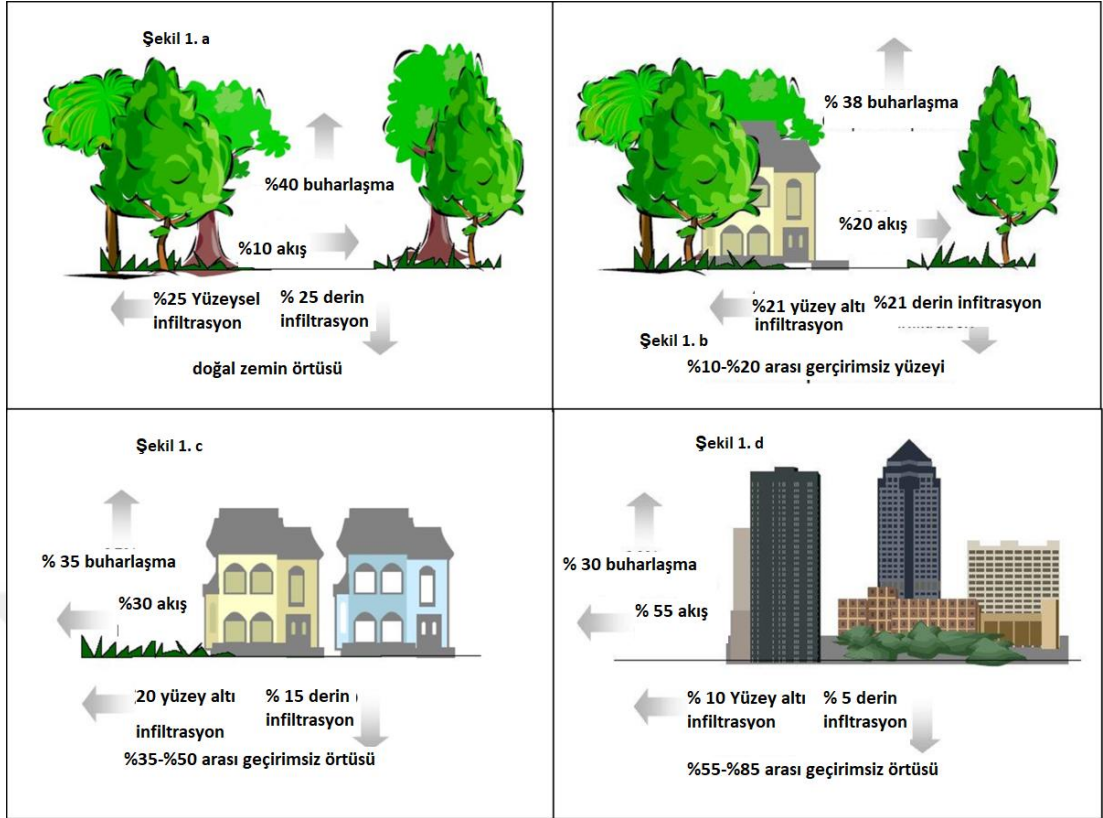
Hızlı kentleşmeye bağlı olarak arazi kullanım modelindeki değişim, havzadaki hidrolojik süreçleri olumsuz etkileyerek, yağış-sızma ortamının bozulmasına neden olmaktadır. Geçirimsiz alanların artması doğal su dengesini bozar. Azalan filtrasyon, akışı artırır ve kısa süreli düşük yoğunluklu yağışlarda bile daha yüksek akışlara yol açar. Yıkıcı etkilerinden dolayı taşkın, azaltma çabalarının masraflarını önemli ölçüde artırabilir. Dünya genelinde nüfus artışına göre kentleşme oranının da artması beklenmekte ve şehirlerde su geçirimsizliği azaltmasına neden olur.

Şekil 1 'de arazi kullanımını değişikliği ile ilgili dört farklı görsel sunulmuştur. Her bir koşul altında akış, buharlaşma ve sızma yüzdeleri gösterilmiştir. Şekil 1.a'da doğal bir ortamda yağışın büyük kısmı (%90) sızma ve buharlaşma ile uzaklaşmış olup sadece % 10 u , yüzeysel akışa dönüşmüştür. Sızma, derin sızma ve buharlaşma yüzdeleri sırasıyla %25, %25 ve %40'tır. Şekil 1.b'de arazinin küçük bir kısmı kullanmış olup (%80) sızma ve buharlaşma ile uzaklaşmış ve burada % 20'si yüzeysel akışa dönüşmüştür birinci duruma göre burada akış iki kata çıkmıştır.

Şekil 1.c'de doğal zemin örtüsü yerini asfalt beton kaplama ile değiştirmiştir bu durumda sızma yüzdeleri azalmış olmaktadırama yüzeysel akışı birinci duruma göre 3 katta çıkmıştır. Şekil 1.d'de sızma miktarı çok düşük, yüzeysel akış miktarı 5.5 katına çıkmıştır. Anlaşılan kentleşmenin olmadığı yerlerde yani doğal zemin örtüsünde akarsu akışı az olup taşkın gelme olasılığı da azdır, diğer yandan kentleşme genişledikçe sızma miktarı azalır, yüzeysel akış yüzdesi artıkça taşkın gelme olasılığını arttırmaktadır.

Kentleşme, şehirlerin büyüdüğü ve nüfusun daha yüksek yüzdelerinin şehirde yaşamaya başladığı süreçtir. Dünya nüfusu önemli ölçüde arttı ve ekonomileri son birkaç yüzyılda daha fazla sanayileşti ve bunun sonucunda çok daha fazla insan şehirlere taşındı. Bu süreç kentleşme olarak bilinir.

Dünyanın çoğu yerinde taşkınlar meydana gelir ve ciddi mal ve can kayıplara neden olur. Son 20 yılda Türkiye'nin genelinde 300 taşkın meydana gelmiştir ve bunun sonucunda 500 kişi hayatını kaybetmiştir, bu ciddi mal kayıplarına da neden olmuştur.



Şekil 1. Geçirimsiz Örtü ve Yüzey Akışı Arasındaki İlişki (url-1).

Taşkınlar özellikle şehirleşme ile artmakta ve ciddi risklere neden olmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde doğal afetlerden dolayı ekonomik kayıp gelişmiş ülkelere göre 20 kat fazladır.. Türkiye’de yıllık taşkınların zararı 100 milyon dolar ve taşkınlar için yatırım ise 30 milyon dolardır. Bir havzanın yağış-akış tepkisi, kentleşmenin bir sonucu olarak kökten değiştirilebilir. Geçirimsiz yüzeylerin (beton, asfalt, kiremit) tanıtılması, sızmayı engeller ve yüzey tutmasını azaltır. Böylece, yüzey akışına giden fırtına yağışının oranı artar ve buharlaşma, yeraltı suyu şarjı ve taban suyuna giden oran artar, akış azalır. Yüzey akışındaki bu artış, tepki hızındaki bir artışla birleştirilir. Şehirleşme sırasında mevcut drenaj kanalları kaldırılır veya iyileştirilir ve yeni bir drenaj kurulur.

BİRİNCİ BÖLÜM

TAŞKIN VE ŞEHİRLEŞME

Kentleşme süreci taşkın riskini artırır. Kentleşme geçirimsiz alanları artırır ve su sızmasını azaltır, bu da artan akış, taşkın tepe noktaları ve taşkın hacimleriyle sonuçlanır. Hızlı kentleşme nedeniyle yüksek taşkın zararlarının meydana geldiği tespit edilmiştir.

1.1. Kentsel Gelişimin Taşkınlar Üzerindeki Etkileri

Kentsel gelişimle ilişkili arazi kullanımındaki değişiklikler, taşkın baskınlarını birçok yönden etkiler. Bitki örtüsünü ve toprağı kaldırmak, arazi yüzeyini derecelendirmek ve drenaj ağları inşa etmek, yağış ve kar erimesinden akarsulara akışı artırır. Sonuç olarak, yakındaki akarsularda pik deşarj, hacim ve taşkın sıklığı artar. Kentsel gelişim sırasında akarsu kanallarındaki değişiklikler, taşkın sularını iletme kapasitelerini sınırlayabilir. Taşkın tehlikesi olan alanlarda inşa edilen yollar ve binalar, yeni geliştirmeler devam ettikçe, su baskını ve erozyon dâhil olmak üzere artan taşkın tehlikelerine maruz kalmaktadır. Akarsu akışı ve bunun arazi kullanımından nasıl etkilendiği hakkında bilgi, toplulukların mevcut ve gelecekteki taşkın baskınlarına karşı savunmasızlıklarını azaltmalarına yardımcı olabilir.

1.1.2. Kentsel Gelişiminin Hidrolojik Etkileri

Akarsular, kar veya yer altı akışı olarak hareket eden yağış ve kar erimesinden gelen akışla beslenir. Taşkınlar, büyük miktarlardaki yüzey akışının hızlı bir şekilde akarsulara ve nehirlerle akması durumunda meydana gelir. Bir selin tepe deşarjı, fırtınaların ve kar erimesinin yoğunluğu ve süresi, akarsu havzalarının topografyası ve jeolojisi, bitki örtüsü, fırtına ve kar erimesi olaylarından önceki hidrolojik koşullar dâhil olmak üzere birkaç faktörden etkilenir. Arazi kullanımı ve diğer insan faaliyetleri, yağış ve kar erimesinin nasıl depolandığını ve arazi yüzeyinden akarsulara nasıl aktığını değiştirerek taşkınların en yüksek deşarjını da etkiler.

Ormanlar ve çayırlar gibi gelişmemiş alanlarda, yağışlar ve eriyen karlar bitki örtüsü üzerinde, toprak sütununda veya yüzey çöküntülerinde toplanır ve depolanır. Bu depolama kapasitesi dolduğunda, akış, yeraltı akışı olarak topraktan yavaşça akar. Buna karşılık, arazi yüzeyinin çoğunun yollar ve binalarla kaplı olduğu kentsel alanlar,

yağış ve kar erimesini depolamak için daha az kapasiteye sahiptir. Yolların ve binaların inşası genellikle arazi yüzeyinden bitki örtüsü, toprak ve çöküntülerin kaldırılmasını içerir. Geçirgen toprağın yerini yollar, çatılar, otoparklar ve kaldırımlar gibi az su depolayan, suyun toprağa sızmasını azaltan vehendeklere ve akarsulara akışı hızlandıran geçirimsiz yüzeyler alır. Çimlerin ve diğer geçirgen çevre düzenlemesinin yaygın olabileceği banliyö bölgelerinde bile yağış ve kar erimesi ince toprakları doyurabilir ve hızla akan kara akışına neden olabilir

1.1.3. Akış kanallarına Ve Taşkın Yataklarına Yapılan Değişiklerin Hidrolojik Etkileri

Akarsu kanalları ve taşkın yatakları boyunca gelişme, bir kanalın suyu taşıma kapasitesini değiştirebilir ve belirli bir deşarja karşılık gelen su yüzeyinin yüksekliğini (aşama olarak da bilinir) artırabilir. Özellikle köprüler gibi taşkın yatağını işgal eden yapılar, kanalın genişliğini daraltarak ve kanalın akışa karşı direncini artırarak memba taşkını artırabilir. Sonuç olarak, su, engeli geçerek akarken daha yüksek bir aşamadır ve yukarı yönde daha büyük bir alanı sular altında bırakacak bir durgun su oluşturur. Sel sularının taşıdığı tortu ve döküntüler bir kanalı daha da daraltabilir ve taşkınları artırabilir. Bu tehlike en çok menfezlerin, köprülerin veya enkazın toplandığı diğer yerlerin akış yukarisindedir. Küçük akarsu kanalları, örneğin yetersiz menfezler nedeniyle tortu ile doldurulabilir veya enkazla tıkanabilir. Bu, akış için çıkışı olmayan kapalı bir havza oluşturur.

Kanallar, sel suyunu ve molozu akış aşağı hızlı bir şekilde iletmek için tasarlanabilse de bu yaklaşımın yerel faydaları, akış yönünde artan taşkın olasılığına karşı dengelenmelidir. Kentsel akarsulardaki erozyon, kentsel gelişimin bir başka sonucunu temsil eder. Kentsel akarsulardaki sık su baskınları, kanal ve banka erozyonunu artırır. Kanalların düzleştirildiği ve kanal bankalarından bitki örtüsünün kaldırıldığı yerlerde, akarsu akış hızları artacak ve bir akarsuyun daha fazla tortu taşımaya izin verecektir. Birçok kentsel alanda, akarsu kıyısı erozyonu yollar, köprü ve diğer yapılar için süregelen bir tehdidi temsil eder ve akarsu kıyılarını sertleştirerek bile kontrol edilmesi güçtür. Sel sularının taşıdığı tortu ve döküntüler bir kanalı daha fazla daraltabilir ve taşkınları artırabilir.

Bu tehlike en çok menfezlerin, köprülerin veya enkazın toplandığı diğer yerlerin akış yukarısındadır. Küçük akarsu kanalları, örneğin yetersiz menfezler nedeniyle tortu ile doldurulabilir veya enkazla tıkanabilir. Bu, akış için çıkışı olmayan kapalı bir havza oluşturur. Kanallar, taşkın suyunu ve molozu akış aşağı hızlı bir şekilde iletmek için tasarlanabilse de bu yaklaşımın yerel faydaları, akış yönünde artan taşkın olasılığına karşı dengelenmelidir.

1.1.4. Kentsel Gelişimin Taşkın Değişimi Ve Sıklığına Etkileri

Kentsel gelişimin ortak sonuçları, artan tepe deşarjı ve taşkın sıklığıdır. Tipik olarak, bir akarsudaki yıllık maksimum deşarj, kentsel gelişme meydana geldikçe artacaktır ancak artış bazen Mercer Creek için 1960'dan 2000'e kadar olan yıllık maksimum deşarjda görüldüğü gibi, fırtınalardaki yıldan yıla önemli değişikliklerle maskelenmektedir. Karşılaştırıldığında, kırsal Newaukum Deresi için yıllık maksimum deşarj dönem boyunca değişmiştir ancak net bir eğilim göstermemiştir. Kentsel havzalardaki gelişmenin etkileri, en çok kurak dönemleri izleyen orta şiddetteki fırtınalarda belirgindir. Islak dönemlerde daha büyük fırtınalar için kırsal havzalardaki toprak doymun hale gelir ve bir kentsel havzada olduğu gibi ek yağış veya kar erimesi akar.

1.1.5. Kentsel Alanlarda Taşkın Tehlikelerinin Azaltılması

Geliştirme aşamasındaki havzaların taşkın tehlikelerini azaltmak için birçok yaklaşım bulunmaktadır. Sel eğilimli olarak tanımlanan alanlar, ara sıra su basmasını tolere edebilen parklar ve oyun alanları için kullanılmıştır. Binalar ve köprüler yükseltildi, taşkın duvarları ve setlerle korundu veya geçici su baskınlarına dayanacak şekilde tasarlandı. Drenaj sistemleri, yüksek yüzey akışlarını tutma ve iletme kapasitelerini artırmak için genişletildi; örneğinsu depolamak için çatıları ve otoparkları kullanmak olabilir. Sızma hendekleri, geçirgen kaldırımlar, toprak değişiklikleri ve geçirimsiz yüzeylerin azaltılması gibi suyun toprak sütununda sızmasını ve depolanmasını destekleyen teknikler de bu alanlardan akışı azaltmak için yeni ve mevcut konut ve ticari gelişmelere dâhil edilmiştir(url-2).

1.2. Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, İstanbul Esenyurt ilçesindeki arazilerin kullanımı ve kentsel büyümenin taşkın hidrograflarını üzerindeki etkisinin incelemektir. Çalışma 2002–2020 nüfus veri tabanına, uydu görüntüleri sistemi verilerine ve uzaktan algılama yöntemlerine dayanmaktadır. Çalışma, 2002–2020 dönemi boyunca kentsel gelişmelere bağlı olarak tarımsal ve doğal arazi alanlarının önemli ölçüde kaybını ortaya çıkarmıştır.

1.3. Literatür Özeti

Mehmet (2002), Türkiye'nin son yıllardaki yağış verileri incelendiğinde düzensiz bir dağılım görülmektedir. Öte yandan günümüzde yıllar yaklaştıkça taşkın kaynaklı can ve mal kayıplarında artış görülmektedir. Bunun başlıca nedenleri yıllar içinde artan nüfus yoğunluğu, yanlış yerleşim ve plansız yapılaşma olarak gösterilebilir.

Emin ve diğ (2016), dünya ve Türkiye'de taşkınlar mal ve can kayıplarının en büyük nedenlerden biridir, Hidrolik modelleme USACE (US Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilen Nehir Analiz sistemi HEC RAS ve HEC HMS kullanılmıştır.

Hyeonjun ve diğ. (2014), artan nüfus ve yapıli alanlara göç, dünya genelinde kentleşme biçiminde arazi kullanımı değişikliğini tetikliyor ve 2050 yılına kadar dünya nüfusunun yaklaşık %70'inin kentsel alanlarda yaşaması bekleniyor.

Beyazit ve diğ (2020), Türkiye'nin en önemli turizm merkezlerinden biri olan Bodrum'da artan kentleşmenin neden olduğu taşkınların yaşandığı beş havza incelenmiştir. İlk olarak 1984, 2010, 2011 ve 2019 yıllarına ait uydu görüntülerine göre Doğal Kaynakları Koruma Hizmeti eğri sayısı yöntemi kullanılarak kentleşme değişikliklerinin taşkın boyutuna etkisi hesaplanmıştır. Daha sonra, havzaların taşkın riski haritalarını oluşturmak için çok kriterli karar verme modeli kullanıldı. Çalışma sonucunda 1984 yılından 2019 yılına kadar olan dönemde kentleşmedeki artışın taşkın akışlarının artmasına ve risk altındaki alanların boyutlarının artmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

Leslie A, Muñoz ve diğ (2018a), Houston Metropolitan İstatistik Bölgesi, son yıllarda hızlı nüfus artışı yaşadı. Bu büyümenin 1980-2000 dönemi boyunca Sims Bayou'daki akarsu akışları ve 100 yıllık taşkın yatağı boyutu üzerindeki etkisi araştırılmış ve rapor edilmiştir.

Leslie A, Muñoz ve diğ. (2018b), Zaman içindeki gelişme ve geçirimsizlik, Harris County Appraisal District ve Fort Bend Central Appraisal District tarafından sağlanan parsel verileri ve havadan alınmış fotoğrafları kullanılarak belirlendi. Yıllık akış hacminde zaman içindeki değişim incelendi ve istatistiksel olarak anlamlı bir artış eğilimine sahip olduğu bulundu. Yıllık anlık tepe akışlarının benzer bir analizi, değerlerinde bir artış eğiliminin belirgin olmamasına rağmen değişkenliklerinde istatistiksel olarak fark edilebilir bir artış olduğunu göstermiştir.

Kyoung Jae ve diğ. (2007), Doğrudan akışı tahmin etmek için birçok hidrolojik modelde eğri sayısı (CN) yönteminin yaygın olarak kullanılmasına rağmen ilk soyutlamanın tahmini doğrudan akış üzerindeki etkilerini araştırmak için birkaç çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, yüzde 5'lik bir I_a/S değeri için değiştirilmiş CN değerleri ile günlük doğrudan akışı tahmin etmek için ilk soyutlamanın (I_a) depolamaya (S) yüzde 5'lik bir oranının kullanımı Uzun Vadeli Hidrolojik Etki Değerlendirmesi (L) kullanılarak araştırıldı. (L -THIA) coğrafi bilgi sistemi (CBS). Ek olarak, şehirleşme nedeniyle hidrolojik toprak grubunun değişmesinin tahmini akış üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

L-THIA modeli, Indiana Little Eagle Creek havzasına, kentleşmeye bağlı hidrolojik toprak grubu değişimi dikkate alınarak yüzde 5 ve yüzde 20 I_a/S değerleriyle uygulandı. Sonuçlar, model çalışmalarında kentleşmiş alanlar için yüzde 5 I_a/S ve değiştirilmiş CN değerleri ve Hidrolojik Toprak Grubu D kullanımının uzun vadeli doğrudan akış tahminini iyileştirebileceğini göstermektedir.

Francisco ve diğ. (2007), bir havzanın hidrolojik tepkisini değiştirmeden kentleşme kapasitesi ve bu tepki ile gelişmiş alanların mekansal konfigürasyonu arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma, Teksas, Houston'ın kuzeybatısında bulunan Whiteoak Bayou havzasında (223 km²), 1949'dan 2000'e kadar bir analiz dönemi boyunca yürütülmüştür. Yıllık gelişme verileri, Harris County Değerlendirme Bölgesi tarafından toplanan parsel verilerinden elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak, her yıl için havza kentsel alanlarının mekansal konfigürasyonunun ölçüleri hesaplanmıştır.

Regresyon modellerine dayalı olarak, yıllık akış derinliklerinin ve yıllık tepe akışlarının, yıllık yağış derinliğine, gelişmiş alana ve zirve akışının gerçekleştiği gün ve gündeki maksimum 12 saatlik yağış derinliğine bağlı olduğu belirlenmiştir. Havzanın %10 geçirimsiz alana ulaştığı 1970'lerin başından itibaren, yıllık akış derinliklerinin ve tepe akışlarının sırasıyla %146 ve %159 oranında arttığı bulunmuştur. Ancak, artışın sırasıyla sadece %77 ve %32'sinden kentleşme sorumluyken, kalan %39 ve %96'sından yağış değişiklikleri sorumludur. Benzer şekilde, kalkınma verilerinin bir analizi, 1970'lerin başlarından başlayarak, havzadaki kentleşmenin, yenilerini oluşturmaktan çok, halihazırda gelişmiş alanları birbirine bağlamaktan ibaret olduğunu gösterdi; bu, havzanın taşıma kapasitesini artırır ve tepkisindeki değişimi açıklar. Sonuçları genelleştirmeden önce, farklı kentleşme modelleri ile diğer kentsel havzalar üzerinde daha fazla araştırma yapılması gerekli görünmektedir.

Chen ve diğ. (2017), L-THIA modelinin bir türevi olan L-THIA Tablo Aracını kullanarak bitişik ABD'de 2001, 2006 ve 2011 için yüzey akışı üzerindeki kentleşme etkilerini incelemiştir. Çalışma, bitişik ABD eyaletleri tarafından 2001, 2006 ve 2011 için normalleştirilmiş ortalama yıllık akış derinliğini (NAARD) değerlendirdi; nüfus değişiminin kentsel gelişme için tutarlı bir gösterge olup olmadığını araştırdı; daha sonra ABD tarafından 2001, 2006 ve 2011 için NAARD'ın bir değerlendirmesini yaptı. Son olarak, şehirleşmeye bağlı olarak ulusal ortalama yıllık akış hacmi artışının değerlendirilmesi verilmiştir. Akış değişikliği analizi şunları ortaya çıkarmıştır.

Bitişik ABD'deki ilçelerin çoğunluğu 2001-2011 döneminde düşük akış ilçeleriydi ve kentsel alanlardan uzun vadeli normalleştirilmiş ortalama yıllık akış derinliği 17,8 mm'den azdı. Bununla birlikte, kentsel yayılmanın metropoliten çevresindeki banliyölere ve metropoliten alanlar içindeki yeni kentleşen alanlara yayılması, daha orta ve çok yüksek akışlı ilçelere neden olmuştur; (ii) 2011'deki ilk on NAARD eyaleti için, NAARD değerleri, yüksek yağış ve artan kentsel araziden ortaklaşa etkilenirken, 2011'deki ilk on NAARD değişim yüzdesi durumu, düşük yağışlı bölgelerde ağırlıklı olarak Batı ABD'de yer almaktadır ve bunların NAARD değerleri esas olarak kentsel arazideki yüksek artışlardan etkilenmiştir.

Ulusal olarak, 2001'den 2011'e kadar kentleşme nedeniyle yaklaşık 3,3 milyar metreküp yıllık ortalama akış elde edildi ve Nüfus artışları, kentsel gelişmede bir

faktördür, ancak nüfus, kentleşme düzeylerinin iyi bir göstergesi değildir, çünkü bazı bölgeler azalan nüfusa, ancak artan kentsel arazi alanına maruz kalmıştır. Bu nedenle, tek başına nüfus değişimi, kentsel gelişmedeki artışı analiz etmek için yeterli bir yöntem değildir.

Ludovic ve diğ., (2018) kentleşmenin taşkın, kuraklık ve genel nehir rejimi üzerindeki etkileri son birkaç yılda büyük ölçüde araştırılmıştır. Ancak bu tür etkilerin nicelleştirilmesi ve tahmin edilmesi hidrolojide hala bir zorluk olmaya devam ediyordu.

Akyurek ve diğ. (2015), son yıllarda sel, dünyanın birçok yerinde hem genel halk hem de hükümetler açısından artan bir endişe haline geldiğini söylemişlerdir. Kısa sürede meydana gelen daha yoğun yağış olaylarını tetikleyen iklim değişikliği, kırsal ve kentsel alanlarda sel baskınlarına neden olmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde kentleşmiş bir alan olan Samsun-Terme'de taşkın modellenmesi yapılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

METARYAL VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada Esenyurt ilçesinin (İstanbul) 18 yıllık zaman diliminde (2002-2020) şehirleşme etkisi altında taşkınlarının değişimi araştırılmıştır. Kentleşmeyle birlikte (geçirimsiz yüzeylerin artışı), geçirgen toprak yüzey alanı azalmaktadır. Bundan dolayı yağışlar büyük ölçekte yüzeysel akışlara dönüşerek taşkınların büyümesine sebebiyet vermektedir.

2.1. Çalışma Alanı

Şekil 2’de uydu görüntüsünde gösterildiği gibi İstanbul’un Avrupa yakasında yer alan Esenyurt ilçesi, (41°02’03.41”K 28°40’48.43”D) doğuda Avcılar ve Küçükçekmece Gölü, batıda Büyükçekmece, kuzeyde Başakşehir, Arnavutköy ve TEM yolu, güneyde Beylikdüzü ve E-5 karayolu ile sınır komşusudur. Çalışma için seçilmiş bölge 34 km²’lik bir alan kaplar. Esenyurt ilçesi önemli bir göç bölgesi olması nedeniyle bölge nüfusu son yıllarda yoğunlaşmıştır (url-3).



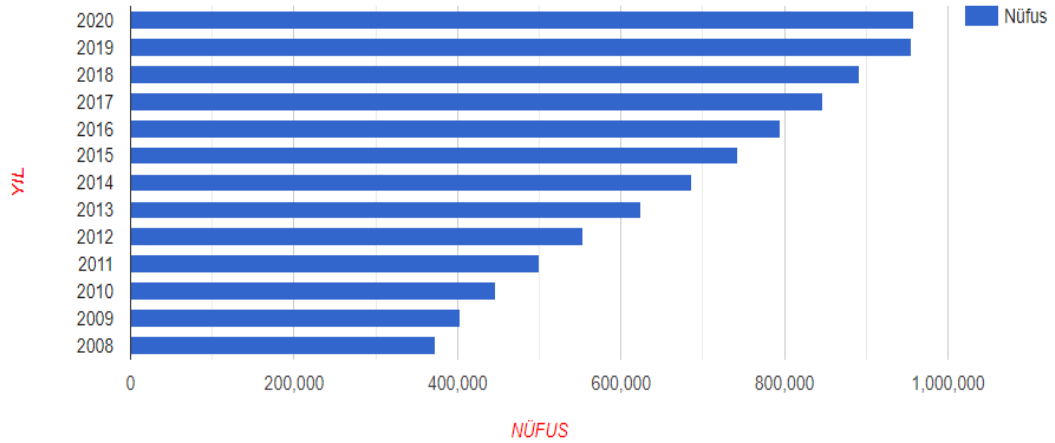
Şekil 2. Çalışma alanının yerleşim yeri (Google Earth Pro).

Kontrolsüz nüfus artışı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde gıda kıtlığı, kayıt dışı yerleşimler, çevre kirliliği, ekolojik yapının tahribatı, işsizlik vb. gibi ciddi sorunlara neden olmaktadır. Bu olgu, şehir planlamacılara olanak sağlamak için uzay teknolojileri gibi ileri metodolojileri gerektirecektir. Türkiye'de istenmeyen nüfus artışı sonucunda sürekli olarak yeni yerleşimler oluşmakta ve mevcut yerleşim alanlarında olumsuz gelişmeler ve değişimler meydana gelmektedir. Türkiye'nin İstanbul, İzmir, Ankara, Adana, Bursa, Kocaeli ve Antalya gibi kitlesel göçlerin yaşandığı büyük şehirlerde önemli kentsel gelişme ve değişimler meydana geldi. Sonuç olarak, çoğunlukla kontrolsüz nüfus artışının kentsel çevre üzerindeki olumsuz etkileri sürekli olarak izlenmelidir. Tablo 1'de Esenyurt ilçesinin 2008 ile 2020 yılları arasında nüfus değişimi gösterilmiştir. Ayrıca Grafik 1'de Esenyurt ilçesinin nüfusu yıllara göre artış grafiği verilmiştir.

Tablo 1. Farklı yıllara göre nüfus artışı (url-3)

Yıl	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Nüfus	373.017	403.895	446.777	500.027	553.369	624.733	686.968

Yıl	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nüfus	742.810	795.010	846.492	891.120	954.579	957.398

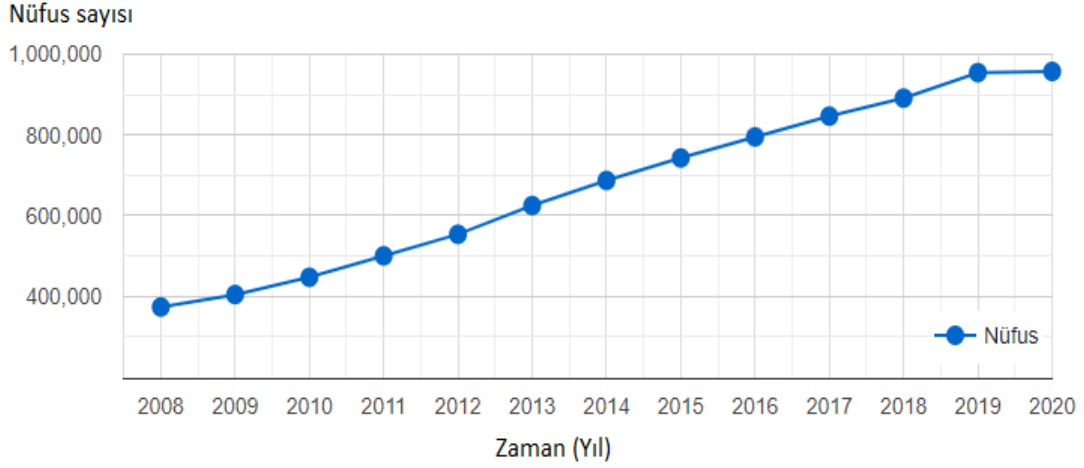


Grafik 1. Esenyurt ilçesi ilçesi nüfus artış grafiği(url-3)

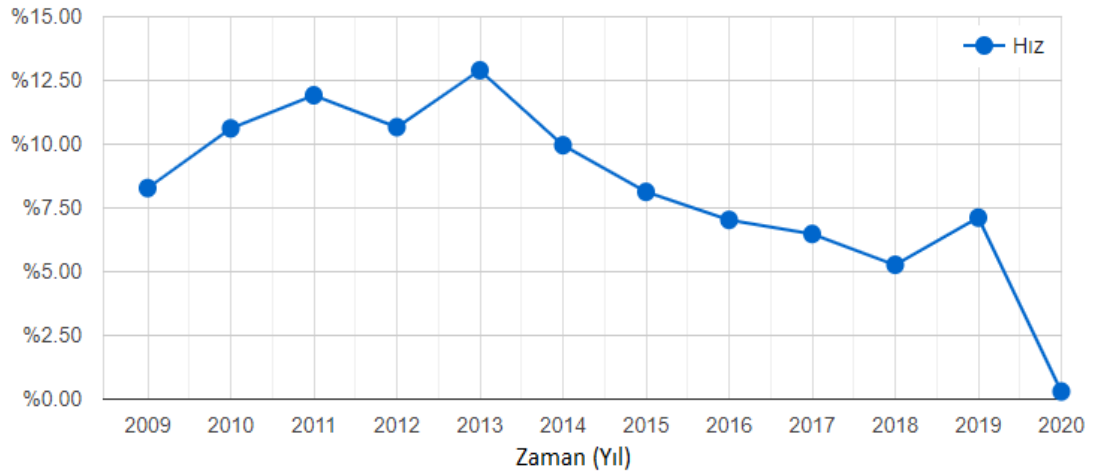
Tablo 1 ve Grafik 1'den anlaşılacağı üzere yıllara göre nüfus artışı görülmektedir. 2008 yılında nüfus 373017 kişi iken 2020'de 957398 kişiye çıkmıştır. Nüfus oranı ile kentleşme, birbiriyle doğru orantıda olduğu söylenebilir.

Grafik 2'de gösterildiği gibi 2008 yılında Esenyurt ilçesi nüfusu 373017 kişi ve 2019 yılında 954579 kişi gösterilmiştir. Grafik 3'te ise nüfus değişim yüzdesi

göstermektedir. 2009-2011 yılında % 8,28 hız ile artan nüfus 2013 yılında daha çok artmıştır ve % 12,9'a kadar ulaşmıştır.2019-2020 yıllar arası artış düşmüştür, hatta 2020 yılında artış hızı sıfır kabul edilebilir



Grafik 2. Esenyurt ilçesi'un 2008-2020 yılları arasında nüfus değişimi(url-3) .



Grafik 3. Esenyurt ilçesi Nüfus değişim yüzdesi(url-3)

2.2.Veriler

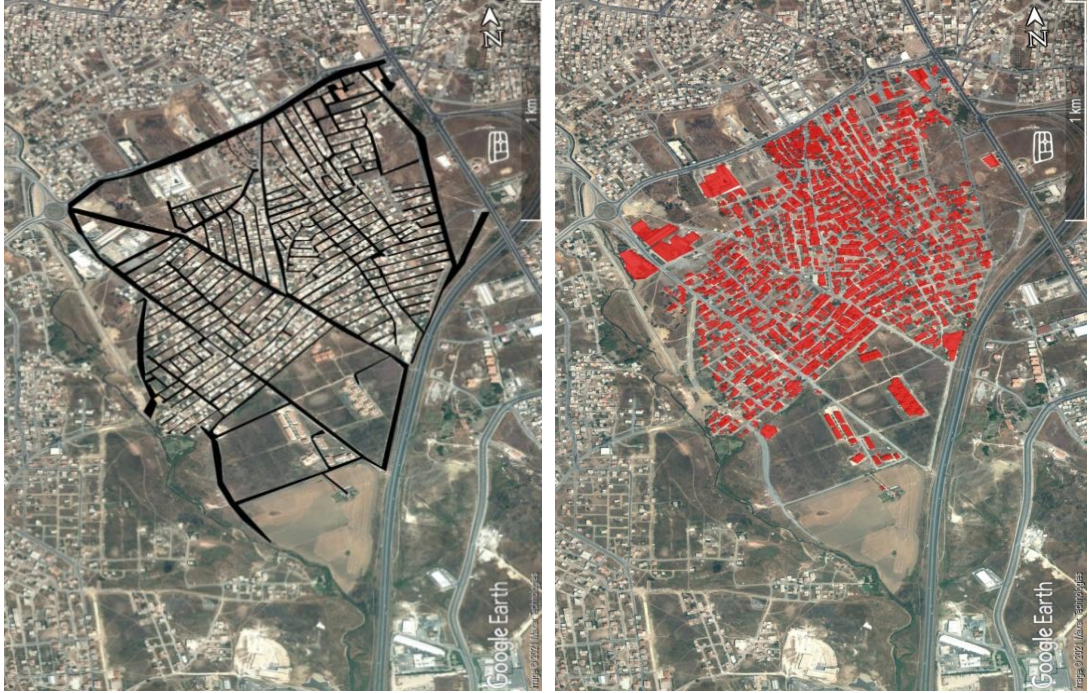
Bu tez çalışmasında çeşitli zamanlarda arazi kullanımı haritaları, toprak tipi haritası, çalışma alanına ait topografik veri ve yağışların istatistik analizi verileri kullanılmıştır.

2.2.1. Çalışma Alanına ait Arazi Kullanım Haritaları

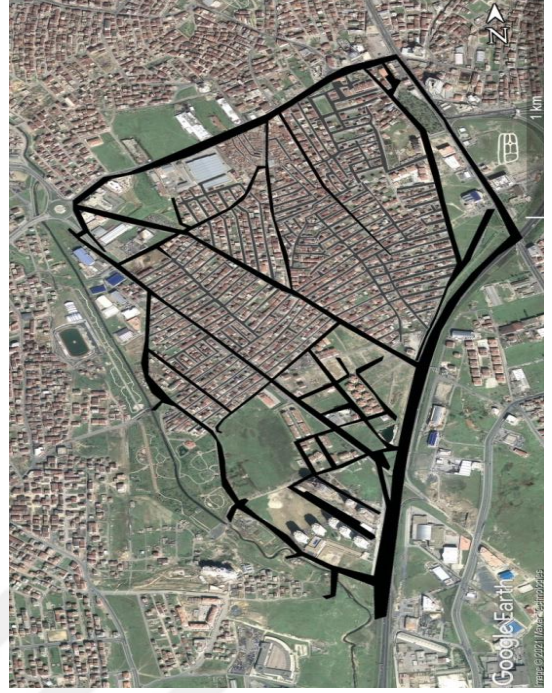
Bu tezde araştırılan havza alanı 34 km²'dir (Şekil 2). Ancak son 20 yılın arazi kullanımı değişiklikleri ile ilgili resmi veriler bulunmadığı için bu tez çalışmasında sadece Şekil 2'de sarı renk ile belirlenmiş alan için çeşitli yıllara ait arazi kullanımı değişiklikleri elde edilmiştir. Bu bölge Esenyurt ilçesi havzasını temsil etme özelliğine sahip olma kanaatine karar varılmıştır. Seçilen bölgede fabrikalar, yerleşim bölgeleri (Mahalle), rezidanslar ve parklar yer aldığı için örnek bölgesi olarak alınmıştır. Bu işlem için "Google Earth pro" programı kullanılmıştır. Google Earth programı geçmiş yıllara ait uydu görselleri sunmaktadır.

Şekil 2'de sarı çizgi ile sınırlanan bölgede 2002, 2010, 2015 ve 2020 yıllarına ait dört kategoride değişimler manuel bir şekilde çizilerek elde edilmiştir. Bu dört kategori bina, asfalt caddeler, taş kaldırım ile döşenmiş sokaklar ve boş arazi ile parklardan oluşmuştur.

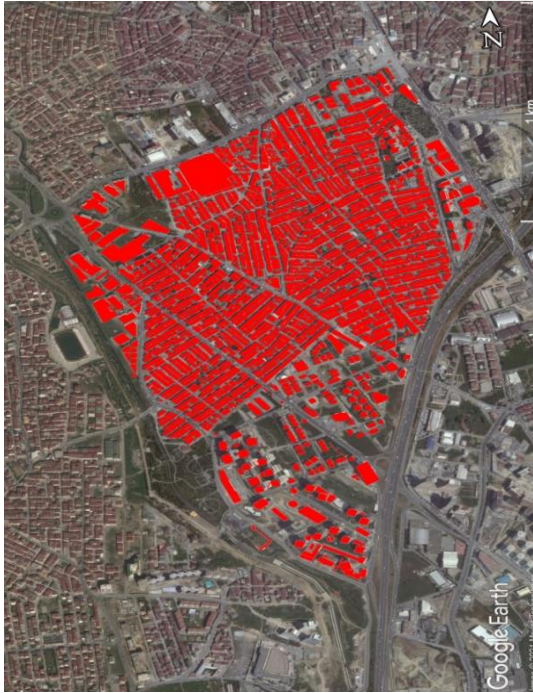
Bahsedilen yıllara ait (2002, 2010, 2015 ve 2020) görseller Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Bu şekillerde kırmızı alanlar binaları, siyah alanlar asfalt caddeleri ve gri alanlar ise taş kaldırımla döşenen sokakları göstermektedir. Ayrıca boş arazi ve parklar (geçirimliliği yüksek olan araziler) boyanmamıştır.



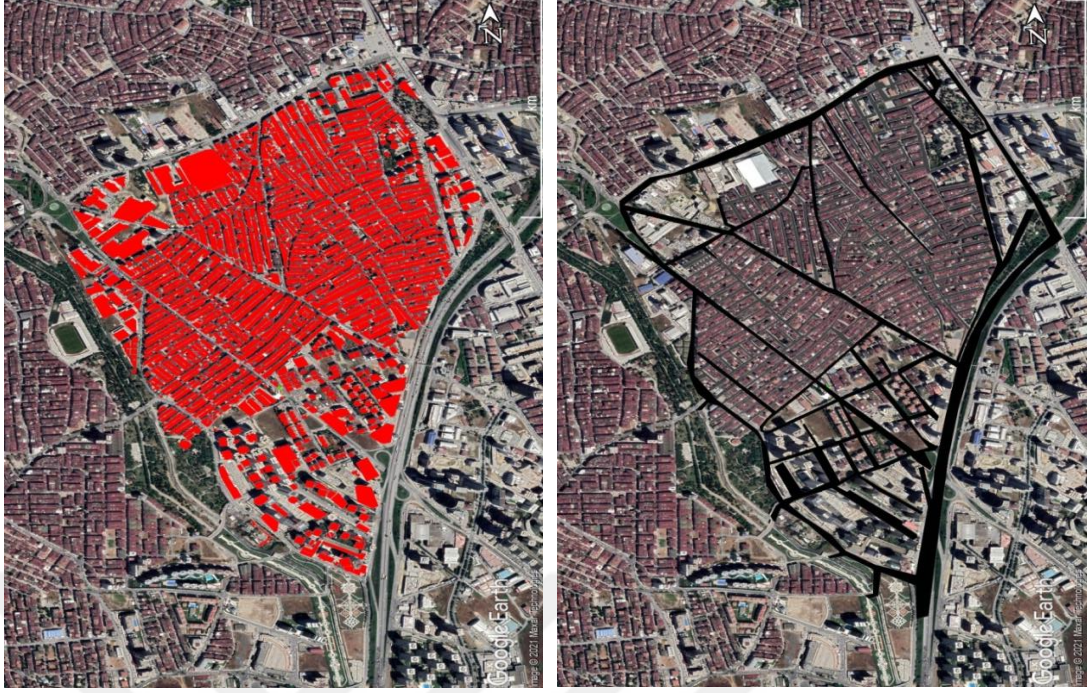
Şekil 3. 2002 yılına ait bina alanı ve asfalt yolları.



Şekil 4. 2010 yılına ait fotoğraflar.



Şekil 5. 2015 yılına ait fotoğraflar.



Şekil 6. 2020 yılına ait fotoğraflar

Farklı yıla ait (2002, 2010, 2015 ve 2020) arazi kullanım değişikliği 4 kategoride elde edilmiştir ve her biri için ayrı ayrı Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’den anlaşıldığı üzere 2002 yıllarında boş arazi bina oranına göre fazla olup (yaklaşık 4 katı) kentleşme durumu fazla değildir. Sızma miktarı fazla olduğu için yağışların akışa dönüşmesinin az olması beklenmektedir. Bu yıla ait uydu görüntülerinde çok net olmadığı için sokakların taş kaldırımla kaplı olup olmadığı anlaşılmadığı için sokaklar asfalt kaplı olarak kabul edilmiştir. Binaların alanındaki artış 2010 yılında (2002 yılına göre) yaklaşık %50 oranında arttığı söylenebilmektedir. Bu artış 2015 yılında (2010 a göre) yaklaşık %17 ve 2020 yılında ise %7 artış göstererek 830698 m² olmuştur (2015 e göre).

Tablo 2. Çesitli yıllara ait zamin örtüsünün değişimi

Yıl	Bina (m ²)	Taş kaldırım (m ²)	Asfalt (m ²)	Boş Arazi (m ²)	Toplam (m ²)
2002	432558	0	52077.66	1736329	2220965
2010	657808	170629.25	340680.8	1051847	2220965
2015	773140	176956	363929	906940	2220965
2020	830698	177095	364107	849065	2220965

Tablo 2 incelendiğinde araştırma süresinde (2002-2020) sokak ve cadde alanında büyük değişim olmadığı ve sadece boş arazinin büyük bir kısmında binalar inşa edilmiştir.

2.2.2. Toprak Tipi

Eğri sayısı, toprak tipi, toprak sızma kapasitesi, arazi kullanımı ve mevsimsel yüksek su tablasının derinliği ile ilgilidir. Farklı toprakların sızma kabiliyetini hesaba katmak için NRCS (Natural Resources Conservation Service) toprakları dört hidrolojik toprak grubuna (HSG'ler) ayırmıştır. Aşağıdaki gibi tanımlanır.

HSG Grup A (düşük akış potansiyeli): Tamamen ıslandığında bile yüksek sızma oranlarına sahip topraklardır. Bunlar esas olarak derin, iyi drene edilmiş kum ve çakıllardan oluşur. Bu topraklar yüksek oranda su geçirgenliğine sahiptir (saatte (7,6 mm)'den yüksek nihai sızma hızı).

HSG Grup B: Tamamen ıslandığında orta derecede sızma oranlarına sahip topraklardır. Bunlar esas olarak orta derecede derinden derine, orta derecede iyi drene edilmiş ile iyi drene edilmiş, orta derecede ince ile orta derecede kaba dokulu topraklardan oluşur. Bu topraklar orta derecede su iletim hızına sahiptir (saatte (3,8-7,6 mm) nihai sızma hızı).

HSG Grup C: Tamamen ıslandığında yavaş sızma oranlarına sahip topraklardır. Bunlar esas olarak suyun aşağı doğru hareketini engelleyen bir tabakaya sahip topraklardan veya orta inceden ince dokuya kadar olan topraklardan oluşur. Bu topraklar yavaş bir su iletim hızına sahiptir (nihai sızma hızı saatte (1,3-3,8 mm)).

HSG Grup D (yüksek akış potansiyeli): Tamamen ıslandığında çok yavaş sızma oranlarına sahip topraklardır. Bunlar esas olarak yüksek şişme potansiyeline sahip killi topraklardan, sürekli yüksek su tablasına sahip topraklardan, yüzeyde veya yakınında kil tabakası veya kil tabakası olan topraklardan ve neredeyse geçirimsiz malzemelerin üzerindeki sığ topraklardan oluşur. Bu topraklar çok yavaş bir su iletim hızına sahiptir (nihai sızma hızı saatte (1,3 mm)'den az).

Bir hidrolojik toprak grubunun seçimi, ölçülen sızma oranlarına, toprak etüdüne (NRCS Web Toprak Araştırması gibi) veya kalifiye bir toprak bilimi veya jeoteknik uzmanının kararına dayalı olarak yapılmalıdır. Tablo 6’da çeşitli toprak sınıflarda arazi kullanımına ait eğri numaralarını sunmuştur. Şekil 7 ‘de gösterildiği gibi çalışma alanına ait b toprak tipi seçilmiştir (url-4).



Şekil 7. Çalışma alanına ait toprak tipi haritası.

2.2.3. Yağış verileri

Çalışma alanı (Havza sınırları kırmızı çizgi ile belirlenen) ile Florya yağış ölçüm istasyonu arasındaki mesafe 10 km’dir (Şekil 8). Florya meteoroloji istasyonu koordinatı 40°58'32.9"K 28°47'11.4"D ve Meteoroloji Genel Müdürlüğüne aittir. Ayrıca bu istasyonun bilgileri Tablo 3’de verilmiştir. Bu istasyona ait yağış ölçümlerinden çeşitli dönüş aralıklı yağış değerleri elde edilmiştir ve Tablo 4 ve Tablo 5’de sunulmuştur (İski İstanbul Master Plan) (url-5).



Şekil 8. Esenyurt ilçesi havzası ve Florya istasyonu konumu (Google Earth Pro).

Tablo 3. Florya İstasyon Bilgisi

İstasyon Adı	İstasyon No	Durum (K:Kapalı,A:Açık)	Başlangıç Yılı	Kapanış Yılı	Kayıt Yıl Sayısı	Rakım (m)
Florya	17636	A	1936		82	36

Tablo 4. Florya istasyonu 24 saatlik yağışların frekans analizi

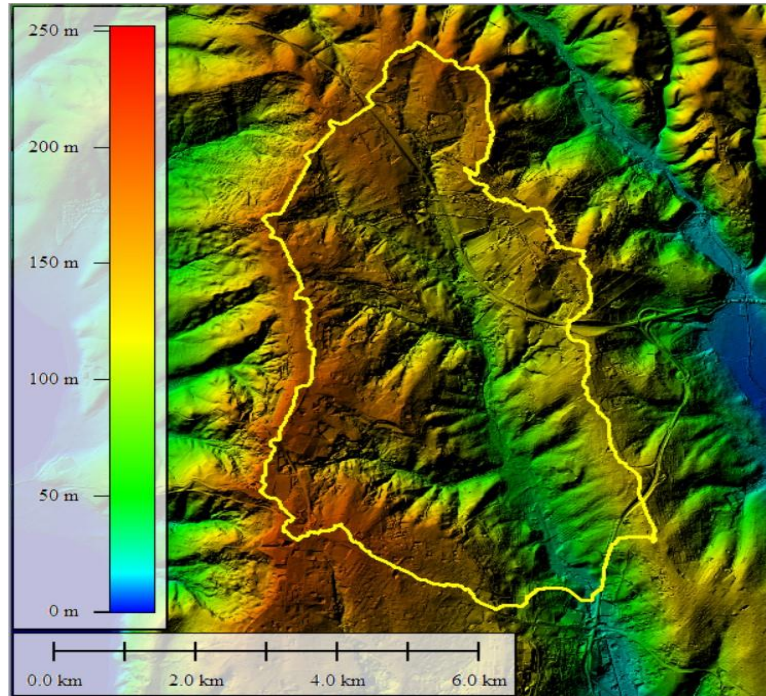
Tekerrür Periyodu (Yıl)	Yağış (mm)
2	47.2
3	57.5
4	64.1
5	69
10	83.4
20	97.3
25	101.7
50	115.7
100	128.7
200	142.1
500	159.7

Tablo 5. Florya istasyonu yıllık maksimum kısa süreli yağışların istatistiksel değerleri

Süre	Tanım	Yağış (mm)
2 Saat	Maksimum	58,2
	Ortalama	22,8
3 Saat	Maksimum	62,4
	Ortalama	23,0
4 Saat	Maksimum	67,8
	Ortalama	27,8
6 Saat	Maksimum	87,0
	Ortalama	32,2
8 Saat	Maksimum	104,4
	Ortalama	34,9
12 Saat	Maksimum	125,2
	Ortalama	38,9
18 Saat	Maksimum	164,1
	Ortalama	45,0
24 Saat	Maksimum	173,3
	Ortalama	51,2

2.3.Topografik Veri

Bu tezde kullanılan topografik harita, CBS uzmanları tarafından temel harita olarak ve herkes tarafından referans haritası olarak kullanılmak üzere tasarlanmıştır (Şekil 9). Bu verilerin çözünürlüklüğü 5 m'dir. Bu veriler hidrolojik çalışmalar için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 9. Esenyurt ilçesi havzası DEM haritaları.

2.4.Yağış

Yağmur, su döngüsünün önemli bir bileşenidir ve dünyadaki tatlı suyun çoğunun birikmesinden sorumludur. Birçok ekosistem türü için uygun koşulların yanı sıra hidroelektrik santraller ve mahsul sulama için su sağlar.

Yağmur üretiminin ana nedeni, hava cepheleri olarak bilinen üç boyutlu sıcaklık ve nem kontrastları boyunca hareket eden nemdir. Yeterli nem ve yukarı doğru hareket varsa, yağış, dar yağmur bantları halinde organize olabilen cumulonimbus (gök gürültüsü bulutları) gibi konvektif bulutlardan (yukarı doğru güçlü dikey harekete sahip olanlar) düşer. Dağlık alanlarda, nemli havayı yoğunlaşmaya ve dağların kenarları boyunca yağış olarak düşmeye zorlayan yükseklikte arazinin rüzgârlı taraflarında yukarı eğimli akışın maksimum olduğu yerlerde yoğun yağış mümkündür. Dağların rüzgaraltı tarafında, yamaç aşağı akışının neden olduğu kuru hava nedeniyle hava kütlelerinin ısınmasına ve kurummasına neden olan çöl iklimleri olabilir. Muson oluşunun veya intertropikal yakınsama bölgesinin hareketi, savan iklimlerine yağışlı mevsimler getirir.

Kentsel ısı adası etkisi, şehirlerin rüzgâr yönünde hem miktar hem de yoğunluk olarak artan yağışa yol açar. Küresel ısınma, Doğu Kuzey Amerika'daki daha yağışlı koşullar ve tropik bölgelerdeki daha kuru koşullar da dâhil olmak üzere küresel olarak yağış düzeninde değişikliklere neden oluyor. Antarktika en kurak kıtadır. Dünya çapında ortalama yıllık yağış miktarı 715 mm'dir ancak tüm Dünya'da 990 mm ile çok daha yüksektir. Köppen sınıflandırma sistemi gibi iklim sınıflandırma sistemleri, farklı iklim rejimleri arasında ayırım yapmaya yardımcı olmak için yıllık ortalama yağışı kullanır. Yağış, yağmurölçerler kullanılarak ölçülür. Yağış miktarları hava durumu radarı ile tahmin edilebilir.

Yağmurun su yerine metan, neon, sülfürik asit ve hatta demirden oluşabileceği diğer gezegenlerde de biliniyor veya bundan şüpheleniliyor. (url-6)

Yağış, ister karada ister suda olsun, yeryüzüne düşen yağmur (bulutlardan gelen su) şeklindeki yağış miktarıdır. Hava kütleleri ılık su kütleleri veya ıslak arazi yüzeyleri üzerinde hareket ettiğinde gelişir. Atmosferik türbülans ve konveksiyon, nemi veya su buharını bulutları oluşturacakları hava kütlelerine yukarı doğru taşır. Bulutlar sonunda yağmur olarak düşen bu su buharını serbest bırakır. Yağan yağmur

genellikle çapı yaklaşık (0,5 mm) veya daha büyük olan damlacıklardan oluşur. Bir grup daha küçük yağmur damlasına çiseleyen yağmur denir. Bulutlardan gelen yağışlar düşerken buharlaşıp yeryüzüne ulaşmadığında yağış olarak kabul edilmez. Yağışların yerel ve küresel olarak nasıl dağıldığı hakkında daha fazla bilgi edinmek için yağışı kontrol eden meteorolojik süreçler yoğun bir şekilde incelenir. (url-7)



Şekil 10. Su Döngüsü (url-8).

2.5.Yüzeysel Akış

Yüzeysel akış (kara akışı olarak da bilinir), yağmur suyu,, kar erimesinin suyu veya diğer kaynaklar artık toprağa yeterince hızlı bir şekilde sızamadığında yeryüzeyinde meydana gelen su akışıdır. Bu, toprak tam kapasitesine kadar su ile doyurulduğunda ve yağmurun toprağı emebileceğinden daha hızlı gelmesi durumunda meydana gelebilir. Yüzeysel akış genellikle, geçirimsiz alanlarda (çatı,asfalt yollar ve kaldırım gibi) suyun zemine girmesine izin vermediği için oluşur. Ayrıca, akış ya doğal ya da insan yapımı süreçler yoluyla gerçekleşebilir. Yüzeysel akış, su döngüsünün önemli bir bileşenidir. Su ile toprak erozyonunun birincil ajanıdır. Akışı oluşturan ve ortak bir noktaya akan kara alanına drenaj havzası denir.

$$\text{Yüzeysel Akış} = \text{Yağış} - (\text{İnfiltrasyon} + \text{Buharlaşma})$$

Bir kanala ulaşmadan önce zemin yüzeyinde meydana gelen akış, insan yapımı kirleticileri veya doğal kirlilik biçimlerini (çürüyen yapraklar gibi) taşıyabileceğinden,

noktasal olmayan bir kirlilik kaynağı olabilir. Akıştaki insan yapımı kirleticiler arasında petrol, böcek ilaçları, gübreler ve diğerleri bulunur.

Su erozyona ve kirliliğe neden olmanın yanı sıra, kentsel alanlardaki yüzey akışı, mülk hasarı, bodrumlarda nem ve küf ve sokak taşkınlarına neden olabilen kentsel taşkınların birincil nedenidir (url-9).

2.5.1. Yüzeysel Akışın Oluşumunu Etkileyen Faktörler

2.5.1.1 Yağış

Yağışın miktarı, süresi, çeşidi, şiddeti ve mevsimlere göre dağılımı önemlidir. Örneğin kısa süreli, miktarı fazla, yüksek yoğunlukta sağanak yağışlar oldukça fazla miktarlarda yüzeysel akışa neden olurlar. Bir bölgede kurak sezonda yağışın önemli bir bölümü buharlaşacağından yüzey akış azalacaktır. Kış mevsimlerinde don etkisiyle arazi yüzeyinde yüzey akış miktarı artmaktadır.

2.5.1.2 Yağış havzasının büyüklüğü ve şekli

Küçük yağış havzalarında büyüklere göre daha az yüzeysel akış oluşur. Yüzeysel akış üzerinde yağış havzasının şekli etkilidir. Havzalar çok uzun ve geniş olabildiği gibi dar ve kısa olmaktadır, dolayısıyla yüzey akış sularının havzanın üst bölümünden aşağı bölümüne ulaşma süreleri değişeceğinden yüzey akış miktarı da değişmektedir. Yüzeysel akış üzerinde yağış havzasının şekli etkilidir. Havzalar geniş ve çok uzun olabildiği gibi dar ve çok kısa olmaktadır, dolayısıyla yüzey akış sularının havzanın üst bölümünden aşağı bölümüne ulaşma süreleri değişeceğinden yüzey akış da değişmektedir.

2.5.1.3 Yağış havzasının topografyası

Yağış havzasının düz ya da dağlık olması yüzey akışın hızı, miktarı ve sızma bakımından önemlidir. Örneğin dağlık bölgelerde eğimin etkisiyle yüzey akışı artarken; düz ve eğimsiz bölgelerde yüzey akışı hemen hemen hiç olmamaktadır.

2.5.1.4 Yağış havzasının jeolojisi

Arazi jeolojik bakımdan geçirimsiz ve sert katmanlardan oluşuyorsa, sızma azalması nedeniyle yüzey akış miktarı fazla olacaktır.

2.5.1.5 Yağış havzasının infiltrasyon durumu

Yüksek sızma kapasitesinde olan topraklarda yüzey akış miktarı azalır.

2.5.1.6 Yağış havzasının yüzeyde su tutma durumu

Havzada toprak yüzeyinde bitki örtüsü yoksa yağmur damlaları kinetik enerjisini toprak yüzeyine doğrudan ileterek yüzey akışa sebep olur. Eğer toprak yüzeyinde yoğun orman ya yeşillik varsa yüzey akış azalır.

2.5.1.7 Yağış havzasının yağış anındaki durumu

Yüzey akış üzerinde havzanın yağış anındaki durumu da önemlidir. Eğer bazı kısımlar o anda anız ya da nadas olarak bırakılmışsa bu durumda oldukça fazla yüzey akış oluşacaktır. Çünkü nadas ve anız tarla bitkisi örtüsünden yoksun olduğu için yüzey akışın tutulması üzerinde etkili olmaz. (url-10)

2.6. SCS Eğri Numarası Yöntemi

SCS eğri sayısı yöntemi, belirli bir alanda bile bir yağıştan kaynaklanan yaklaşık akış miktarını belirlemek için basit, yaygın olarak kullanılan verimli bir yöntemdir. Yöntem tek bir fırtına olayı için tasarlanmış olsa da, ortalama yıllık akış değerlerini bulmak için ölçeklenebilir. Bu yöntem için stat gereksinimleri çok düşük, yağış miktarı ve eğri sayısıdır. Eğri numarası, alanın hidrolojik toprak grubuna, arazi kullanımına, arıtmaya ve hidrolojik durumuna bağlıdır.

2.6.1. Eğri Numarası (CN)

Akış eğrisi numarası, (eğri numarası veya basitçe CN olarak da adlandırılır) doğrudan akış veya yağış fazlalığından sızmayı tahmin etmek için hidrolojide kullanılan ampirik bir parametredir. Eğri numarası yöntemi, daha önce Toprak Koruma Hizmeti veya SCS olarak adlandırılan USDA Doğal Kaynakları Koruma Hizmeti tarafından geliştirilmiştir - sayı, literatürde hala popüler olarak "SCS akış eğrisi numarası" olarak bilinmektedir. Akış eğrisi sayısı, USDA tarafından izlenen küçük havzalardan ve tepe eğimi arazilerinden gelen akışın ampirik bir analizinden geliştirilmiştir. Yaygın olarak kullanılır ve belirli bir alandaki bir yağış olayından kaynaklanan yaklaşık doğrudan akış miktarını belirlemek için etkili bir yöntemdir.

$$Q=0 \text{ eğer } P \leq 0 \quad (1)$$

$$Q = \frac{(P-l_a)^2}{p-l_a+S} \quad p > l_a \quad (2)$$

Q : akış ([L]; mm) P : yağış ([L]; mm)

S: Tutulma depolaması ([L]; mm)

l_a , başlangıç kayıp ([L]; mm) veya akıştan önceki tutulan su miktarıdır, sızma veya yağışın bitki örtüsü tarafından tutması gibi

$$l_a=0,2S, \quad (3)$$

ancak daha yakın tarihli araştırmalar, CN'nin gelişmiş koşulları yansıtacak şekilde güncellendiği kentleşmiş havzalarda $l_a=0,05S$ 'nin daha uygun bir ilişki olabileceğini bulmuştur. O zaman akış eğrisi numarası, CN yandaki bağlantı ile bağlıdır

$$S = \frac{2540}{CN} - 25,4 \quad (4)$$

CN, 30 ile 100 arasında bir aralığa sahiptir; daha düşük sayılar düşük akış potansiyelini gösterirken daha büyük sayılar artan akış potansiyeli içindir. Eğri sayısı ne kadar düşükse zemin o kadar geçirgendir. Eğri numarası denkleminde görülebileceği gibi ilk soyutlama karşılanana kadar akış başlayamaz. Eğri numarası metodolojisinin olaya dayalı bir hesaplama olduğuna ve tek bir yıllık yağış değeri için kullanılmaması gerektiğine dikkat etmek önemlidir çünkü bu yanlış bir şekilde önceki nemin etkilerini ve bir başlangıç soyutlama eşiğinin gerekliliğini gözden kaçıracaktır. Bu tezde Tablo 6'da verilen SCS eğri numarası kullanılmıştır.

Notlar

- (1) Hidrolik durum, (a) bitkisel alanların yoğunluğu ve gölgeliği, (b) yıl boyunca örtü miktarı, (c) çim veya yakın tohumlu baklagil miktarı, (d) arazi yüzeyindeki kalıntı yüzdesi ($i_y \geq 20\%$) ve (e) yüzey pürüzlülüğü derecesi.
- (2) İyi: Ormanlar otlatmadan korunur ve altlık ve çalılar toprağı yeterince kaplar.
- (3) İyi: $>75\%$ toprak örtüsü ve hafif veya sadece ara sıra sıyrılmış.
- (4) CN'ler meradakilere eşdeğer olarak gösterilmiştir. Kompozit CN'ler, açık alan örtüsü tipinin diğer kombinasyonları için hesaplanabilir.

Tablo 6. SCS eğri numarası tablosu

Açıklama		Hidrolojik zemin grubu için eğri sayıları			
		A	B	C	D
Açık alan (çimlikler, parklar, golf sahaları, mezarlıklar vb.)	Kötü durum (çim örtüsü < %50)	68	79	86	89
	Uygun durum (çim örtüsü %50 ile %75)	49	69	79	84
	İyi durumda (çim örtüsü >%75)	39	61	74	80
Geçirimsiz alanlar	Asfaltlanmış otoparklar, çatılar, araba yolları vb. (geçiş hakkı hariç)	98	98	98	98
Sokaklar ve yollar	Döşeli; bordürler ve fırtına kanalizasyonları (geçiş hakkı hariç)	98	98	98	98
	Döşeli; açık hendekler (geçiş hakkı dâhil)	83	89	92	93
	Çakıl (geçiş hakkı dâhil)	76	85	89	91
	Yapay çöl peyzajı (geçirimsiz ot bariyeri, 1 ile 2 inç kum veya çakıl malç ve havza sınırları olan çöl çalısı)	72	82	87	89
Batı çöl kentsel alanları	Doğal çöl peyzajı (yalnızca geçirgen alan)	63	77	85	88
	Yapay çöl peyzajı (geçirimsiz ot bariyeri, 1 ile 2 inç kum veya çakıl malç ve havza sınırları olan çöl çalısı)	96	96	96	96
Kentsel bölgeler	Ticari ve işletme (% 85 geçirimsiz.)	89	92	94	95
	Endüstriyel (%72 geçirimsiz.)	81	88	91	93
Ortalama parsel büyüklüğüne göre yerleşim bölgeleri	1/8 dönüm veya daha az (şehir evleri) (%65 geçirimsiz.)	77	85	90	92
	1/4 dönüm (%38 geçirimsiz.)	61	75	83	87
	1/3 dönümlük (%30 geçirimsiz.)	57	72	81	86
	1/2 dönümlük (%25 geçirimsiz.)	54	70	80	85
	1 dönüm (%20 geçirimsiz.)	51	68	79	84
	2 dönüm (%12 geçirimsiz.)	49	68	79	82

2.6.2. Başlangıç kayıpların oranı ayarı (Initial abstraction ratio adjustment)

$I_a=2S$ ilişkisi birçok küçük, deneysel su havzasının çalışmasından türetilmiştir. Bu ilişkinin tarihi ve dokümantasyonu nispeten belirsiz olduğundan, daha yeni analizler, çok sayıda ABD havzasından alınan yüzlerce yağış-akış verisi ile I_a 'nın S 'ye oranını belirlemek için model uydurma yöntemlerini kullandı. Hawkins ve diğerleri tarafından yapılan model uydurmada;

I_a 'nın S 'ye oranının fırtınadan fırtınaya ve havzadan havzaya değiştiğini ve $I_a/s = 0,2$ varsayımının genellikle yüksek olduğunu buldu. Kullanılan 0.20 değeri I_a 'nın yüzde 90'ından fazlası daha uygun görünmektedir. Böylece, CN akış denklemi şöyle olur:

$$Q = \begin{cases} 0 & p \leq 0.05S \end{cases} \quad (5)$$

$$Q = \begin{cases} \frac{(P - 0.05S_{0.05})^2}{p + I_a + 0.95S_{0.05}} & p > 0.05S \end{cases} \quad (6)$$

Bu denklemde, $S_{0.05}$ değerlerinin, 0.20 I_a/s oranıyla doğrudan akış tahmininde kullanılan değerlerle aynı olmadığına dikkat edin çünkü depolamanın yüzde 5'i, yüzde 20 değil, ilk soyutlama olarak kabul edilir. Model uydurma sonuçlarından $S_{0.05}$ ile $S_{0.02}$ arasındaki ilişki elde edilmiş ve $S_{0.05} = 1.33 \times S_{0.02}^{1.15}$ ilişkisi verilmiştir.

Kullanıcı daha sonra ayarlanan 0,05 başlangıç soyutlama oranını kullanmak için aşağıdakileri yapmalıdır:

Havzaya uygun değeri seçmek için geleneksel eğri numarası tabloları kullanılır

Geleneksel denklemi kullanarak $S_{0.20}$ 'yi hesaplanır:

$$-S = \frac{2540}{CN} + 25,4 \quad (7)$$

yukarıdaki ilişkiyi kullanarak bu S değerini $S_{0.05}$ 'e dönüştürülür.

Yukarıdaki CN akış denklemini kullanarak akış derinliğini hesaplayın (ilk soyutlama oranı için 0.05 ikame edilmiştir)(url-11).

2.7.Rasyonel yöntemi

Rasyonel yöntem, önemli taşkın depolaması olmayan yaklaşık 200 dönüme (80 hektar) kadar olan küçük drenaj alanları için tepe deşarjlarını tahmin etmek için

uygundur. Yöntem, tasarımcıya bir tepe deşarj değeri sağlar, ancak bir zaman serisi akış veya akış hacmi sağlamaz.

2.7.1. Varsayımlar ve Sınırlamalar

Rasyonel yöntemin kullanımı aşağıdaki varsayımları ve sınırlamaları içerir:

Yöntem, drenaj alanı için t_c , tepe yağış yoğunluğunun süresinden daha az ise uygulanabilir.

Hesaplanan akış, yağış yoğunluğu ile doğru orantılıdır.

Yağış yoğunluğu, fırtına süresince aynıdır.

Pik deşarj için meydana gelme sıklığı, o olayı üreten yağış sıklığı ile aynıdır.

Yağış drenaj alanı üzerinde eşit olarak dağıtılır.

Yağış yoğunluğunun hesaplanması için kullanılacak minimum süre 10 dakikadır. Drenaj alanı için hesaplanan konsantrasyon süresi 10 dakikadan az ise, yağış yoğunluğu hesaplamaları için 10 dakika kullanılmalıdır

Rasyonel yöntem, drenaj alanındaki depolamayı hesaba katmaz. Mevcut deponun doldurulduğu varsayılır

Yukarıdaki varsayımlar ve sınırlamalar, rasyonel yöntemin 200 dönüm veya daha küçük havzalarla sınırlı olmasının nedenidir. Bu koşullardan herhangi biri ilgili havza için doğru değilse, tasarımcı alternatif bir yöntem kullanmalıdır. Rasyonel yöntem, tasarım fırtınasının tepe yoğunluğu sırasında havzanın sabit bir giriş-çıkış durumunu temsil eder. Tasarım fırtınası süresince tamamen doldurmadıkları ve sabit bir içeri akış-çıkış durumuna ulaşmadıkları yeterli hacme sahip herhangi bir depolama özelliği, rasyonel yöntemle tam olarak temsil edilemez.

Bu özellikler mevcut olduğunda, tasarım fırtınasının zamanla değişen doğasını ve/veya taşkın yatağı deposunun doldurulmasını/boşaltılmasını hesaba katan alternatif bir yağış-akış yöntemi gereklidir. Bu durumlarda hidrograf yöntemi önerilir.

Rasyonel yöntemi geliştirme ve uygulama adımları Şekil 11'da gösterilmektedir.

2.7.2. Rasyonel Yöntemi Kullanma Prosedürü

Rasyonel formül, drenaj alanının, akış katsayısının ve konsantrasyon zamanına eşit bir süre için ortalama yağış yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak bir havzadaki belirli bir konumdaki akış tepe hızını tahmin eder. Rasyonel formül:

$$Q = C i A \quad (8)$$

Q = maksimum akış hızı (m³/sn)

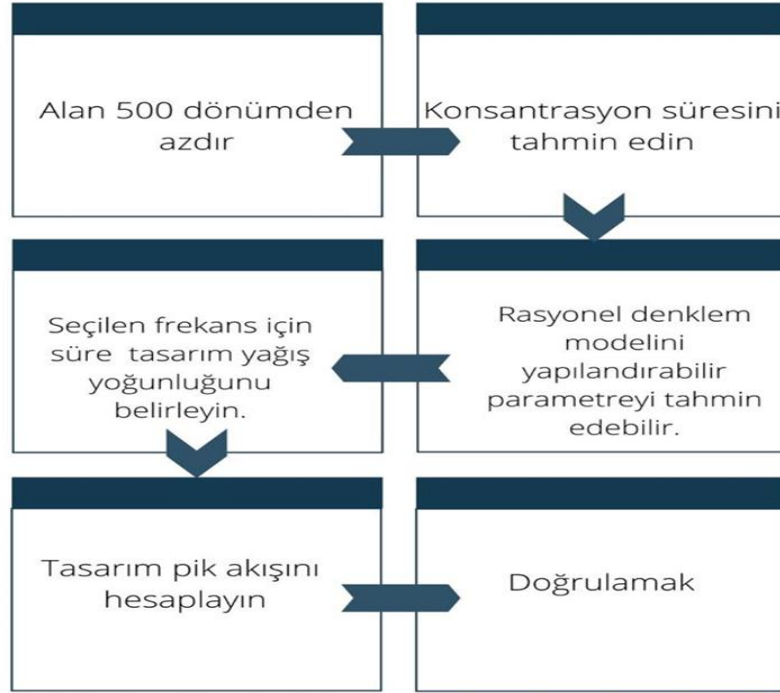
C= akış katsayısı (Tablo 7)

I = ortalama yağış yoğunluğu (mm/saat) A = drenaj alanı (km² veya m²)

Yağış yoğunluğu (I), mm/saat cinsinden ortalama yağış oranıdır. Belirli bir yağış süresi ve seçilen bir sıklık için sürenin konsantrasyon süresine eşit olduğu varsayılır (url-12).

Tablo 7. Rasyonel Yöntem Akış Katsayılarının Basitleştirilmiş Tablosu. (url-12).

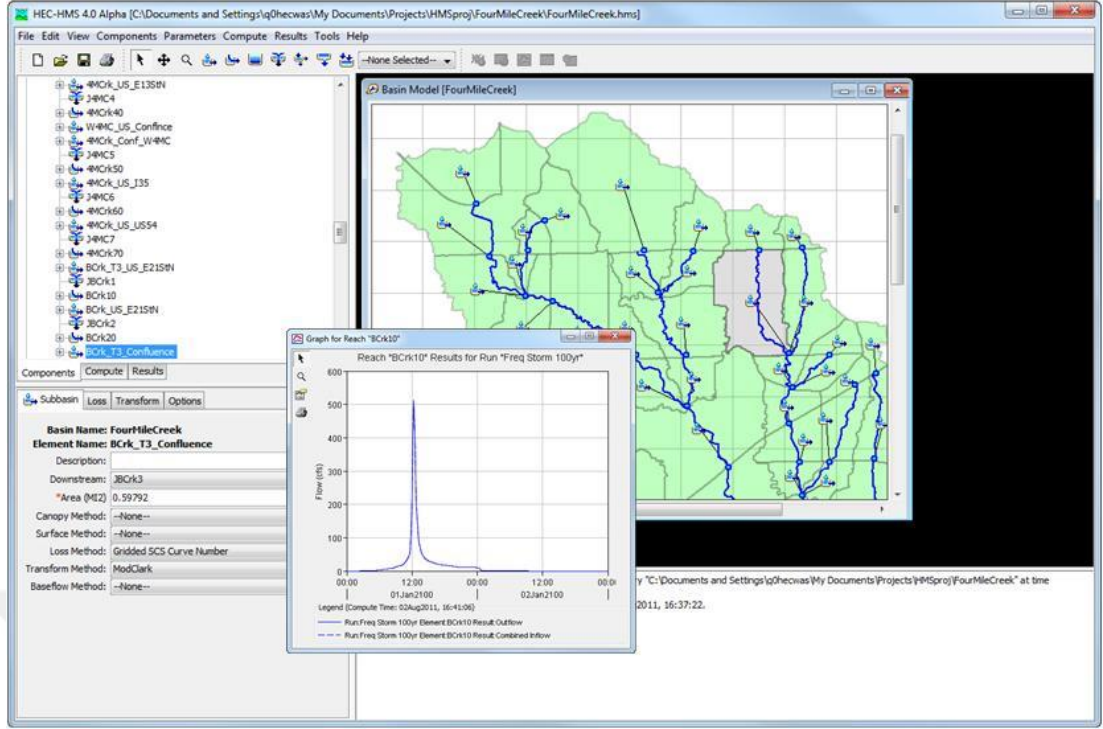
Zemin Örtüsü	Akış Katsayısı (C)
Çimenler	0.05 - 0.35
Orman	0.05 - 0.25
Ekili arazi	0.08-0.41
Çayır	0.1 - 0.5
Parklar, mezarlıklar	0.1 - 0.25
Gelişmemiş alanlar	0.1 - 0.3
Otlak	0.12 - 0.62
Yerleşim bölgeleri	0.3 - 0.75
İş alanları	0.5 - 0.95
Endüstriyel alanlar	0.5 - 0.9
Asfalt sokaklar	0.7 - 0.95
Tuğla sokaklar	0.7 - 0.85
Çatılar	0.75 - 0.95
Beton sokaklar	0.7 - 0.95



Şekil 11. Rasyonel yöntemi geliştirme ve uygulama adımları.

2.8. HEC-HMS

Hidrolojik Modelleme Sistemi (HEC-HMS), dendritik su havzası sistemlerinin tüm hidrolojik süreçlerini simüle etmek için tasarlanmıştır (Şekil 12). Yazılım, sızma, birim hidrograflar ve hidrolojik yönlendirme gibi birçok geleneksel hidrolojik analiz prosedürünü içerir. HEC-HMS ayrıca buharlaşma-terleme, kar erimesi ve toprak nemi hesaplaması dâhil olmak üzere sürekli simülasyon için gerekli prosedürleri içermektedir. Lineer yarı dağıtılmış akış dönüşümü (ModClark) kullanılarak ızgaralı akış (grid) simülasyonu için gelişmiş yetenekler de sağlanmaktadır. Model optimizasyonu, akarsu akışının tahmini, derinlik-alan azalması, model belirsizliğinin değerlendirilmesi, erozyon ve tortu taşınması ve su kalitesi için ek analiz araçları sağlanmıştır.



Şekil 12. HEC-HMS için örnek arayüz.

Yazılım, bir veri tabanı, veri girişi yardımcı programları, hesaplama motoru ve sonuç raporlama araçları dâhil olmak üzere tamamen bütünleşmiş bir çalışma ortamına sahiptir. Grafiksel bir kullanıcı ara yüzü, kullanıcının yazılımın farklı bölümleri arasında kesintisiz hareket etmesini sağlar. Simülasyon sonuçları HEC-DSS'de (Veri Depolama Sistemi) saklanır ve su mevcudiyeti, kentsel drenaj, akış tahmini, gelecekteki şehirleşme etkisi, rezervuar dolusavak tasarımı, taşkın hasarının azaltılması, taşkın yatağı düzenlemesi ve diğer çalışmalar için diğer yazılımlarla birlikte kullanılabilir.

2.8.1. Havzanın Fiziksel Tanımı (Watershed Physical Description)

Bir havzanın fiziksel temsili bir havza modeli ile gerçekleştirilir. Hidrolojik elemanlar, akış süreçlerini simüle etmek için dendritik bir ağda bağlanır. Mevcut unsurlar arasında alt havzalar, erişimler, kavşaklar, rezervuarlar, yönlendirmeler, kaynaklar ve lavabolar bulunur. Hesaplama, yukarı yöndeki elemanlardan aşağı yönde ilerler. Sızma kayıplarını simüle etmek için bir dizi farklı yöntem mevcuttur. Başlangıç ve Sabit, SCS Eğri Numarası, Üstel, Yeşil ve Geniş ve Smith Parlange dâhil olmak üzere kısa zaman çerçevelerini veya ayrı taşma olaylarını simüle etmek için beş seçenek mevcuttur. Açık ve Sabit, Katmanlı Yeşil ve Büyük

ve Toprak Nemi Hesabı dâhil olmak üzere uzun zaman çerçevelerini veya çoklu taşkın olaylarını simüle etmek için üç seçenek mevcuttur. Daha önce bahsedilen sızma yöntemlerinden dördü, Gridded Deficit and Constant, Gridded Green and Ampt, Gridded SCS Curve Number ve Gridded Soil Moisture Accounting dâhil olmak üzere gridli uygulamalara sahiptir. Durdurma ve terlemeyi temsil etmek için bir gölgelik bileşeni eklenebilir. Depresyon depolamasını temsil etmek için bir yüzey bileşeni eklenebilir.

Artık yağışı yüzey akışına dönüştürmek için yedi yöntem dâhil edilmiştir. Birim hidrograf yöntemleri, Clark, Snyder ve SCS tekniklerini içerir. Kullanıcı Tanımlı Birim Hidrograf ve Kullanıcı Tanımlı S Grafiği dâhil olmak üzere iki ampirik birim hidrograf tekniği de kullanılabilir. Modifiye Clark yöntemi (ModClark), doğrusal yarı-dağıtılmış birim hidrograf yöntemidir. Birden fazla düzlem ve kanal ile kinematik dalga yönteminin bir uygulaması da dâhildir. Daha önce bahsedilen dönüşüm yöntemlerinin tümü, havza ortalaması ve/veya gridlenmiş meteorolojik verilerle kullanılabilir.

Alt havza çıkışına temel akışın katkılarını temsil etmek için beş yöntem dâhil edilmiştir. Durgunluk yöntemi, tek bir olaydan veya birden çok ardışık olaydan üstel olarak azalan bir taban akışı verir. Sabit Aylık yöntemi, yılın her ayı için sabit bir temel akışın belirtilmesine izin verir. Lineer Rezervuar yöntemi, sızan yağışı alt havza çıkışına yönlendirerek kütleyi korur. Doğrusal Olmayan Boussinesq yöntemi, durgunluk yöntemine benzer bir yanıt sağlar ancak parametreler havzanın ölçülebilir niteliklerinden tahmin edilebilir. Sınırlı Gerileme yöntemi, temel akış büyüklüğünü sınırlamak için aylık temel akış sınırlarını kullanır.

Açık kanallarda akışı simüle etmek için toplam sekiz erişim yönlendirme yöntemi dâhil edilmiştir. Zayıflatma olmadan yönlendirme, Gecikme yöntemi ile modellenebilir. Geleneksel Muskingum yöntemi, basit zayıflama yaklaşımları için Straddle Stagger yöntemiyle birlikte dâhil edilmiştir. Gecikme ve K yöntemi, Ulusal Hava Durumu Servisi tarafından yaygın olarak kullanılan bir grafik yönlendirme tekniğine dayanan bir hidrolojik depolama yönlendirme yöntemidir. Modifiye Darbeler yöntemi, bir erişimi, kullanıcı tarafından belirlenen bir depolama-boşaltma ilişkisine sahip bir dizi basamaklı, seviye havuzları olarak modellemek için kullanılabilir. Normal Derinlik yöntemi, Manning denklemini,

normal bir derinlik varsayımını ve kullanıcı tanımlı kanal özelliklerini kullanarak depolama ve boşaltma ilişkilerini otomatik olarak geliştirerek Modifiye Darbeler yöntemini genişletir. Kinematik Dalga yöntemi, atalet ve basınç kuvvetlerini ihmal ederek tam kararsız akış denklemlerine yaklaşır. Muskingum-Cunge yöntemi, sel dalgalarının ötelenmesini ve zayıflamasını yaklaşık olarak tahmin etmek için süreklilik denkleminin bir kombinasyonunu ve momentum denkleminin basitleştirilmiş bir formunu kullanır. Kinematik Dalga, Muskingum-Cunge ve Normal Derinlik yöntemlerinde çoklu kanal şekilleri ve özellikleri kullanılabilir. Ek olarak, kanal kayıpları da yönlendirmeye dâhil edilebilir. Percolation yöntemi yalnızca Modifiye Puls, Normal Derinlik veya Muskingum-Cunge yöntemleriyle kullanılabilirken, sabit kayıp yöntemi herhangi bir yönlendirme yöntemine eklenebilir. Su barajları da temsil edilebilir. Göller ve/veya rezervuarlar, kullanıcı tarafından girilen yükseklik-depolama-deşarj ilişkileri olarak tanımlanabilir. Alternatif olarak, bir göl veya rezervuar içindeki çıkış ve depolama, fiziksel dolusavak ve/veya çıkış yapıları tanımlanarak simüle edilebilir. Bir iç taşkın alanını simüle etmek için gerektiğinde pompalar da dâhil edilebilir. Pompaların kontrolü, toplama havuzundaki su derinliğine ve isteğe bağlı olarak ana kanaldaki aşamaya bağlanabilir. Saptırma yapıları da temsil edilebilir. Kullanılabilir yöntemler arasında kullanıcı tarafından belirlenen bir fonksiyon, yanal savak, pompa istasyonu, gözlemlenen yön değiştirme akışları yer alır. İsteğe bağlı bir yıllık ayarlama modeliyle sabit bir sapma oranı da belirtilebilir.

Sentetik yağış üretmek için beş farklı yöntem dâhil edilmiştir. Frekans fırtınası yöntemi, belirli bir aşılma olasılığı ile dengeli fırtınalar üretmek için istatistiksel verileri kullanır. Destekleyici istatistiksel veri kaynakları arasında ABD Ticaret Bakanlığı, Ulusal Hava Durumu Hizmeti (NWS) Teknik Belgesi 40 ve Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nin (NOAA) Atlas 2 ve Atlas 14 yer alır. Standart proje fırtına yöntemi, aşağıdaki durumlarda yağış düzenlemelerini uygular. USACE, EM 1110-2-1411'de açıklanan standart proje taşkını tahmin etmektedir. Varsayımsal fırtına yöntemi, Doğal Kaynakları Koruma Hizmeti (NRCS) kriterleri Technical Release 55 kullanılarak tasarım analizi için birincil yağış dağılımlarını uygular. HMR52 yöntemi, NOAA kriterleri kullanılarak olası maksimum yağışın hesaplanması için kullanılabilir. Kullanıcı tanımlı hiyetograf yöntemi, program dışında yapılan analizlerden elde edilen sentetik bir hiyetograf

ile kullanılabilir. Değişen karmaşıklıkta altı farklı potansiyel evapotranspirasyon yöntemi dâhil edilmiştir. Bu en basit yöntem, aylık ortalama değerleri kullanarak potansiyel evapotranspirasyonu hesaplar. Hamon ve Hargreaves yöntemleri, girdi olarak sıcaklığı kullanarak potansiyel buharlaşma ve terlemeyi hesaplar. Penman-Monteith yöntemi, kara yüzeyinde bir enerji dengesi kullanır. Priestley-Taylor yöntemi, sıcaklık ve güneş radyasyonu gerektiren Penman-Monteith yönteminin basitleştirilmiş halidir. Program dışında analizlerden geliştirilen verilerle kullanıcı tanımlı bir yöntem kullanılabilir.

Bir kar paketinin birikmesini ve erimesini izlemek için kar erimesi dâhil edilebilir. Mevcut atmosferik koşullara ve kar paketindeki geçmiş koşullara dayalı olarak erime oranını dinamik olarak hesaplayan bir sıcaklık indeksi yöntemi mevcuttur. Bu, "olgunlaşma" sürecinin temsilini iyileştirir. Soğuk içerik kavramı, soğuk bir kar paketinin yağmurdan pakete giren sıvı suyu dondurma kabiliyetini hesaba katmak için dâhil edilmiştir. Bir alt havza, yükseklik bantları veya ızgara hücreleri ile temsil edilebilir.

2.8.2. Meteorology Description (Meteorolojinin Açıklaması)

Meteorolojik model meteorolojik süreçleri içerir: kısa dalga radyasyonu, uzun dalga radyasyonu, yağış, buharlaşma ve kar erimesi. Tüm simülasyonlar için bu bileşenlerin tümü gerekli değildir. Basit olay simülasyonları yalnızca yağış gerektirirken, sürekli simülasyon ek olarak buharlaşma ve terleme gerektirir. Genel olarak, kar erimesi yalnızca soğuk iklimlerde su havzalarıyla çalışırken gereklidir.

Geçmiş yağışları analiz etmek için dört farklı yöntem dâhil edilmiştir. Kullanıcı tanımlı hiyetograf yöntemi, program dışında analiz edilen yağış verileri içindir. Gösterge ağırlıkları yöntemi, sınırsız sayıda kayıt ve kayıt dışı ölçüm kullanır. Thiessen tekniği, ağırlıkları belirlemek için bir olasılıktır. Ters mesafe yöntemi, dinamik veri sorunlarını giderir. Eksik verilerle karşılaşıldığında otomatik olarak ilerlemek için sınırsız sayıda kayıt ve kayıt dışı gösterge kullanılabilir. Izgaralı yağış yöntemi, radar verileri gibi yağış ızgaralarını kullanır.

2.8.3. Hidrolojik Simülasyonu (Hydrologic Simulation)

Bir simülasyonun zaman aralığı, kontrol özellikleri tarafından kontrol edilir. Kontrol özellikleri, bir başlangıç tarihi ve saati, bitiş tarihi ve saati ve bir zaman aralığı içerir

Bir havza modeli, meteorolojik model ve kontrol özellikleri birleştirilerek bir simülasyon çalışması oluşturulur. Çalıştırma seçenekleri arasında bir yağış veya akış oranı, belirli bir zamanda tüm havza durumu bilgilerini kaydetme yeteneği ve önceden kaydedilmiş durum bilgilerinden bir simülasyon çalıştırması başlatma yeteneği bulunur.

Simülasyon sonuçları havza haritasından görüntülenebilir. Genel ve öge özet tabloları, tepe akış, toplam hacim ve diğer değişkenler hakkında bilgiler içerir. Ögeler için bir zaman serisi tablosu ve grafiği mevcuttur. Birden çok ögeden ve birden çok simülasyon çalışmasından elde edilen sonuçlar da görüntülenebilir. Tüm grafikler ve tablolar yazdırılabilir.

2.8.4. Akış Tahmin Etmesi (Forecasting Streamflow)

Havza modeli, gerçek zamanlı çalışma modunda gelecekteki koşullara ilişkin tahminler üretme verimliliğini artırmak için tasarlanmış özellikler içerir. Benzer hidrolojik koşullar veya bölgesel özellikler temelinde alt havzaları gruplandırılan zonlar oluşturulabilir. Bölgeler, kayıp oranı, dönüşüm, temel akış ve kanal yönlendirme süreçleri için ayrı ayrı atanabilir. Tahmin alternatifi, gelecekteki koşulları tahmin etmek için kontrol parametreleriyle birlikte bir havza modeli ve meteorolojik model kullanan bir simülasyon türüdür. Parametre değerleri bölgeye göre ayarlanabilir ve akış gözlenen elemanlarda harmanlama yapılabilir.

2.8.5. Derinlik-Alan Küçültme (Depth-Area Reduction)

Frekans fırtınaları, bilinen bir aşılma olasılığına sahip bir yağış olayından kaynaklanan akışı hesaplamak için yaygın olarak kullanılır. Örneğin, yaygın bir düzenleyici gereklilik, %1'lik bir fırtınadan kaynaklanan akışı hesaplamaktır. Fırtına alanı önemli bir parametredir çünkü alan arttıkça bir fırtınanın ortalama yoğunluğu önemli ölçüde azalır. Derinlik-alan analizi, büyük bir havza boyunca

akışın hesaplanmasını kolaylaştırmak için mevcuttur. Akış tahminlerinin gerekli olduğu noktalar seçilir ve seçilen her nokta için doğru fırtına alanını hesaplamak için fırtına alanı otomatik olarak ayarlanır.

2.8.6. Model Belirsizliğinin Değerlendirilmesi (Assessing Model Uncertainty)

Havzalar çok fazla değişkenlik gösterir. Kara yüzeyinin yüksekliği, nehirlerden çıkışa önemli ölçüde değişebilir. Toprak özellikleri bir yerden bir yere değişir. Arazi kullanımını da konuma göre değişmekle birlikte zaman içinde de değişmektedir. Hidrolojik süreçlerin her biri farklı detay seviyelerinde modellenilebilir. Havza üzerindeki atmosferik koşullar hakkında tam bilgi eksikliği var. Bu sorunların tümü, simüle edilmiş havza yanıtında ortaklaşa belirsizlik yaratır. Belirsizlik analizi, parametrelerin bir olasılık dağılım fonksiyonu (PDF) ile temsil edilmesine izin verir ve ardından tepe akışı, hacim ve rezervuar havuzu yüksekliği gibi çıktı değişkenlerindeki belirsizliği tanımlamak için bir Monte Carlo simülasyonu gerçekleştirir.

2.8.7. Sediment ve Su Kalitesi (Sediment and Water Quality)

Bir analize tortu ve su kalitesini dâhil etmek için havza modelindeki isteğe bağlı bileşenler kullanılabilir. Yüzey erozyonu, kırsal alanlar için MUSLE yaklaşımı veya kentsel ortamlar için birikme/yıkama yaklaşımı kullanılarak alt havza elemanlarında hesaplanabilir. Rezervuar elemanlarına sediman çökeltme eklenebilirken, kanal erozyonu, çökeltme ve tortu taşınımı elementlere ulaşmak için eklenebilir. Kaynak ve alt havza elemanlarına besin sınır koşulları (azot ve fosfor) eklenebilir. Besin dönüşümleri ve taşınımı, erişim ve rezervuar elemanlarında hesaplanacaktır.

2.8.8. GIS Bağlantısı (GIS Connection)

HEC-HMS sürüm 4.4'ten önce, HEC-HMS'e eşlik eden bir ürün olan Jeo-uzamsal Hidrolojik Modelleme Uzantısı (HEC-GeoHMS), GIS veri kümelerini kullanarak basınç ve meteorolojik modeller oluşturmak için gerekliydi. HEC-GeoHMS, ESRI'nin ArcGIS yazılımına bir eklentidir. HEC-HMS 4.4'ün piyasaya sürülmesiyle, temel havza tanımlama araçları artık doğrudan HEC-HMS içinde

sağlanmaktadır. Entegre GIS araçları, kullanıcının dijital bir yükseklik modelinden bir basınç modeli oluşturmasına olanak tanır. Bir havza modeline bir arazi veri bileşeni atadıktan sonra, kullanıcı lavaboları kaldırmak, akış yönünü ve birikimini hesaplamak, drenaj alanına göre akışları belirlemek, kırılma noktalarını tanımlamak ve son olarak bir su havzasını tasvir etmek için araçlar uygulayabilir. Su havzası çizildikten sonra, kullanıcı ayrıca alt havzayı birleştirmek ve bölmek ve elemanlara ulaşmak için araçlara sahiptir (url-13).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MODELLEME

3.1. Rasyonel Metot Alansal Ağırlıklı C Katsayısı Belirlemesi

Daha önce bahsedildiği gibi rasyonel yöntemin akış katsayısını (C) Tablo 7’de verilen başlıklar kullanılarak belirtilir. Ancak bir bölge farklı yüzey örtüsüne sahip olduğunda o bölgeyi temsil etmek için muadil C katsayısı belirlemek gerekmektedir. Şekil 13’te gösterildiği gibi çalışma alanına ait 4 farklı zemin örtüsü bulunmaktadır. Bunlar asfalt ana caddeler, taş kaldırım kaplı sokaklar, kiremit çatılar ve boş araziden oluşmaktadır. Tablo 8’de zemin örtüsünün ve çalışma alanında kullanılan C katsayıları verilmiştir. Her iki durum için C katsayılar bulunmuştur.

Tablo 8. Çalışma alanına ait zemin örtüsü C katsayısı.

Zemin Örtüsü	C (Mimimum)	C (Maksimum)
Asfalt ana caddeler	0.7	0.95
Taş kaldırım kaplı sokaklar	0.7	0.85
Kiremit kaplı çatılar	0.75	0.95
Boş arazi	0.08	0.41

Şekil 13’te gösterildiği gibi Esenyurt ilçesi taş kaldırım ve asfalt durumu gösterilmiştir. Rasyonel metotta C katsayısını bulmak için yolların durumu incelenmiştir. 2002, 2010, 2015 ve 2020 yıllarında Esenyurt ilçesi asfaltdan ve taş kaldırımdan yapılan ana caddeler, sokaklar ve çatı durumları incelenmiştir.

Tablo 9. Çalışma alanına ait Akış Katsayısı (C).

Yıl	Bina (m ²)	Taş Kaldırım (m ²)	Asfalt (m ²)	Boş Arazi (m ²)	C (Min)	C (mak)
2002	432558	0	52077	1736329	26.76	35.58
2010	657808	170629	340680	1051847	46.79	59.16
2015	773140	176956	363929	906940	50.92	62.37
2020	830698	177095	364107	849065	52.54	64.35



Şekil 13. İstanbul Esenyurt ilçesinin 2020 yılında yollar, çatı ve boş arazi.

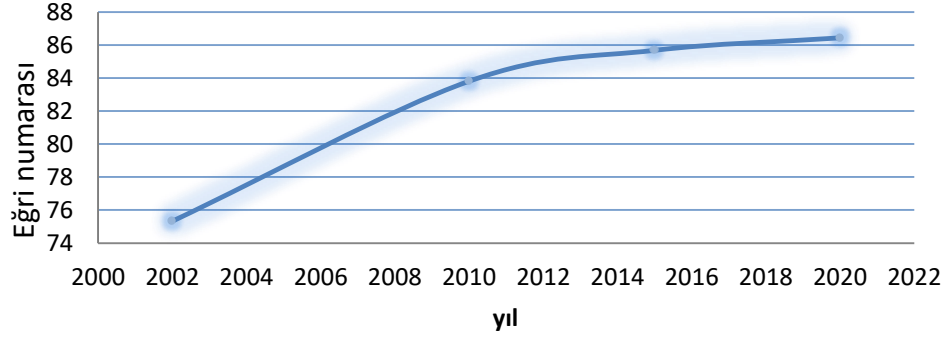
3.2.Çalışma Alanının SCS Eğri Numaraları

Tablo 10’da verilmiş Eğri Numaraları bulunurken toprağın B tipine göre hesaplanmıştır. 2002 yılında Bina alanları, yol alanları (asfalt yolları + taş kaldırım yolları) Tablo 10’de gösterilmiştir

2002 yılına ait taş kaldırım yollar “Google earth pro” haritadan fark edilmediği için alanı sıfır kabul edilmiştir. Çalışmada kullanılan eğri numaraları bina çatıları için 98, taş kaldırımla kaplanan yollar için 92, asfaltla kaplanan yollar için 98 ve boş arazi için 69 olarak Tablo 6’dan alınmıştır. Çalışma alanının farklı yıllara göre Eğri Numaraları Şekil 14 Çeşitli yıllara ait Eğri numarası.gösterilmiştir.

Tablo 10. Çalışma Bölgesinin Eğri Numaraları

Yıl	Bina (m ²)	Taş Kaldırım (m ²)	Asfalt (m ²)	Boş Arazi (m ²)	Toplam (m ²)	SCS Eğri Numarası
2002	432558	0	52077.66	1736329	2220964.66	75.328
2010	657808	170629.25	340680.8	1051847	2220965.05	83.81
2015	773140	176956	363929	906940	2220965	85.68
2020	830698	177095	364107	849065	2220965	86.45

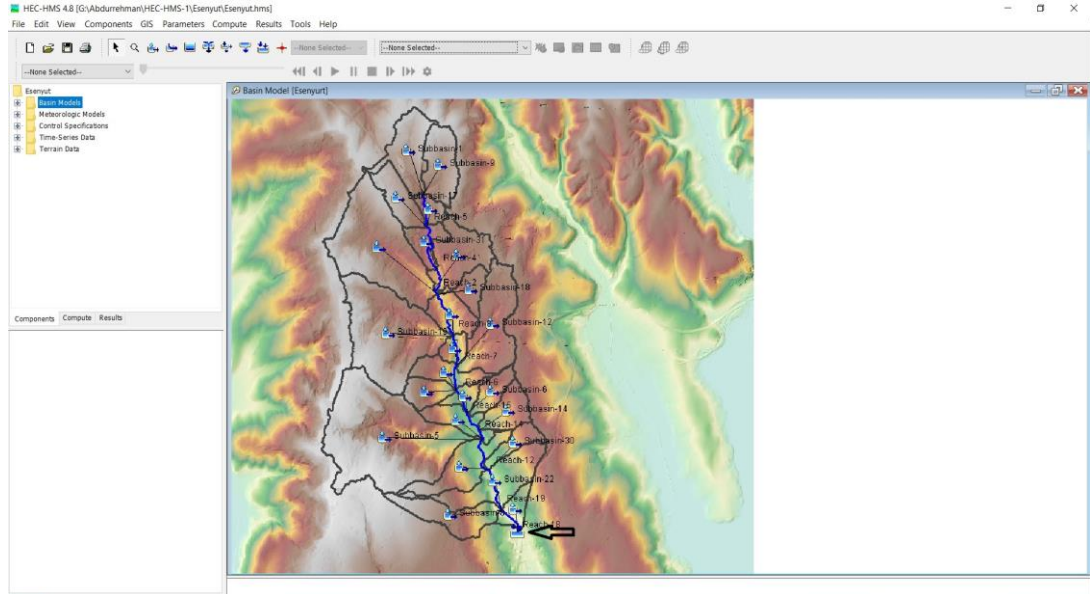


Şekil 14 Çeşitli yıllara ait Eğri numarası.

3.3. HEC-HMS model kurulumu

Şekil 15’deki gösterilen İstanbul Esenyurt ilçesi havzasının toplam alanı 34 km²’dir. Bu çalışmada 24 alt havzaya bölerek yağış akış modeli kurulmuştur. En büyük alt havzasının alanı 6.07 km² ve en küçük havzasının alanı 0.36 km²’dir (.

Tablo 11). Her bir alt havzasının bilgileri Tablo 11’de verilmiştir. Havzanın çıkış kısmı havzanın alt kısmında ok işareti ile gösterilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Çalışma alanının HEC-HMS arayüz görüntüsü.

Bu bölümde her yıl için bir Eğri Numarası elde edilmiştir. O eğri numaralarını dikkate alarak ve alt havzaların eğimi ve uzunluğu ortaya çıkarılarak T_c ve T_c ’den T_{lag} elde edilir ve geçirimsiz yüzeyler Tablo 2 kullanılarak elde edilmiştir. Tablo 12, Tablo 13, Tablo 14 ve Tablo 15’te 2002, 2010, 2015, 2020 yıllar için programda kullanılan veriler sunulmuştur. Tablo 10’de bulunan Eğri Numaraları gösterilmiştir.

Tablo 11. Alt havzaların alanları.

Alt havza	Alan (Km ²)	Alt havza	Alan (Km ²)
Subbasin - 1	1.45	Subbasin - 13	0.78
Subbasin - 2	4.04	Subbasin - 14	0.85
Subbasin - 3	1.57	Subbasin - 15	1.43
Subbasin - 4	0.36	Subbasin - 16	0.47
Subbasin - 5	1.8	Subbasin - 17	0.4
Subbasin - 6	0.56	Subbasin - 18	0.56
Subbasin - 7	1.28	Subbasin - 19	4.07
Subbasin - 8	1.29	Subbasin - 20	0.37
Subbasin - 9	1.28	Subbasin - 21	0.62
Subbasin - 10	6.07	Subbasin - 22	1.83
Subbasin - 11	0.84	Subbasin - 23	0.53
Subbasin - 12	0.76	Subbasin - 24	0.65

Tablo 12. 2002 yılı HEC-HMS modeli için hesaplanan parametreler

Alt Havza	CN	L(m)	Y	S	Y(%)	T _c	Lag (Sa)	Lag (DK)	Geçirimsiz yüzey (%)
Subbasin-1	75.33	2776.29	0.09	3.27	8.84	0.46	0.28	16.70	21.82
Subbasin-2	75.33	4346.69	0.09	3.27	9.45	0.64	0.39	23.11	21.82
Subbasin-3	75.33	2816.09	0.12	3.27	11.57	0.41	0.25	14.76	21.82
Subbasin-4	75.33	1095.72	0.20	3.27	19.79	0.15	0.09	5.30	21.82
Subbasin-5	75.33	2932.88	0.11	3.27	11.26	0.43	0.26	15.45	21.82
Subbasin-6	75.33	1879.19	0.09	3.27	8.56	0.34	0.21	12.41	21.82
Subbasin-7	75.33	2503.35	0.09	3.27	8.67	0.43	0.26	15.52	21.82
Subbasin-8	75.33	3769.95	0.08	3.27	7.86	0.63	0.38	22.62	21.82
Subbasin-9	75.33	2145.65	0.08	3.27	7.51	0.41	0.25	14.74	21.82
Subbasin-10	75.33	5933.91	0.12	3.27	11.52	0.75	0.45	26.85	21.82
Subbasin-11	75.33	1742.83	0.12	3.27	12.44	0.27	0.16	9.70	21.82
Subbasin-12	75.33	2441.13	0.09	3.27	8.89	0.42	0.25	15.02	21.82
Subbasin-13	75.33	1888.31	0.11	3.27	10.53	0.31	0.19	11.24	21.82
Subbasin-14	75.33	1826.19	0.08	3.27	7.57	0.36	0.22	12.90	21.82
Subbasin-15	75.33	2932.82	0.09	3.27	8.89	0.48	0.29	17.40	21.82
Subbasin-16	75.33	1692.99	0.09	3.27	8.74	0.31	0.19	11.30	21.82
Subbasin-17	75.33	1563.16	0.14	3.27	13.58	0.24	0.14	8.51	21.82
Subbasin-18	75.33	1836.88	0.10	3.27	10.07	0.31	0.19	11.24	21.82
Subbasin-19	75.33	4029.60	0.13	3.27	13.16	0.51	0.31	18.43	21.82
Subbasin-20	75.33	1411.81	0.09	3.27	9.36	0.26	0.16	9.44	21.82
Subbasin-21	75.33	1921.60	0.13	3.27	12.79	0.29	0.17	10.34	21.82
Subbasin-22	75.33	3345.80	0.09	3.27	8.55	0.55	0.33	19.71	21.82
Subbasin-23	75.33	2217.25	0.08	3.27	7.98	0.41	0.24	14.68	21.82
Subbasin-24	75.33	1463.99	0.12	3.27	11.84	0.24	0.14	8.65	21.82

Tablo 13. 2010 yılı HEC-HMS modeli için hesaplanan parametreler

Alt Havza	CN	L(m)	Y	S	Y	T _c	Lag (Sa)	Lag (DK)	Geçirimsiz yüzey (%)
Subbasin-1	83.8	2776.29	0.09	1.93	8.84	0.36	0.21	12.83	44.95
Subbasin-2	83.8	4346.69	0.09	1.93	9.45	0.49	0.30	17.75	44.95
Subbasin-3	83.8	2816.09	0.12	1.93	11.57	0.32	0.19	11.34	44.95
Subbasin-4	83.8	1095.72	0.20	1.93	19.79	0.11	0.07	4.07	44.95
Subbasin-5	83.8	2932.88	0.11	1.93	11.26	0.33	0.20	11.87	44.95
Subbasin-6	83.8	1879.19	0.09	1.93	8.56	0.26	0.16	9.54	44.95
Subbasin-7	83.8	2503.35	0.09	1.93	8.67	0.33	0.20	11.92	44.95
Subbasin-8	83.8	3769.95	0.08	1.93	7.86	0.48	0.29	17.38	44.95
Subbasin-9	83.8	2145.65	0.08	1.93	7.51	0.31	0.19	11.32	44.95
Subbasin-10	83.8	5933.91	0.12	1.93	11.52	0.57	0.34	20.63	44.95
Subbasin-11	83.8	1742.83	0.12	1.93	12.44	0.21	0.12	7.45	44.95
Subbasin-12	83.8	2441.13	0.09	1.93	8.89	0.32	0.19	11.54	44.95
Subbasin-13	83.8	1888.31	0.11	1.93	10.53	0.24	0.14	8.64	44.95
Subbasin-14	83.8	1826.19	0.08	1.93	7.57	0.28	0.17	9.91	44.95
Subbasin-15	83.8	2932.82	0.09	1.93	8.89	0.37	0.22	13.36	44.95
Subbasin-16	83.8	1692.99	0.09	1.93	8.74	0.24	0.14	8.68	44.95
Subbasin-17	83.8	1563.16	0.14	1.93	13.58	0.18	0.11	6.54	44.95
Subbasin-18	83.8	1836.88	0.10	1.93	10.07	0.24	0.14	8.64	44.95
Subbasin-19	83.8	4029.60	0.13	1.93	13.16	0.39	0.24	14.16	44.95
Subbasin-20	83.8	1411.81	0.09	1.93	9.36	0.20	0.12	7.26	44.95
Subbasin-21	83.8	1921.60	0.13	1.93	12.79	0.22	0.13	7.94	44.95
Subbasin-22	83.8	3345.80	0.09	1.93	8.55	0.42	0.25	15.14	44.95
Subbasin-23	83.8	2217.25	0.08	1.93	7.98	0.31	0.19	11.28	44.95
Subbasin-24	83.8	1463.99	0.12	1.93	11.84	0.18	0.11	6.64	44.95

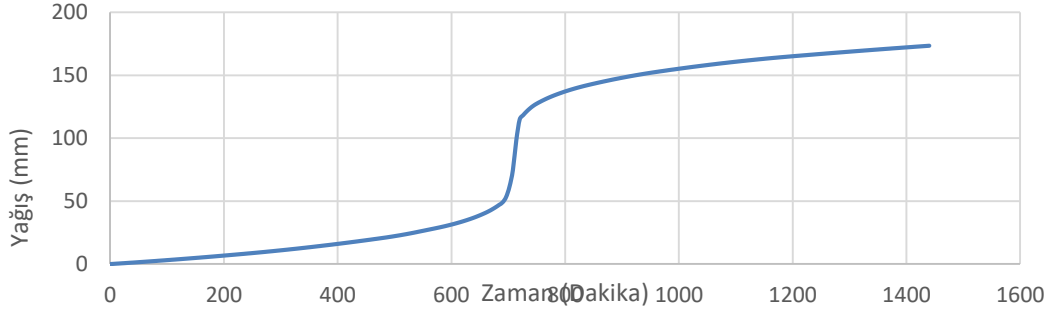
Tablo 14. 2015 yılı HEC-HMS modeli için hesaplanan parametreler

Alt Havza	CN	L(m)	Y	S	Y	T _c	Lag (Sa)	Lag (DK)	Geçirimsiz yüzey (%)
Subbasin-1	85.68	2776.29	0.09	1.67	8.84	0.33	0.20	12.02	51.19
Subbasin-2	85.68	4346.69	0.09	1.67	9.45	0.46	0.28	16.63	51.19
Subbasin-3	85.68	2816.09	0.12	1.67	11.57	0.30	0.18	10.62	51.19
Subbasin-4	85.68	1095.72	0.20	1.67	19.79	0.11	0.06	3.82	51.19
Subbasin-5	85.68	2932.88	0.11	1.67	11.26	0.31	0.19	11.12	51.19
Subbasin-6	85.68	1879.19	0.09	1.67	8.56	0.25	0.15	8.93	51.19
Subbasin-7	85.68	2503.35	0.09	1.67	8.67	0.31	0.19	11.16	51.19
Subbasin-8	85.68	3769.95	0.08	1.67	7.86	0.45	0.27	16.28	51.19
Subbasin-9	85.68	2145.65	0.08	1.67	7.51	0.29	0.18	10.60	51.19
Subbasin-10	85.68	5933.91	0.12	1.67	11.52	0.54	0.32	19.32	51.19
Subbasin-11	85.68	1742.83	0.12	1.67	12.44	0.19	0.12	6.98	51.19
Subbasin-12	85.68	2441.13	0.09	1.67	8.89	0.30	0.18	10.81	51.19
Subbasin-13	85.68	1888.31	0.11	1.67	10.53	0.22	0.13	8.09	51.19
Subbasin-14	85.68	1826.19	0.08	1.67	7.57	0.26	0.15	9.28	51.19
Subbasin-15	85.68	2932.82	0.09	1.67	8.89	0.35	0.21	12.52	51.19
Subbasin-16	85.68	1692.99	0.09	1.67	8.74	0.23	0.14	8.13	51.19
Subbasin-17	85.68	1563.16	0.14	1.67	13.58	0.17	0.10	6.12	51.19
Subbasin-18	85.68	1836.88	0.10	1.67	10.07	0.22	0.13	8.09	51.19
Subbasin-19	85.68	4029.60	0.13	1.67	13.16	0.37	0.22	13.26	51.19
Subbasin-20	85.68	1411.81	0.09	1.67	9.36	0.19	0.11	6.80	51.19
Subbasin-21	85.68	1921.60	0.13	1.67	12.79	0.21	0.12	7.44	51.19
Subbasin-22	85.68	3345.80	0.09	1.67	8.55	0.39	0.24	14.18	51.19
Subbasin-23	85.68	2217.25	0.08	1.67	7.98	0.29	0.18	10.56	51.19
Subbasin-24	85.68	1463.99	0.12	1.67	11.84	0.17	0.10	6.22	51.19

Tablo 15. 2020 yılı HEC-HMS modeli için hesaplanan parametreler

Alt Havza	CN	L(m)	Y	S	Y	T _c	Lag (Sa)	Lag (DK)	Geçirimsiz yüzey (%)
Subbasin-1	86.43	2776.29	0.09	1.57	8.84	0.32	0.19	11.69	53.8
Subbasin-2	86.43	4346.69	0.09	1.57	9.45	0.45	0.27	16.18	53.8
Subbasin-3	86.43	2816.09	0.12	1.57	11.57	0.29	0.17	10.34	53.8
Subbasin-4	86.43	1095.72	0.20	1.57	19.79	0.10	0.06	3.71	53.8
Subbasin-5	86.43	2932.88	0.11	1.57	11.26	0.30	0.18	10.82	53.8
Subbasin-6	86.43	1879.19	0.09	1.57	8.56	0.24	0.14	8.69	53.8
Subbasin-7	86.43	2503.35	0.09	1.57	8.67	0.30	0.18	10.87	53.8
Subbasin-8	86.43	3769.95	0.08	1.57	7.86	0.44	0.26	15.84	53.8
Subbasin-9	86.43	2145.65	0.08	1.57	7.51	0.29	0.17	10.32	53.8
Subbasin-10	86.43	5933.91	0.12	1.57	11.52	0.52	0.31	18.80	53.8
Subbasin-11	86.43	1742.83	0.12	1.57	12.44	0.19	0.11	6.79	53.8
Subbasin-12	86.43	2441.13	0.09	1.57	8.89	0.29	0.18	10.52	53.8
Subbasin-13	86.43	1888.31	0.11	1.57	10.53	0.22	0.13	7.87	53.8
Subbasin-14	86.43	1826.19	0.08	1.57	7.57	0.25	0.15	9.04	53.8
Subbasin-15	86.43	2932.82	0.09	1.57	8.89	0.34	0.20	12.18	53.8
Subbasin-16	86.43	1692.99	0.09	1.57	8.74	0.22	0.13	7.92	53.8
Subbasin-17	86.43	1563.16	0.14	1.57	13.58	0.17	0.10	5.96	53.8
Subbasin-18	86.43	1836.88	0.10	1.57	10.07	0.22	0.13	7.87	53.8
Subbasin-19	86.43	4029.60	0.13	1.57	13.16	0.36	0.22	12.91	53.8
Subbasin-20	86.43	1411.81	0.09	1.57	9.36	0.18	0.11	6.61	53.8
Subbasin-21	86.43	1921.60	0.13	1.57	12.79	0.20	0.12	7.24	53.8
Subbasin-22	86.43	3345.80	0.09	1.57	8.55	0.38	0.23	13.80	53.8
Subbasin-23	86.43	2217.25	0.08	1.57	7.98	0.29	0.17	10.28	53.8
Subbasin-24	86.43	1463.99	0.12	1.57	11.84	0.17	0.10	6.05	53.8

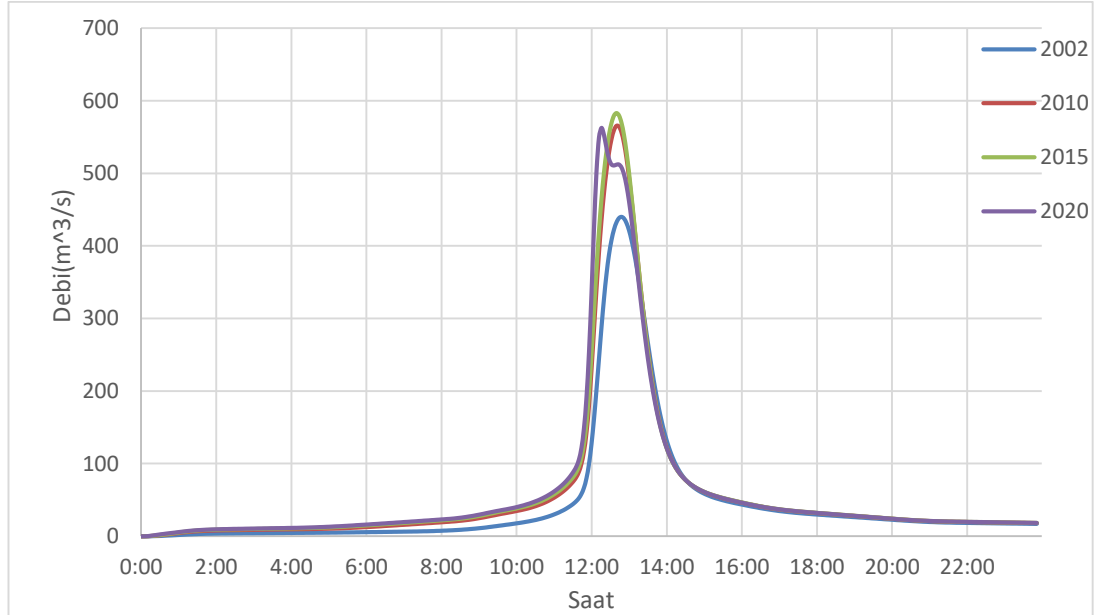
Yağış Tablo 4'ten alınmış ve 24 saatlik yağış yani 173 mm ve 24 saat da dağılımı Şekil 15'te verilmiştir. Tüm modelde aynı yağış verileri kullanılmıştır. Şekil 16 incelendiğinde 0-600 dakika ve 800-1600 dakikalar arasında normal fakat 600-800 dakikalar arası çok sağanak yağdığı meydana gelmiştir.



Şekil 16. SCS type II 24 saat kümülatif yağış dağılımı.

3.4. HEC-HMS Model Sonuçları

Şekil 17'da elde edilen hidrograflar Tablo 16 ile karşılaştırılmıştır. Burada görüldüğü gibi 2002 yılında 440,1 m³/sn iken 2010 yılında 565 m³/sn debi oluşacaktır. 2015 yılında 582,8 m³/sn ve 2020 yılında 562 m³/sn olarak maksimum değerler elde edilmiştir. Alt havzalar için elde edilen karşılaştırılmalı hidrograflar ekte gösterilmiştir.



Şekil 17. Havzanın çıkış noktasında hidrografların karşılaştırması.

Tablo 16. Seçilmiş yıllarda havzalarına ait maksimum debiler

Alt Havza No	Yıla ait maksimum debiler (m ³ /s)			
	2002	2010	2015	2020
1	40	54.2	57.7	58.9
2	93.1	185.8	193.8	161.2
3	46.2	74	193.8	72.6
4	18.2	18.2	18.9	17.6
5	51.9	70.1	73.9	69.5
6	17.9	23.6	24.5	23.9
7	36.8	49.7	52.4	61.8
8	30	41.8	44.8	45.8
9	37.6	50.7	53.2	41.1
10	127.3	180.3	191.8	300.2
11	29.7	40.2	40.2	39
12	29.9	40.2	31.5	31.5
13	26.1	33.7	35.6	29.3
14	26.2	35.2	36.5	40.3
15	38.1	51.9	55.5	59.6
16	15.4	20	21.1	19.8
17	14.4	17.2	18.2	14.1
18	18.6	20	21	24.4
19	106.3	129.7	139.3	188.3
20	13.2	13.2	13.6	15.8
21	21.4	29.2	30.3	26.2
22	46.4	72.8	76.5	76.6
23	15.5	20.9	21.9	23.3
24	23.2	28.8	30.3	31.9
Çıkış	440.1	565.7	582.8	562.5

Birinci havzada 2002 yılının debisi 40m³/s ve 2020 yılına maksimum yağış debisi 58,940m³/s 'ye çıkmıştır yani 2020 yılında 2002 yılına göre yaklaşık 1,5 kat yükselmiştir.

10. havzaya bakılırsa (6.07km²) en büyük havza sayılır 2002 yılında maksimum akış debisi 127.3 m³/s hesaplanmıştır. 2020 yılında maksimum akış debisi 300.2 m³/s' ye kadar çıkmıştır. 2002 yılına göre kıyaslanırsa yaklaşık olarak 2,5 kattına çıkmıştır, genel olarak küçük havzalarda 2002 yılından 2010 yılına kadar maksimum akış debisi % 7,5'ten % 20'ye kadar çıkmıştır. 2010 yılından 2015 yılına kadar küçük havzalarda genelde akış debisi %5,8'den % 14'de kadar çıkmıştır. 2002'den 2020 yılına kadar genel olarak küçük havzalarda %25'ten %50'ye kadar çıkmıştır, ama büyük havzalarda bu yüzdeleri fazla çıkmıştır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsanların kırsal alanlardan kentsel alanlara göç etmesi, nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için arazi kullanımı ve arazi örtüsünde (LULC) değişikliklere neden olmuştur ve bu nedenle tüm gelişmekte olan ülkelerde yaşam alanlarında bir büyüme söz konusu olmuştur. İstanbul Esenyurt, arazi kıtlığı ile karşı karşıyadır ve yatay gelişmenin yanı sıra mevcut yağmur suyu drenaj sisteminin kapasitesini artırma konusunda sınırlamalara sahiptir ve tüm mevsimlerinde sık sık taşkın baskınlarına eğilimlidir. Bu çalışmada, İstanbul Esenyurt havzasında 18 yıllık değişimler göz önünde bulundurularak LULC ve kentleşmenin taşkın üzerindeki etkileri araştırılmıştır. HEC-HMS, Google Earth, AutoCAD ve uzaktan algılama ile manual olarak verilerin çizimi, hidrolojik ve hidrolik modellerinin entegre yaklaşımı, yağış akışı ve taşkın ovası modellemesinde kullanılmıştır. İstanbul Esenyurt havzasının kullanımı ve arazi örtüsü (LULC) 18 yıl boyunca (2002 ve 2020 yılları arasında) yapılaşma alanlarda %92,04 artış, (2010-2020 yıllar arasında) taş kaldırım kaplayan yolların ve asfalt yolların alanları sırası ile %4, %106 artışı ve (2002-2020 yıllar arası) boş arazilerde ve % 48,9 azalma gösterilmiştir. Maksimum akış debi ise, 2002 ile 2020 yılları arasındaki yani 18 yıllık süre içinde % 27,81 artışı göstermektedir.

Genel olarak, geçmiş 18 yıllık dönem için, yerleşim alanında %92,04 artış, açık alanlarda (boş arazilerde) % 48,9 azalma, (2010-2020 yıllar arasında) taş kaldırım kaplayan yolların ve asfalt yollarında sırası ile %4, %106 artışı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, İstanbul Esenyurt ilçesinde bir havzanın yüzey akışını tahmin etmek için HEC-HMS modeli 4 farklı zaman diliminde karşılaştırılmıştır. Elde edilen hidrograflar, havzanın 18 yıllık dönüş periyodundaki yağış olaylarına tepkileri olarak tahmin edilmektedir. 2002, 2010, 2015, 2020 yıllarına ait 24 alt havza için akış debileri hesaplanmıştır. HEC-HMS modelinin kullanılması durumunda, CN ve gecikme süresi parametrelerinin daha duyarlı olduğu ve geçirimsizliğin, pik hidrografının hesaplanmasında nispeten daha az duyarlı olduğu sonucuna varılabilir. Daha sonra, pik debi ve pik süreyi içeren hesaplanan hidrografların özellikleri, gözlenen hidrografların aynı özellikleriyle karşılaştırıldı ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Sözü edilen 4 parametrenin hidrografların özellikleri üzerindeki etkisinin istatistiksel analizi, HEC-HMS modelini üzerinde iyi performansını göstermiştir.

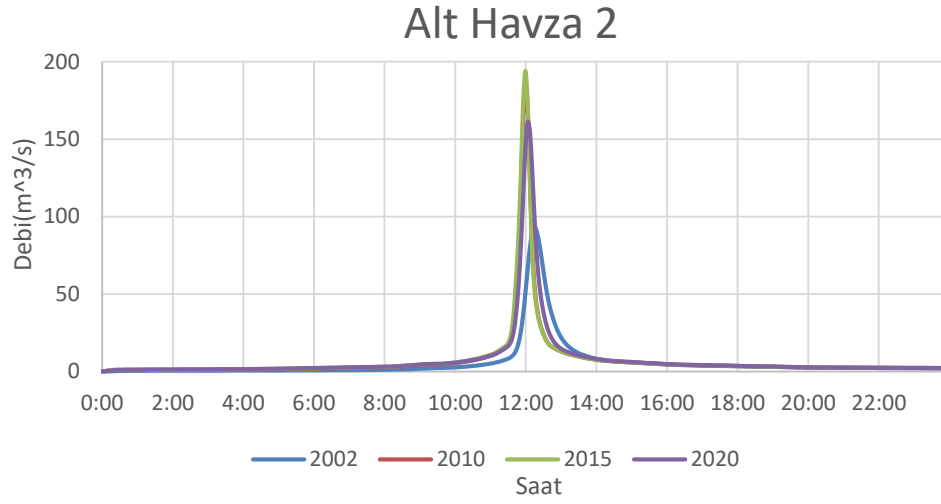
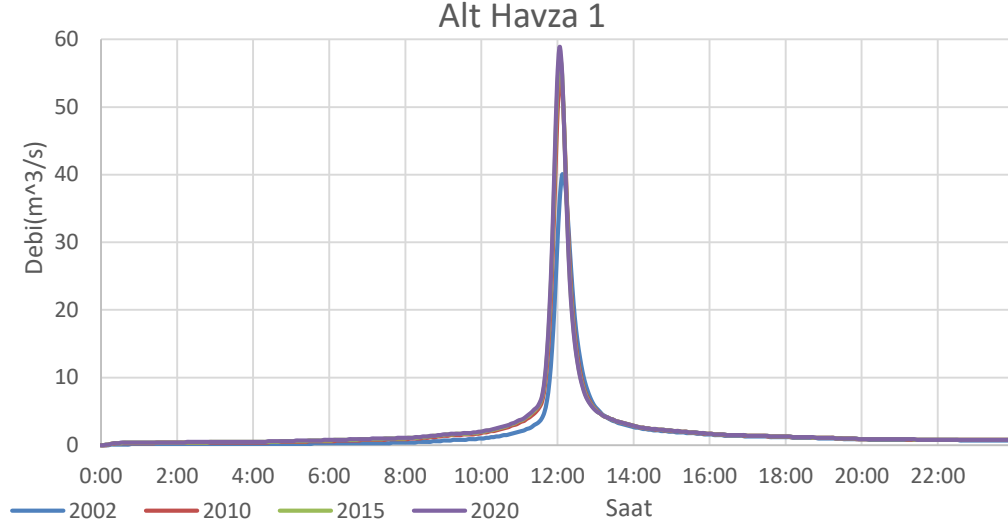
KAYNAKÇA

- Akyurek, Z., Bozođlu, B., Sürer, S., Mumcu, H. (2015). Upstream structural management measures for an urban area flooding in Turkey METU, *Civil Eng. Dept. Water Resources Lab, Ankara, Turkey*.
- Beyazit, Y., Cengiz, K., Recep, B. (2020). Urbanization impacts on flash urban floods in Bodrum Province, *Turkey Hydrological Science Journal*.
- Chen, J., Theller, L., Gitau, M., Engel, B., Harbor, J. (2017). Urbanization impacts on surface runoff of the contiguous United States. *Journal of Environmental Management* 2017 Vol.187 pp.470-481.
- Duaa, A., Jaber, A., Abdullah, A. Alsumaie (2020). İmpact of Urbanization of desert flash flood generation , *Centre for Water Resources, Anna University, Chennai* 600 025, India).
- Emin, T., Yılmaz, İ., İsmail, Z. (2016). Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Taşkın Zarar Analizi, *AKU J. Sci. Eng.* 16 (2016) 035602 (711-721).
- Francisco, O., Buren, B. DeFee.(2007). urbanization and Its Effect On Runoff in the Whiteoak Bayou Watershed, Texas *The Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*.
- Hyeonjun, K. James, D. Miller, a. Thomas, R. Kjeldsen, c. John Packman, a. Stephen Grebby, d. Rachel, D. (2014). Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in impervious cover. Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath, Bath BA2 7AY, United Kingdom.
- Kyoung, Jae L., Bernard, A., Engel Suresh, M., Jon, H. (2007). effects of initial abstraction and urbanization on estimated runoff using CN *technology Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*.
- Leslie, A. Muñoz. Francisco, O., Matthew, G., Philip, B.(2018). The impact of urbanization on the streamflows and the 100-year floodplain extent of the Sims Bayou in Houston, Texas. Taylor & Francis & *International Association for Hydro-Environment Engineering and Research*.
- Ludovic, O., Salavati, B., Furusho, P., Ribstein, P., Saadi, M. (2018). Hydrological impacts of urbanization at the catchment scale. *Journal of Hydrology* 774-786.
- Mehmet, D. (2016), Alibey köy havzasının Hidrodinamik Modeli ve Kentleşme Süreci Çevresinde Taşkın Risk Haritalarının Çıkarılması. *İstanbul Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Doktora Tezi*
- Mehmet, K. (2002). Şehirleşmenin Küresel İklim Sapmaları ve Taşkınlar Üzerindeki Etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi* Sayı:6, Temmuz-2002 İstanbul

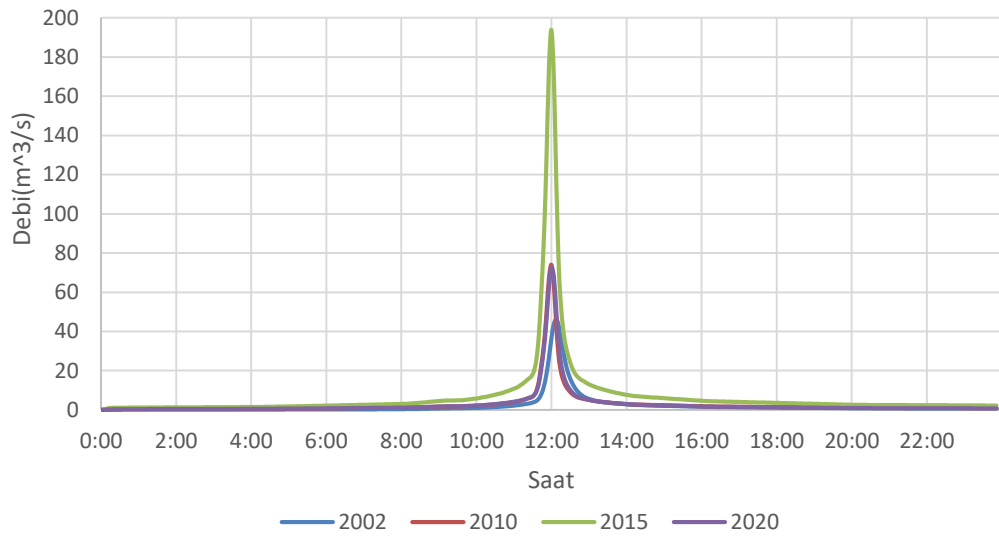
- (url-1) https://www.sieker.de/fileadmin/_processed_/d/8/csm_Veraenderung_des_Wasserhaushaltes_durch_Urbanisierung_aaf50601d2.png
- (url-2) (<https://pubs.usgs.gov/fs/fs07603/>)
- (url-3) [https://tr.wikipedia.org/wiki/Esenyurt ilçesi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Esenyurt_ilçesi)
- (url-4) http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hyd/rational_method.htm?fbclid=IwAR2WFN6tsODA7usrqlnIGB8xf9kQnR6ZdU8ZwcORombAHXHv4VuG1kFTLpg
- (url-5) Yüzey Akış Hesaplama Yöntemleri. İstanbul İçmesuyu ve Kanalizasyon Master Planı Hazırlanması İşİ -Taşkın Hidroloji Raporu - Kısım 4 (Yağmursuyu ve Dereler)-İski Master Plan Ortak Girişimi
- (url-6) <https://www.encyclopedia.com/environment/energy-government-and-defense-magazines/rainfall>
- (url-7) https://tr.wikipedia.org/wiki/Su_d%C3%B6ng%C3%BCs%C3%BC#/media/Dosya:Water_cycle_tr.jpg
- (url-8) https://en.wikipedia.org/wiki/Surface_runoff
- (url-9) <http://avesis.ege.edu.tr/resume/downloadfile/gokcen.yonter?key=809daa05-6d05-4d5b-b951-1e6aebde1294>, Yöner, G. Havzalarda
- (url-10) https://en.wikipedia.org/wiki/Runoff_curve_number
- (url-11) http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hyd/rational_method.htm?fbclid=IwAR2WFN6tsODA7usrqlnIGB8xf9kQnR6ZdU8ZwcORombAHXHv4VuG1kFTLpg
- (url-12) <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>
- (url-13) <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/urbanization/>.

EKLER

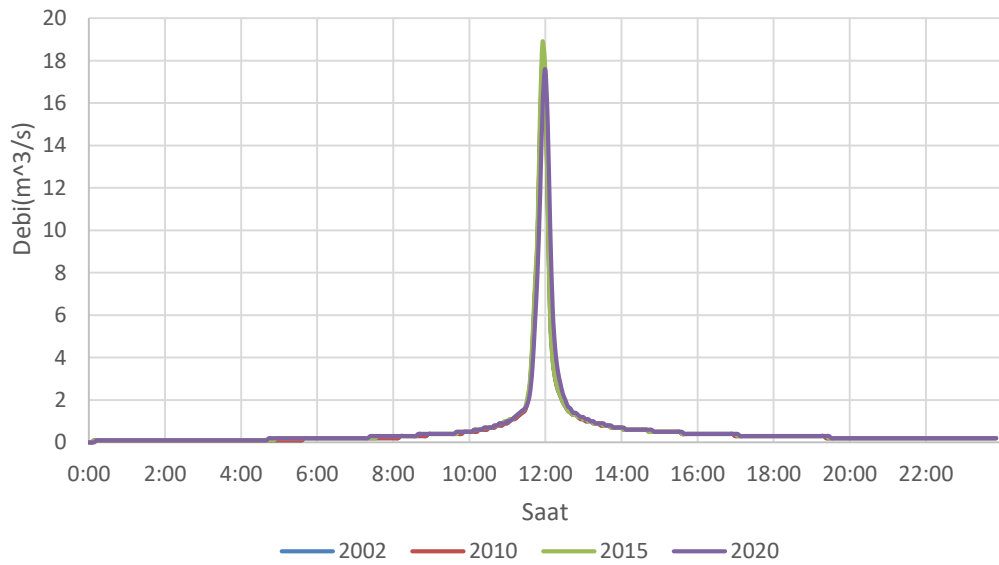
Alt Havzaların karşılaştırmalı hidrografları



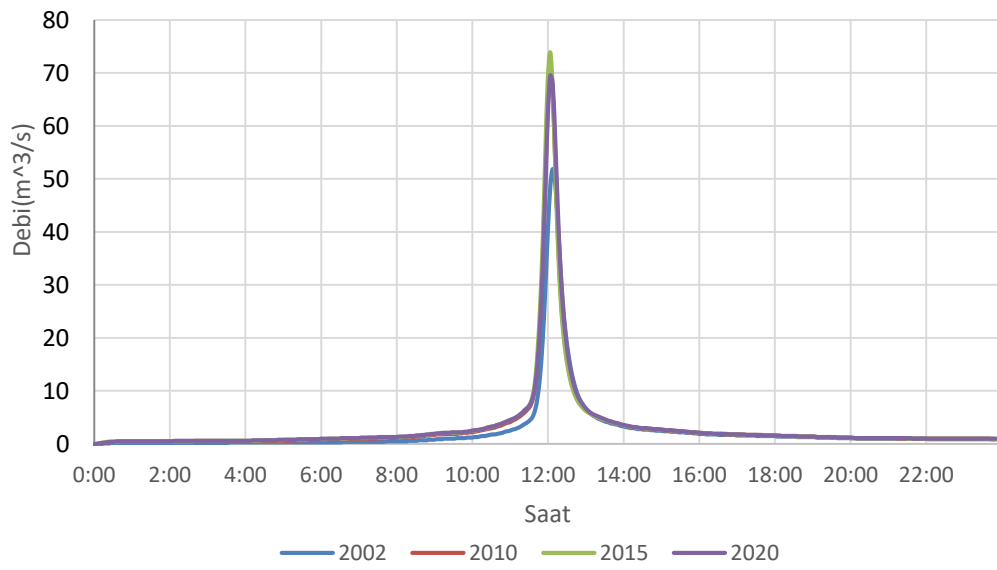
Alt Havza 3



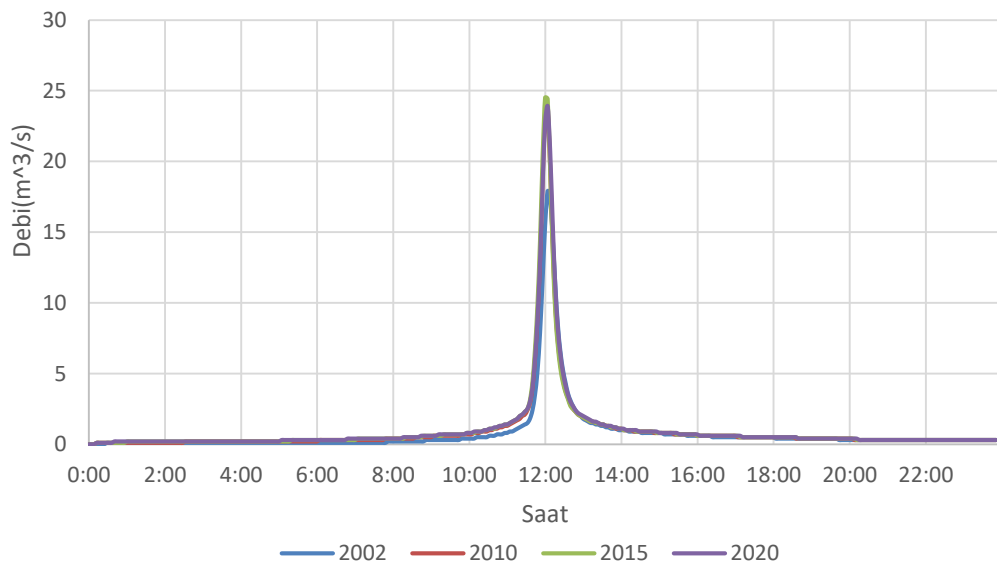
Alt Havza 4



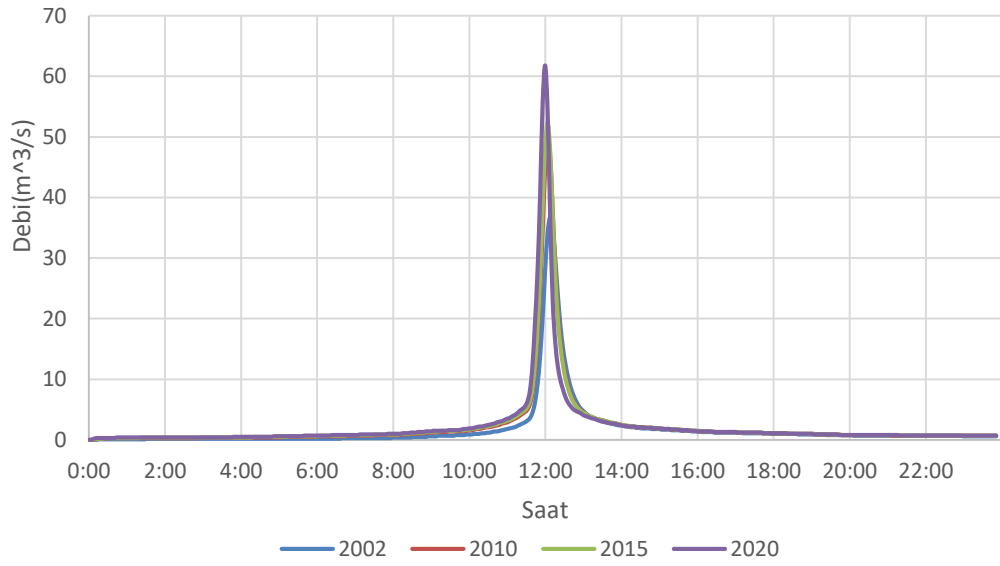
Alt Havza 5



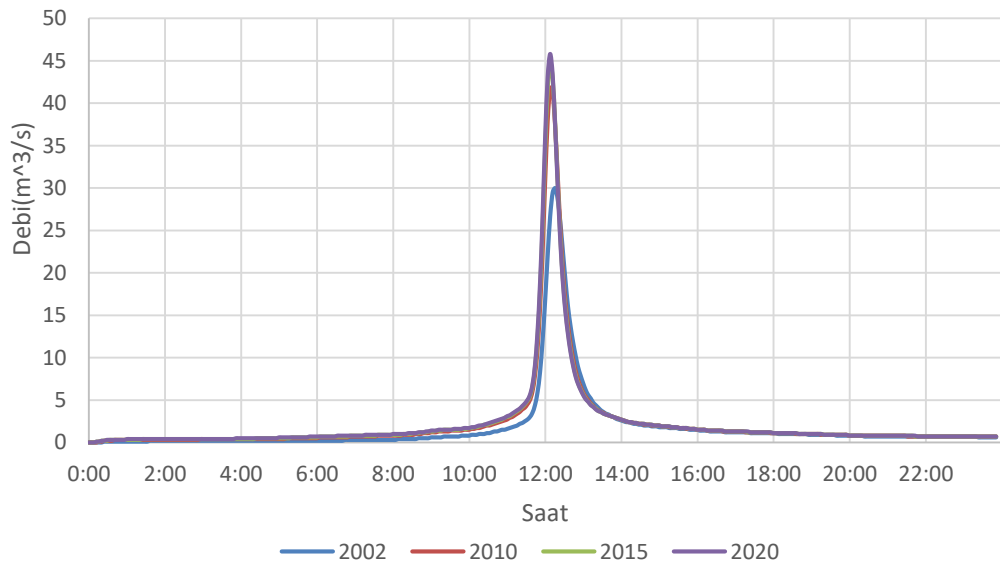
Alt Havza 6



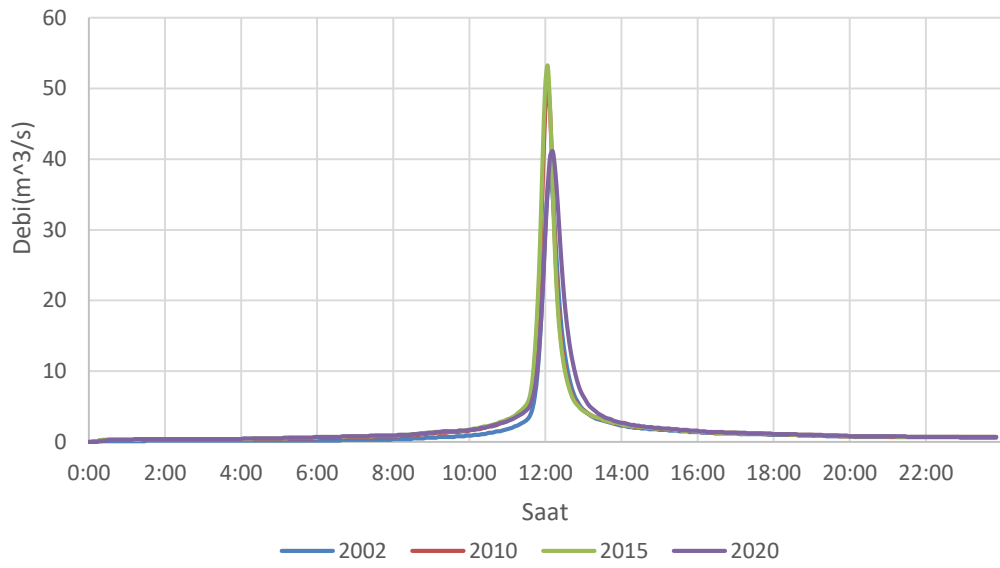
Alt Havza 7



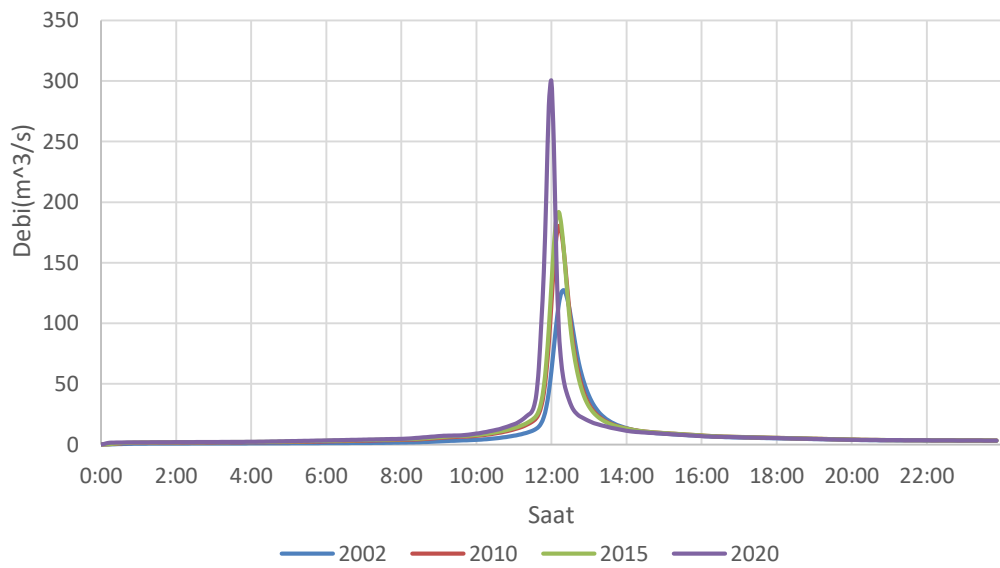
Alt Havza 8



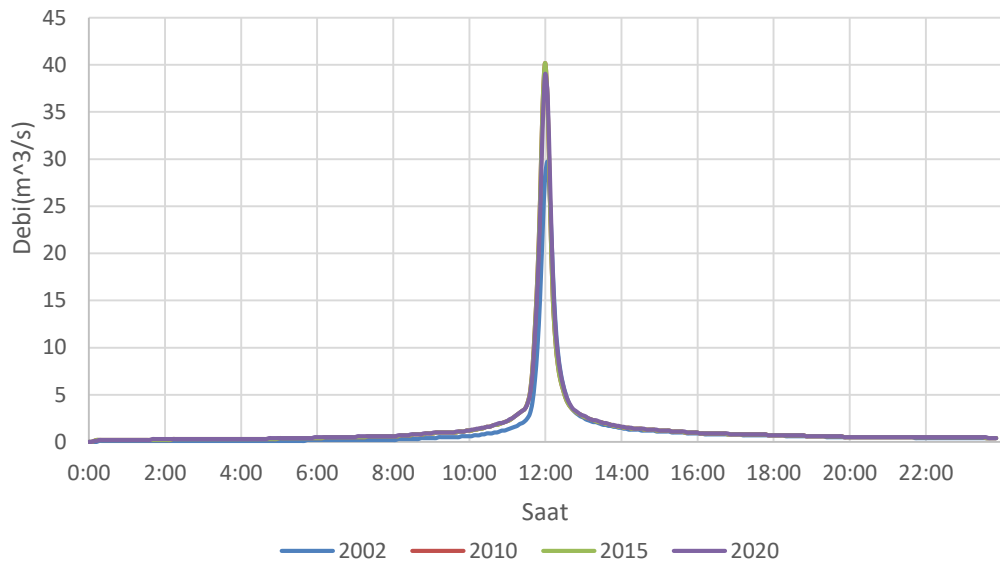
Alt Havza 9



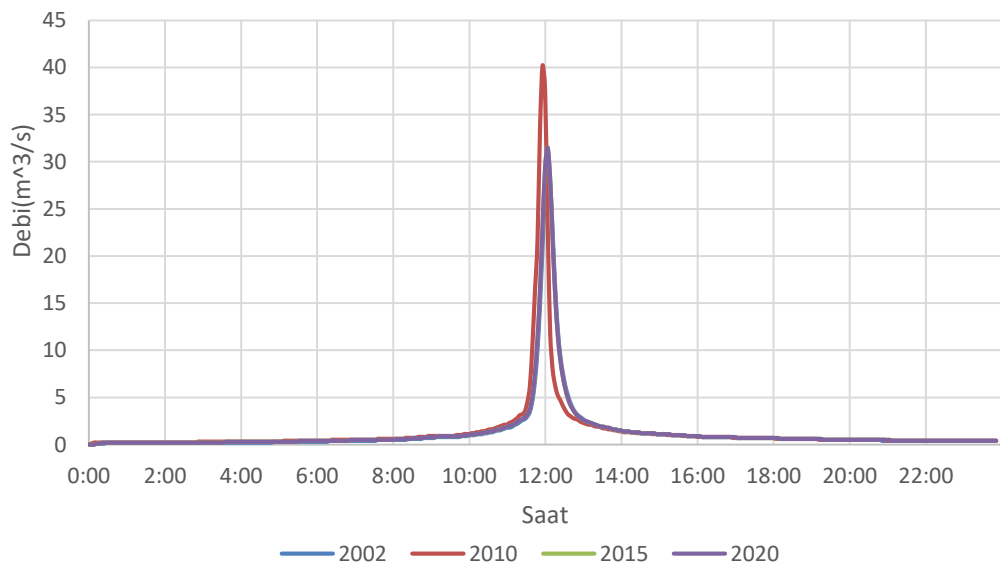
Alt Havza 10



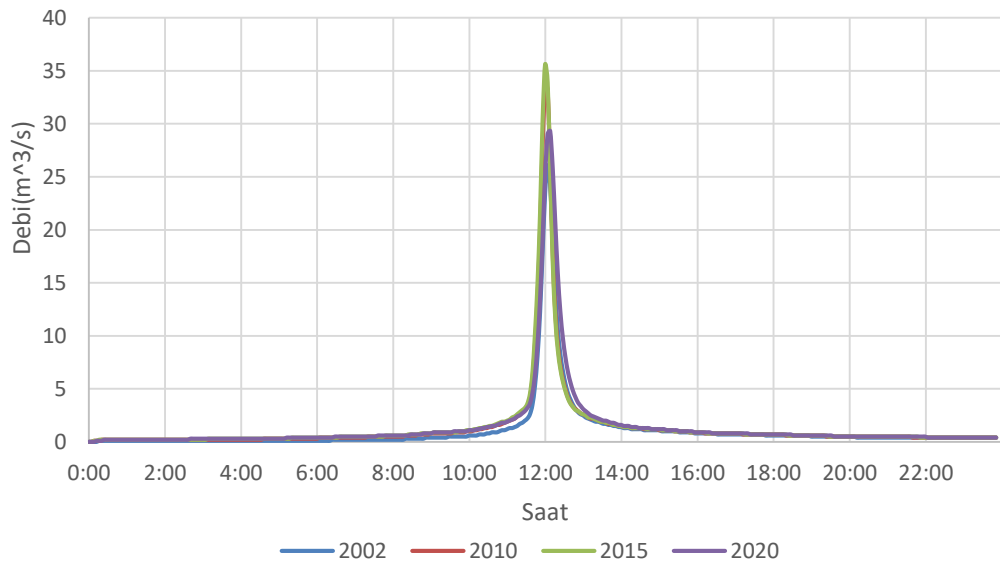
Alt Havza 11



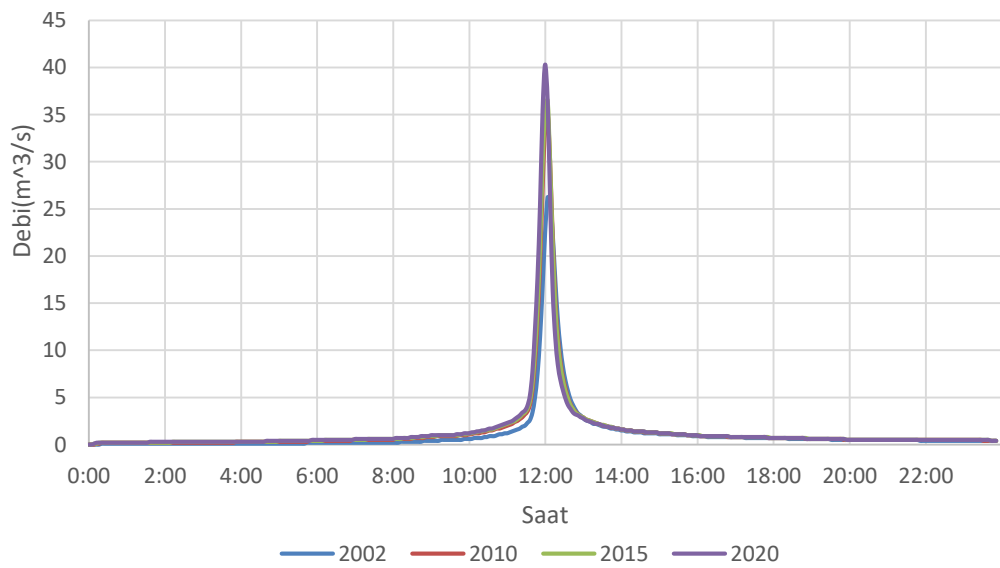
Alt Havza 12



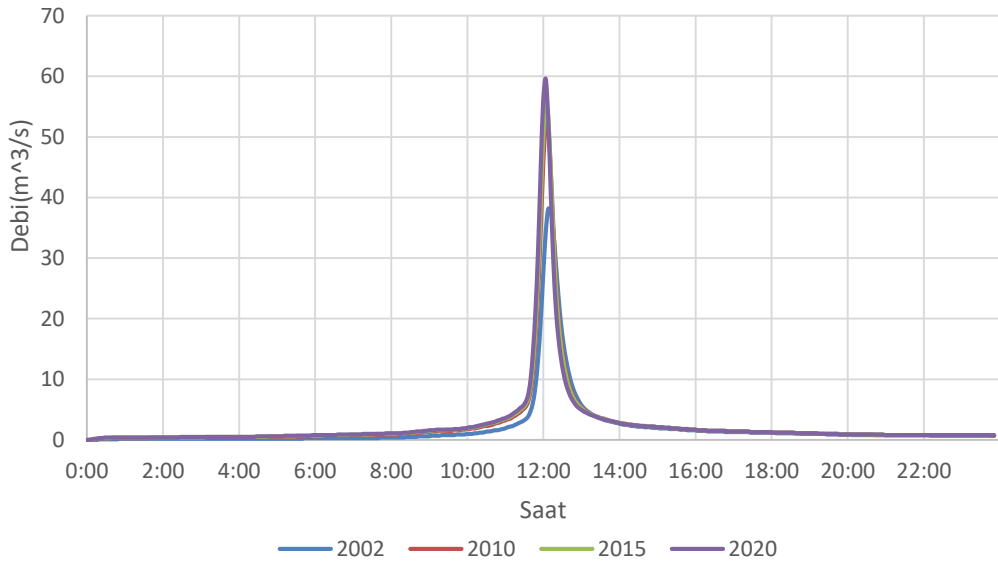
Alt Havza 13



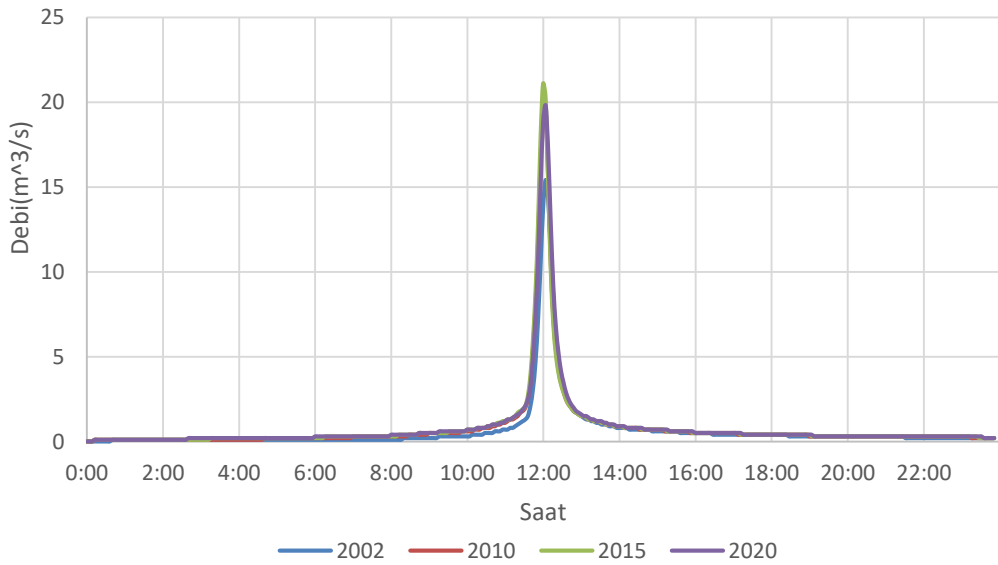
Alt Havza 14



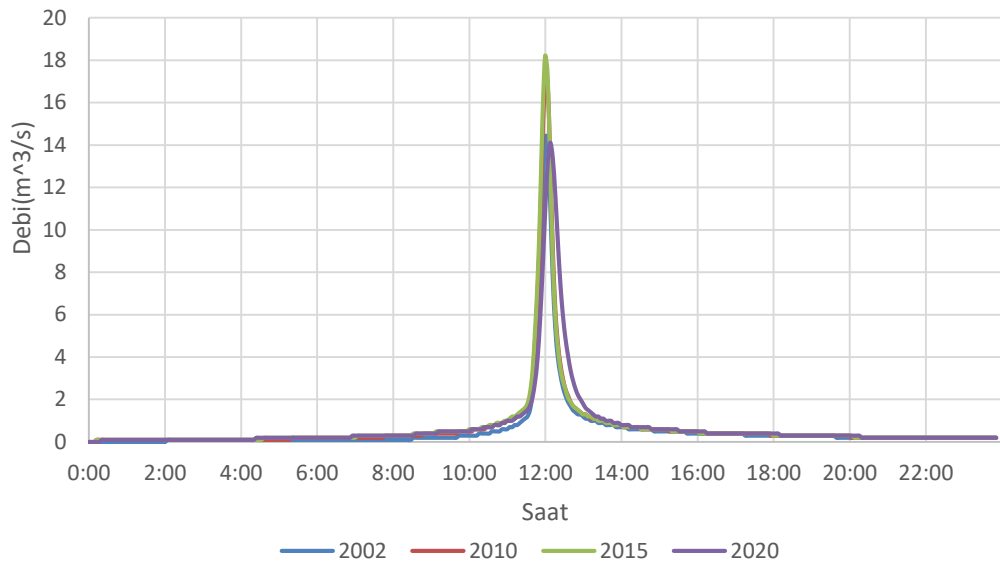
Alt Havza 15



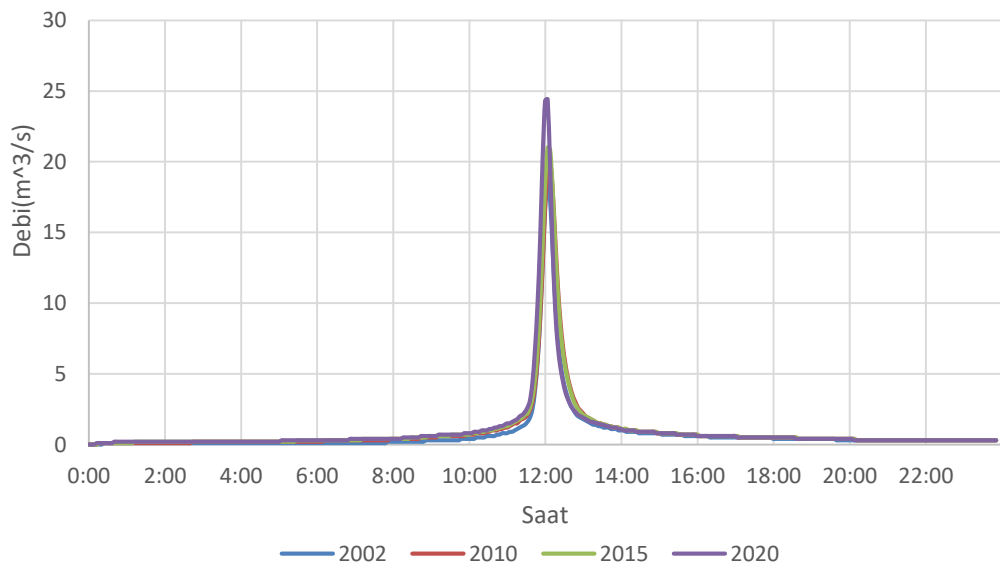
Alt Havza 16



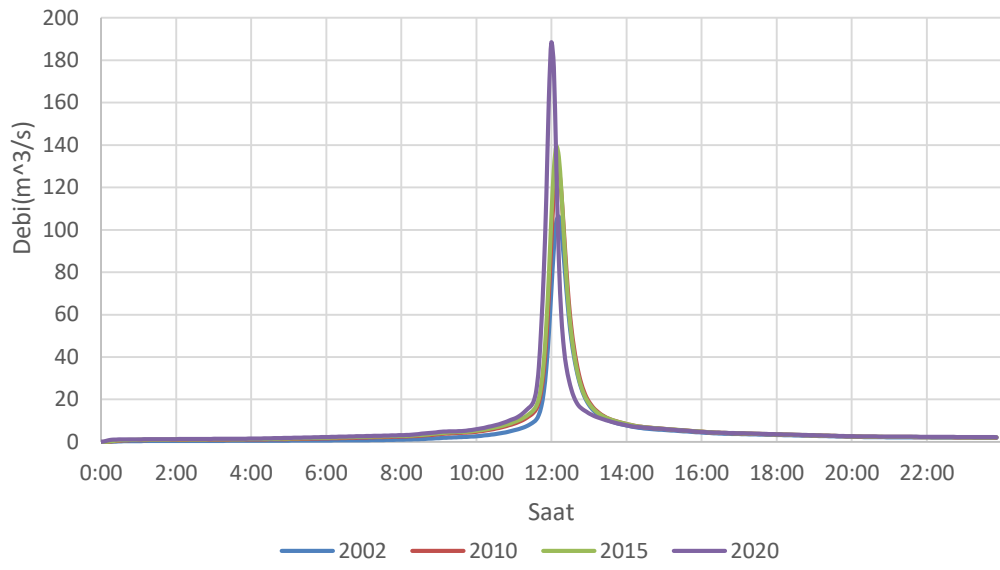
Alt Havza 17



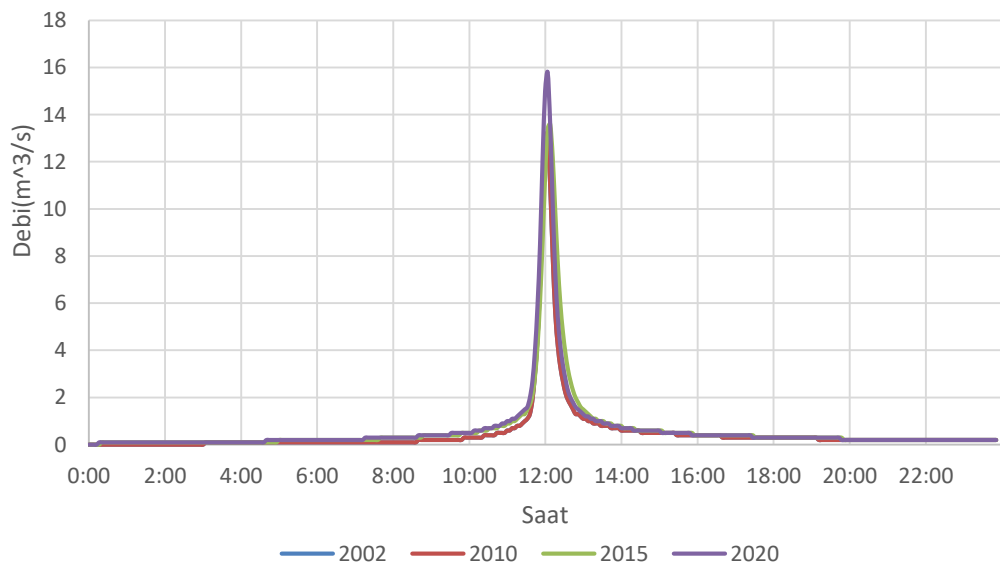
Alt Havza 18



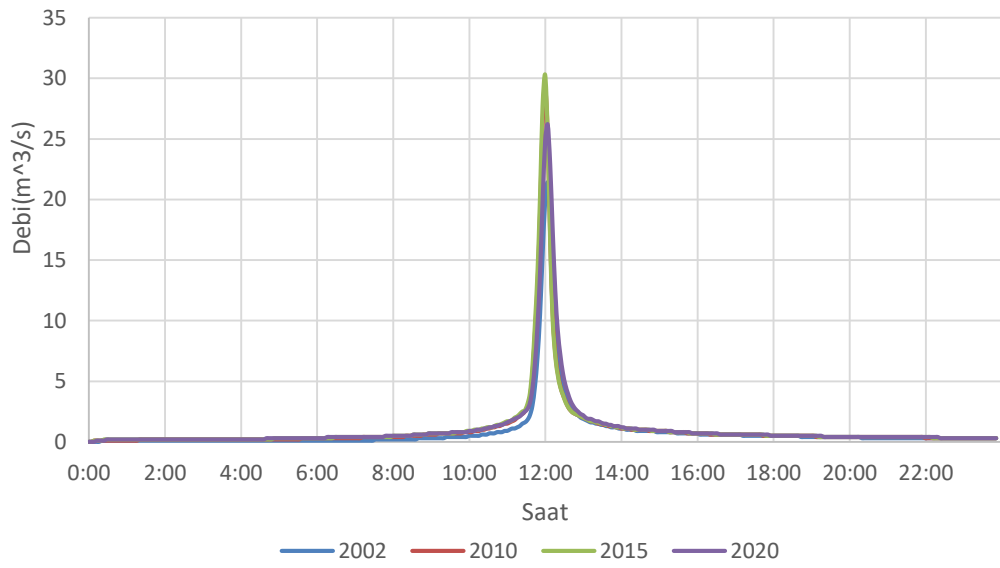
Alt Havza 19



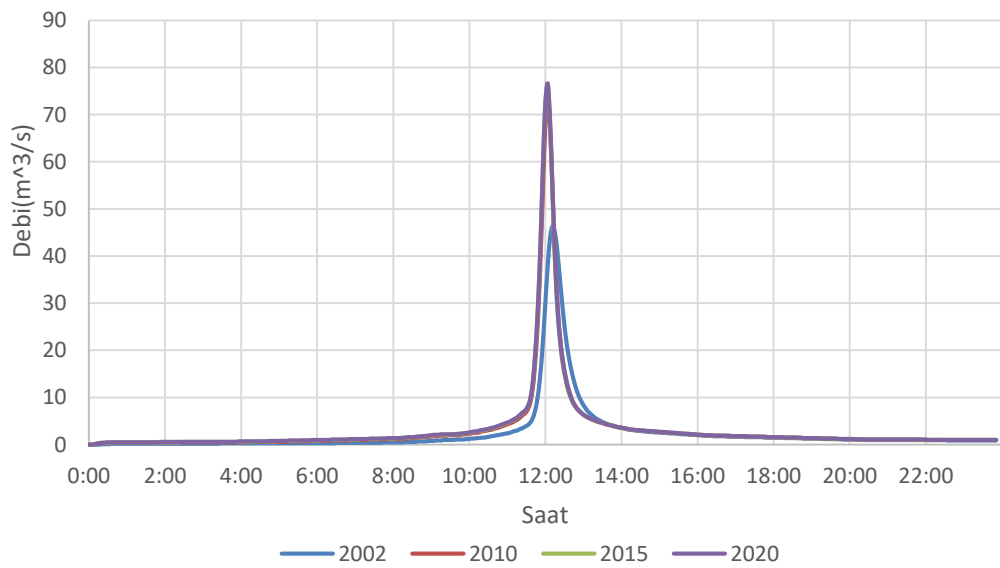
Alt Havza 20



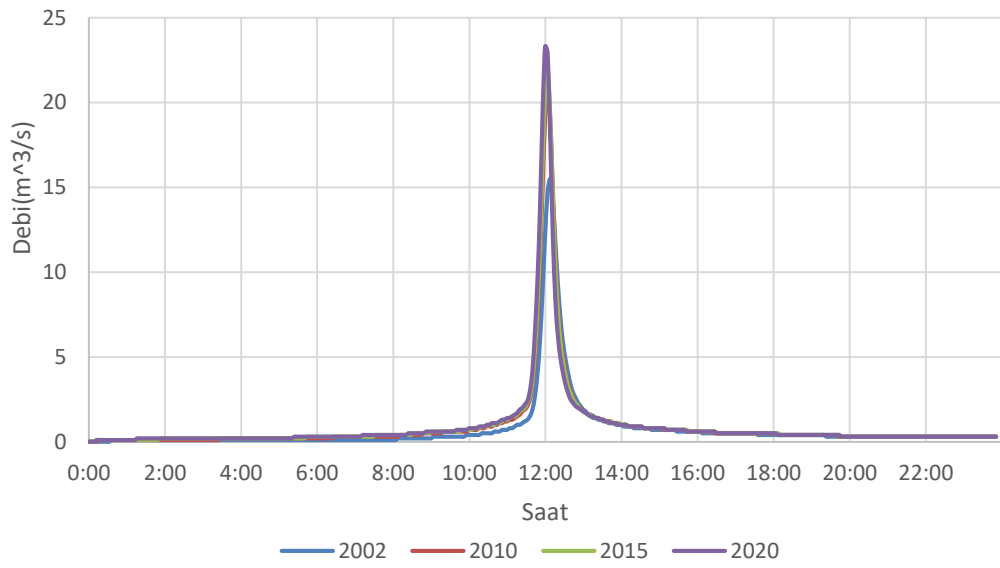
Alt Havza 21



Alt Havza 22



Alt Havza 23



Alt Havza 24

