

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI HİDROLOJİK HAVZA
MODELLEMESİ VE MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMİYLE HİDROGRAF
TAHMİNİ**

Burak CAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARALIK 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI HİDROLOJİK HAVZA
MODELLEMESİ VE MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMİYLE HİDROGRAF
TAHMİNİ**

Burak CAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARALIK 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI HİDROLOJİK HAVZA
MODELLEMESİ VE MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMİYLE HİDROGRAF
TAHMİNİ

Burak CAN
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 23/12/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Halil İbrahim BURGAN

Doç. Dr. Rıfat TÜR

Dr. Öğr. Üyesi Murat KİLİT

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Hidrolojik Havza Modellemesi ve Makine Öğrenmesi Yöntemiyle Hidrograf Tahmini

Burak CAN

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Halil İbrahim BURGAN

Aralık 2024; 125 sayfa

Su canlılar için vazgeçilmez bir unsurdur. İnsanlar sudan yararlanmak için başlangıçta su kaynaklarına yakın yerlerde konaklayarak ihtiyaçlarını gidermişlerdir. Artan nüfus ve tarım faaliyetleriyle birlikte suya ihtiyaç artmış çeşitli iletim ve depolama yöntemleri geliştirilmiştir. Günümüzde ise artan nüfus, sanayileşme, tüketim artışı ve küresel ısınma gibi etkenler temiz su kaynaklarının tükenmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple akarsu havzalarının kapsamlı ve sürdürülebilir bir plan dahilinde yönetilmesi gerektirmektedir. Akarsu havzalarında kapsamlı bir planlama yapılabilmesi için akarsu hidrograflarının tahmin edilebilmesi çok büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Batı Akdeniz Havzasında bulunan Ağva, Ulupınar; Antalya Havzasında bulunan Çandır, Doyran ve Karaman Derelerinin CBS (Coğrafi bilgi sistemleri) tabanlı bir program olan NetHydro kullanılarak hidrolojik havza modellemesi yapılmıştır. Öncelikle ASTER (Gelişmiş uzay kaynaklı termal emisyon ve yansıma radyometresi) GDEM (Küresel sayısal yükselti modeli) verileri indirilmiş, sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş ve AGİ (akım gözlem istasyonu) konumlarına göre havza sınırları belirlenmiştir. Thiessen alanları yöntemi ile yağış alanları belirlenmiş ve yağış gözlem istasyonu verileri Kolmogorov-Smirnov testine tabi tutulup havza üzerine düşen yağış miktarları hesaplanmıştır. Akarsuların taşkın debileri DSİ (Devlet Su İşleri) sentetik, SCS (Toprak koruma servisi), Snyder ve Mockus yöntemleri ile hesaplanmıştır. Ayrıca, AGİ verileri kullanılarak istatistiksel olarak taşkın debileri tahmin edilmiş ve daha önce yapılan çalışmalarla elde edilen taşkın debileri kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Batı Akdeniz ve Antalya Havzalarında istatistiksel yöntemlerin değerlendirme ölçütlerine göre performansının iyi olmadığı anlaşılmıştır. DSİ sentetik ve SCS birim hidrograf yöntemlerinin bölge karakteristiğini yansıttığı, sonuçların daha önce yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmüştür. NetHydro programının tutarlı sonuçlar verdiği, hidrolojik çalışmalar için kolaylaştırıcı etkisi bulunduğu ve pratik bir alternatif olduğu düşünülmektedir.

Derin öğrenme yöntemlerinden olan LSTM (Uzun-kısa dönemli hafıza) mimarisi kullanılarak akım tahmini yapılmıştır. AGİ verileri kullanılarak Ağva, Ulupınar, Çandır, Doyran ve Karaman akarsularının akım tahmini yapılmıştır. LSTM mimarisinde optimizasyon yöntemi olarak Adam (uyarlanabilir moment tahmini),

RMSprop (karekök ortalama karesi yayılımı) ve SGDM (momentumlu stokastik gradyan inişi) kullanılmış; model hafızası 30, 60, 90 ve 120 gün olarak belirlenmiştir. Winsorize işlemi ise aykırı değerlerin etkisini azaltmak amacıyla %0, 2.5 ve 5 oranlarında uygulanmıştır. Model performansını ölçmek için NSE, R^2 , KGE, MSE, RMSE ve MAE değerlendirme ölçütleri kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde genel olarak en iyi sonuçlar Adam ile sonrasında sırasıyla RMSprop ve SGDM ile elde edilmiştir. Günlük hafıza açısından bakıldığında 60 ve 90 günlük sonuçların diğerlerine kıyasla daha iyi olduğu söylenebilir ancak tam bir tutarlılık bulunmamaktadır. Winsorize oranının artması model performansını iyileştirmiş, aykırı değerlerin etkisini azaltmıştır. Winsorize işlemi ile R^2 %80-97 aralığında bir değer almıştır. Bu durum model performansının veri yapısı ile doğrudan ilişkili olduğunu ve aykırı değerlerin tahmininde modelin performansının düştüğünü göstermektedir. LSTM modeli hidrograf tahmininde çok başarılıdır ve zayıf yönlerinin hibrit modeller veya yeni yaklaşımlar ile geliştirilmesi gerektiği saptanmıştır.

Sonuç olarak bu tez çalışması taşkın debisi hesaplamalarında DSİ ve SCS yöntemlerinin güvenilirliğini vurgularken, LSTM modelinin akım tahmini için etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. Çalışma, hidrolojik modelleme ve taşkın yönetimi konularında hem teorik hem de uygulamalı katkılar sunmaktadır.

ANAHTAR KELİMELE: Batı Akdeniz Havzası, Derin Öğrenme, Hidrograf Tahmini, Hidrolojik Modelleme, LSTM, NetHydro

JÜRİ: Doç. Dr. Halil İbrahim BURGAN

Doç. Dr. Rıfat TÜR

Dr. Öğr. Üyesi Murat KİLİT

ABSTRACT

Geographic Information Systems-Based Hydrological Basin Modeling and Hydrograph Prediction Using Machine Learning Methods

Burak CAN

MSc Thesis in Civil Engineering Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Halil İbrahim BURGAN

December 2024; 125 pages

Water is an indispensable resource for living organisms. Initially, people settled near water sources to meet their needs. However, with the growing population and the expansion of agricultural activities, the demand for water increased, leading to the development of various transmission and storage methods. Today, factors such as population growth, industrialization, increased consumption, and global warming are causing the depletion of clean water resources. Consequently, the comprehensive and sustainable management of river basins has become essential. Predicting river hydrographs is crucial for enabling effective planning and management of river basins.

In this study, hydrological watershed modeling of the Ağva, Ulupınar, Çandır, Doyran, and Karaman streams located in Antalya was carried out using the CBS-based program NetHydro. First, ASTER GDEM data was downloaded, a digital elevation model was created, and watershed boundaries were determined based on AGI locations. The Thiessen polygon method was used to determine precipitation areas, and rainfall data from observation stations were tested using the Kolmogorov-Smirnov test, and the precipitation amounts falling on the watershed were calculated. Flood discharges for the rivers were calculated using the DSI synthetic, SCS, Snyder, and Mockus methods. Additionally, flood discharges were statistically predicted using AGI data, and results were compared with previously obtained flood discharges from earlier studies. In the Western Mediterranean and Antalya Watersheds, it was understood that statistical methods could not be used effectively, as the results were far from actual values. It was observed that the DSI synthetic and SCS unit hydrograph methods reflected the regional characteristics, and the results were consistent with previous studies. The NetHydro program is considered to provide consistent results, facilitate hydrological studies, and offer a practical alternative.

Flow forecasting was carried out using the LSTM architecture, a deep learning method. Flow forecasts were made for the Ağva, Ulupınar, Çandır, Doyran, and Karaman streams using AGI data. In the LSTM architecture, optimization methods such as Adam, RMSprop, and SGDM were used, and the memory length of the model was determined to be 30, 60, 90, and 120 days. Winsorization was applied at 0%, 2.5%, and 5% levels to reduce the effect of outliers. NSE, R^2 , KGE, MSE, RMSE, and MAE

performance metrics were used to assess the model's performance. Upon examination of the results, it was found that the best results were obtained with Adam, followed by RMSprop and SGDM. In terms of daily memory, results for 60 and 90 days were generally better compared to others, but there was no complete consistency. Increasing the Winsorization ratio improved the model performance and reduced the impact of outliers. The Winsorization process resulted in an R^2 value ranging from 80% to 97%. This shows that the model performance is directly related to the data structure and that the model's performance decreases when predicting outliers. The LSTM model was very successful in flow forecasting, and it was concluded that its weaknesses should be addressed through hybrid models or new approaches.

In conclusion, this thesis emphasizes the reliability of the DSI and SCS methods in flood discharge calculations, while also demonstrating that the LSTM model is an effective method for flow prediction. The study provides both theoretical and practical contributions to hydrological modeling and flood management.

KEYWORDS: Batı Akdeniz Basın, Deep Learning, Hydrograph Forecasting, Hydrological Modeling, LSTM, NetHydro

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Halil İbrahim BURGAN

Assoc. Prof. Dr. Rıfat TÜR

Asst. Prof. Dr. Murat KİLİT

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince daima destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Halil İbrahim BURGAN 'a teşekkür ederim.

Bu çalışmada NetHydro kullanılmış olup yazılım desteği veren NetCAD Yazılım A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Çalışmam süresince manevi desteği ile her zaman yanımda olan, destekleyen müstakbel eşime ve aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Hidrolojik Havza Modellemesi ve Makine Öğrenmesi Yöntemiyle Hidrograf Tahmini” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

23/12/2024

Burak CAN



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	3
1.2. Çalışmanın Kapsamı.....	3
1.3. Konunun Önemi	3
1.4. Özgün Değer.....	4
1.5. Çalışmanın Düzeni	4
2. KAYNAK TARAMASI	5
2.1. Birim Hidrograf Yöntemleri ile Yapılan Çalışmalar.....	5
2.2. Yapay Zeka Yöntemleri ile Yapılan Çalışmalar	6
3. MATERYAL VE METOT	9
3.1. Çalışma Alanı	11
3.1.1. Meteorolojik özellikler	12
3.1.2. Jeolojik özellikler.....	12
3.1.3. Ağva Deresi	13
3.1.4. Ulupınar Deresi.....	13
3.1.5. Çandır Deresi	14
3.1.6. Doyran Deresi	15
3.1.7. Karaman Deresi	16
3.2. Veriler.....	16
3.3. Hidrograf	22
3.3.1. Hidrograf elemanları.....	22
3.3.2. Birim hidrograf	23
3.4. Akarsu Havza Karakteristikleri	25

3.4.1. Havzanın şekli	25
3.4.2. Havza alanı	27
3.4.3. Havza eğimi	27
3.4.4. Akarsu mertebesi	28
3.4.5. Akarsu genişlik fonksiyonu	30
3.5. Ortalama Yağış Yüksekliği Hesap Yöntemleri	30
3.5.1. Aritmetik ortalama yöntemi.....	30
3.5.2. Thiessen yöntemi	31
3.5.3. İzohiyet yöntemi	32
3.6. Deterministik Yöntemler	33
3.6.1. Rasyonel yöntem	33
3.6.2. DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi.....	33
3.6.3. Mockus birim hidrograf yöntemi.....	34
3.6.4. Snyder birim hidrograf yöntemi	35
3.6.5. SCS birim hidrograf yöntemi.....	36
3.7. Yapay Zeka Yöntemleri	37
3.7.1. Yapay sinir ağları.....	37
3.7.2. Tekrarlayan sinir ağları.....	39
3.7.3. Uzun-kısa süreli bellek (LSTM).....	39
3.7.4. Değerlendirme ölçütleri.....	41
3.8. Yöntem	43
3.9. Uygulama	45
3.9.1. NetHydro ile sayısal arazi modelinin oluşturulması ve taşkın debilerinin hesaplanması.....	45
3.9.2. Ağva deresi taşkın debi hesabı	53
3.9.3. Ulupınar deresi taşkın debi hesabı.....	59
3.9.4. Çandır deresi taşkın debi hesabı	66
3.9.5. Doyran deresi taşkın debi hesabı	72
3.9.6. Karaman deresi taşkın debi hesabı	79
3.9.7. LSTM yöntemi ile akım tahmini	85
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	87
4.1. NetHydro ile Hesaplanan Taşkın Debileri	87

4.2. LSTM Akım Tahmini Performans Sonuçları.....	92
5. SONUÇLAR	115
6. KAYNAKLAR	117
7. EKLER.....	121
ÖZGEÇMİŞ	



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	: Havza alanı (m^2 veya km^2)
b_f	: Unutma kapısı
C	: Yüzey akış katsayısı
c_i	: Akarsu durumu
C_p	: Havza özelliklerine bağlı katsayı
C_t	: t zamanındaki hücre durumu
C_t	: Havza özelliklerine bağlı katsayı
D	: Birim sağanak süresi (h)
E_0	: Çıkış noktasındaki kot (m)
E_f	: En uzak noktadaki kot (m)
$f(Y_{net})$	: Aktivasyon fonksiyonu
f_t	: Unutma kapısı
H	: Havza özelliklerine bağlı katsayı
h_a	: Akış yüksekliği (mm veya m)
H_a	: Yıllık birim ortalama yağış (mm)
h_t	: t zamanındaki çıkış değeri
I_a	: Başlangıçta tutulan yağış (mm)
$\dot{I}$	: Yağış şiddeti (m/s)
K	: Havza özelliklerine bağlı katsayı
L	: Ana su yolu uzunluğu (m)
L_c	: Havza ağırlık merkezinin proje kesitine uzaklığı (km)
L_{ji}	: Mertebesi i olan j. akarsu parçasının uzunluğu (m veya km)
L_{ort}	: Mertebesi i olan akarsu parçalarının ortalama uzunluğu (m veya km)

M	: Akarsuyun büyüklüğü
$N(\lambda)$	: Akarsu genişlik fonksiyonu
N_i	: Mertebesi i olan akarsu parçası sayısı
p	: Havza çevre uzunluğu (m)
P	: Ortalama yağış yüksekliği (mm)
P	: Toplam yağış (mm)
Q	: Yüzey akışı (mm)
Q_p	: Pik debi (m^3/s)
$Q_i^{göz}$	: i .sırada gözlenen akım (m^3/s)
Q_i^{tah}	: i .sırada tahmin edilen akım (m^3/s)
Q^{ort}	: i .sırada gözlemlenen akımların ortalaması (m^3/s)
q_v	: Akış verimliliği ($L/s/km^2/mm$)
R^2	: Determinasyon katsayısı
R_B	: Dallanma oranı
R_L	: Akım uzunluğu oranı
R_h	: Rölyef oranı
R_{ho}	: Oransal rölyef
S	: Eğim
S	: Potansiyel maksimum depolama kapasitesi (mm)
T	: Hidrograf devam süresi (s, h veya gün)
t	: Zaman
T_b	: Hidrografın taban süresi (h)
T_c	: Yağışın toplanma zamanı (h)
T_g	: Gecikme süresi (h)
T_p	: Hidrografın yükselme süresi (h)
T_r	: Sağanak süresi (h)

V_b	: Birim hacim (m^3)
W_f	: Ağırlık matrisi
w_i	: Her bir nöron girdisine ait ağırlıklar
X_t	: t zamanındaki girdi
Y_i	: Nöron girdisi
Y_{net}	: Toplam fonksiyonu
Ω	: Akarsuyun havza çıkış mertebesi

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AdaGrad	: Uyarlanabilir gradyan algoritması
Adam	: Uyarlanabilir moment tahmini
Adamax	: Maksimum uyarlanabilir moment tahmini
AGİ	: Akım gözlem istasyonu
ANFIS	: Uyarlanabilir nöro bulanık çıkarım sistemi
ARIMA	: Otoregresif hareketli ortalama
ASTER	: Gelişmiş uzay kaynaklı termal emisyon ve yansıma radyometresi
CBS	: Coğrafi bilgi sistemleri
ÇDR	: Çoklu doğrusal regresyon
ÇKYSA	: Çok katmanlı yapay sinir ağları
DÖ	: Derin öğrenme
DSİ	: Devlet Su İşleri
DVM	: Destek vektör makineleri
ED50	: 1950 Avrupa datumu
GDEM	: Küresel sayısal yükselti modeli
GEP	: Gen ekspresyon programlama

GloFAS	: Küresel taşkın farkındalık sistemi
KNN	: K-en yakın komşu
LSTM	: Uzun-kısa dönem hafıza yöntemi
MAPE	: Ortalama mutlak bağıl hata
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MSE	: Ortalama karesel hata
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NSE	: Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı
RMSprop	: Karekök ortalama karesi yayılımı
RTYSA	: Radyal tabanlı yapay sinir ağları
SCS	: Toprak koruma servisi
SGDM	: Momentumlu stokastik gradyan inişi
SGYM	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TauDEM	: Sayısal yükseklik modeli kullanarak arazi analizi
TSA	: Tekrarlayan sinir ağları
TSAN	: Tekil spektrum analizi
UTM	: Evrensel enine merkator
WGS84	: 1984 Dünya jeodezi sistemi
WRF-Hydro	: Hava tahmini ve araştırma hidroloji modeli
YSA	: Yapay sinir ağları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Hidrolojik çevrim (USGS 2017).....	1
Şekil 3.1. AGİ'lere göre oluşturulmuş havza sınırları.....	11
Şekil 3.2. Ağva Deresi ve havza sınırları.....	13
Şekil 3.3. Ulupınar Deresi ve havza sınırları.....	14
Şekil 3.4. Çandır Deresi ve havza sınırları.....	15
Şekil 3.5. Doyran Deresi ve havza sınırları.....	15
Şekil 3.6. Karaman Deresi ve havza sınırları.....	16
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan ASTER GDEM verileri.....	17
Şekil 3.8. NetHydro MGM'ne kayıtlı yağış gözlem istasyonları.....	18
Şekil 3.9. Çalışma alanında bulunan yağış gözlem istasyonları.....	18
Şekil 3.10. Bitki örtüsü ve hidrolojik toprak cinsine göre eğri numarası (NetCAD 2022)	19
Şekil 3.11. Tez kapsamında kullanılan akım gözlem istasyonları.....	20
Şekil 3.12. Hidrograf elemanları.....	22
Şekil 3.13. Hidrografın taban akışından ayrılması.....	23
Şekil 3.14. Kaydırma metodu.....	24
Şekil 3.15. S hidrografi.....	25
Şekil 3.16. Eşdeğer dikdörtgen boyutları.....	26
Şekil 3.17. Strahler mertebelenendirme yöntemi.....	29
Şekil 3.18. Akarsu genişlik fonksiyonu.....	30
Şekil 3.19. Thiessen çokgenleri.....	32
Şekil 3.20. Yapay sinir ağları genel yapısı.....	37
Şekil 3.21. Nöronun yapısı.....	38
Şekil 3.22. Tekrarlı sinir ağı açılımı.....	39
Şekil 3.23. Uzun-kısa süreli bellek yapısı.....	40

Şekil 3.24. NetCAD üzerinde proje projeksiyonun tanımlanması.....	45
Şekil 3.25. Raster veri projeksiyon dönüşümü.....	46
Şekil 3.26. Raster veriden yükseklik noktalarının üretilmesi.....	46
Şekil 3.27. Üçgen model oluşturulması.....	47
Şekil 3.28. Üçgen model ızgarası.....	47
Şekil 3.29. Çalışma alanının izohips haritası.....	48
Şekil 3.30. Akarsu havza sınırları.....	48
Şekil 3.31. TauDEM iş akış şeması (Baloch ve Tanık 2009).....	49
Şekil 3.32. Çalışma alanındaki yağış gözlem istasyonları.....	51
Şekil 3.33. Thiessen çokgenleri.....	52
Şekil 3.34. Thiessen çokgenlerine göre hesaplanan yağış alanları ve miktarı.....	52
Şekil 3.35. Ağva Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	55
Şekil 3.36. Ağva Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	56
Şekil 3.37. Ağva Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	58
Şekil 3.38. Ağva Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	59
Şekil 3.39. Ulupınar Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	61
Şekil 3.40. Ulupınar Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	63
Şekil 3.41. Ulupınar Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	64
Şekil 3.42. Ulupınar Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	66
Şekil 3.43. Çandır Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	68
Şekil 3.44. Çandır Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	69
Şekil 3.45. Çandır Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	71
Şekil 3.46. Çandır Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	72
Şekil 3.47. Doyran Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	74
Şekil 3.48. Doyran Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	76

Şekil 3.49. Doyran Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	77
Şekil 3.50. Doyran Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	79
Şekil 3.51. Karaman Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	81
Şekil 3.52. Karaman Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	82
Şekil 3.53. Karaman Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	84
Şekil 3.54. Karaman Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf.....	85
Şekil 4.1. Ağva Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği.....	88
Şekil 4.2. Ulupınar Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği.....	89
Şekil 4.3. Çandır Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği.....	90
Şekil 4.4. Doyran Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği.....	91
Şekil 4.5. Karaman Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği.....	92
Şekil 4.6. LSTM modeli epoch değerine göre kayıp miktarındaki değişim.....	114

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Türkiye'deki akarsu havzaları ve karakteristik değerleri (Erkek ve Ağralıoğlu 2013).....	9
Çizelge 3.2. Tez kapsamında incelenen akarsular ve üzerlerindeki akım gözlem istasyonları.....	10
Çizelge 3.3. Yağış gözlem istasyonları.....	17
Çizelge 3.4. Akım gözlem istasyonları istatistiki veriler.....	20
Çizelge 3.5. Çalışmada uygulanan iş akışı şeması.....	43
Çizelge 3.6. Hücrelere bölünmüş havza alanının yükselti ızgarası.....	49
Çizelge 3.7. Bir hücrede suyun akabileceği yönler.....	50
Çizelge 3.8. Bir hücrede suyun akabileceği yönlerin sayısal ifadesi.....	50
Çizelge 3.9. Yükselti ızgarasındaki akım yönlerinin gösterimi.....	50
Çizelge 3.10. Yükselti ızgarasındaki akım yönlerinin sayısal gösterimi.....	50
Çizelge 3.11. Olasılık dağılım fonksiyonları.....	51
Çizelge 3.12. Tasarım kriterleri.....	53
Çizelge 3.13. Ağva Deresi hidrolojik parametreler.....	53
Çizelge 3.14. Ağva Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	54
Çizelge 3.15. Ağva Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı.....	54
Çizelge 3.16. Ağva Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	55
Çizelge 3.17. Ağva Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	56
Çizelge 3.18. Ağva Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	57
Çizelge 3.19. Ağva Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	57
Çizelge 3.20. Ağva Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	58

Çizelge 3.21. Ağva Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	59
Çizelge 3.22. Ulupınar Deresi hidrolojik parametreler.....	60
Çizelge 3.23. Ulupınar Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	60
Çizelge 3.24. Ulupınar Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı.....	61
Çizelge 3.25. Ulupınar Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	62
Çizelge 3.26. Ulupınar Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	62
Çizelge 3.27. Ulupınar Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	63
Çizelge 3.28. Ulupınar Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	64
Çizelge 3.29. Ulupınar Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	65
Çizelge 3.30. Ulupınar Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	65
Çizelge 3.31. Çandır Deresi hidrolojik parametreler.....	66
Çizelge 3.32. Çandır Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	67
Çizelge 3.33. Çandır Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı.....	67
Çizelge 3.34. Çandır Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	68
Çizelge 3.35. Çandır Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	69
Çizelge 3.36. Çandır Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	70
Çizelge 3.37. Çandır Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	70
Çizelge 3.38. Çandır Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	71
Çizelge 3.39. Çandır Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	72
Çizelge 3.40. Doyran Deresi hidrolojik parametreler.....	73

Çizelge 3.41. Doyran Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	73
Çizelge 3.42. Doyran Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı.....	74
Çizelge 3.43. Doyran Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	75
Çizelge 3.44. Doyran Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	75
Çizelge 3.45. Doyran Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	76
Çizelge 3.46. Doyran Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	77
Çizelge 3.47. Doyran Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	78
Çizelge 3.48. Doyran Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	78
Çizelge 3.49. Karaman Deresi hidrolojik parametreler.....	79
Çizelge 3.50. Karaman Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	80
Çizelge 3.51. Karaman Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı.....	80
Çizelge 3.52. Karaman Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	81
Çizelge 3.53. Karaman Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	82
Çizelge 3.54. Karaman Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	83
Çizelge 3.55. Karaman Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	83
Çizelge 3.56. Karaman Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı.....	84
Çizelge 3.57. Karaman Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı.....	85
Çizelge 3.58. LSTM modeli iş akış şeması.....	86
Çizelge 4.1. Ağva Deresi tekerrür yılına göre taşkın debileri (m ³ /s).....	87
Çizelge 4.2. Ulupınar Deresi tekerrür yılına göre taşkın debileri (m ³ /s).....	88
Çizelge 4.3. Çandır Deresi tekerrür yılına göre taşkın debileri (m ³ /s).....	89

Çizelge 4.4. Doyran Deresi tekerrür yılına göre taşkın debileri (m ³ /s).....	90
Çizelge 4.5. Karaman Deresi tekerrür yılına göre taşkın debileri (m ³ /s).....	91
Çizelge 4.6. Ağva Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri.....	93
Çizelge 4.7. Ağva Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri.....	94
Çizelge 4.8. Ağva Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri.....	95
Çizelge 4.9. Ağva Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri.....	96
Çizelge 4.10. Ulupınar Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri.....	97
Çizelge 4.11. Ulupınar Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri.....	98
Çizelge 4.12. Ulupınar Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri.....	99
Çizelge 4.13. Ulupınar Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri.....	100
Çizelge 4.14. Çandır Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri.....	101
Çizelge 4.15. Çandır Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri.....	102
Çizelge 4.16. Çandır Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri.....	103
Çizelge 4.17. Çandır Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri.....	104
Çizelge 4.18. Doyran Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri.....	105
Çizelge 4.19. Doyran Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri.....	106
Çizelge 4.20. Doyran Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri.....	107
Çizelge 4.21. Doyran Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri.....	108
Çizelge 4.22. Karaman Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri.....	109
Çizelge 4.23. Karaman Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri.....	110
Çizelge 4.24. Karaman Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri.....	111
Çizelge 4.25. Karaman Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri.....	112
Çizelge 4.26. LSTM modelinin değerlendirilmesi.....	113

1. GİRİŞ

Su insanların yanı sıra yeryüzündeki birçok canlı için yaşamsal bir kaynak niteliğindedir. İnsanlar, geçmişten günümüze kadar bulundukları dönemin imkanlarına göre sudan yararlanmanın yollarını aramıştır. Başlangıçta su kaynaklarına yakın yerlerde konaklayarak ihtiyaçlarını gideren insanlar, artan nüfus ve tarım faaliyetleriyle birlikte suya olan talebin yükselmesiyle çeşitli iletim ve depolama yöntemleri geliştirmişlerdir. Günümüzde artan nüfus, sanayileşme, tüketim artışı ve küresel ısınma gibi etkenler su yönetiminin kapsamlı ve sürdürülebilir bir biçimde planlanmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda temiz su kaynaklarının varlığı, korunması, miktarı ve kalitesi gibi konular daha da önem kazanmıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte su kaynaklarından verimli yararlanmayı amaçlayan çalışmalar hız kazanmıştır. Bu çalışma kapsamında Antalya’da bulunan Ağva, Ulupınar, Çandır, Doyran ve Karaman akarsu havzaları incelenmiştir. Akarsu havzaları ile ilgili elde edilecek verilerin bölge üzerinde yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Su doğada bir döngü içerisinde bulunmaktadır. Sıvı haldeki su buharlaşarak atmosfere karışır ve sonrasında yağış olarak düşer. Yağış olarak havzaya düşen suyun bir kısmı zemin tarafından emilir bir kısmı yer altı suyuna karışır bir kısmı da yüzeyde akışa geçer. Yüzeyde akışa geçen bu suya artık yağış denilir. Yer altı suyu ve artık yağışın bir kısmı akarsulara karışarak göl veya denize deşarj olur. Deşarj olan sular sıcaklık etkisiyle buharlaşır ve tekrar yağışa dönüşür bu döngüye hidrolojik çevrim (Şekil 1.1) denmektedir. Yağışın toplanarak akarsuya dönüşüp deşarj olmasını sağlayan bu sisteme havza denir.



Şekil 1.1. Hidrolojik çevrim (USGS 2017)

Hidrolojik döngüdeki suyun yağış, buharlaşma ve akım gibi parametreleri meteorolojik ve hidrolojik ölçüm teknikleri kullanılarak tespit edilmektedir. Bu tür ölçümler genellikle uzun zaman dilimlerini kapsar çünkü meteorolojik olaylar doğanın değişken koşullarına bağlıdır ve her dönemde aynı sonuçları vermez. Bu nedenle birden çok dönemi kapsayan uzun süreli hesaplamalar her zaman daha doğru sonuçlar sağlamaktadır (Canik 1971).

Son yıllarda hazne planlama, işletme ve su kaynaklarının planlanması gibi çalışmalarda hidrolojik yağış-akış modelleri oldukça önemli bir konuma gelmiştir. Havzaya düşen yağıştan kayıpların çıkarılmasından sonra geriye kalan kısma yüzeysel akış denir. Bir akarsu havzasında yüzeysel akışın, havzanın karakteristik özellikleri ile hidrolojik özellikleri arasındaki ilişkiye bağlı olması beklenir. Havza karakteristikleri arasında zemin cinsi ve özellikleri, bitki örtüsü, havza büyüklüğü, biçimi ve eğimi yazılabilir (Bayazit 1995).

Taşkınlar dünya genelinde birçok ülkenin en sık karşılaştığı ve en fazla zarara yol açan doğal afetler arasında yer almaktadır. Sel ise akarsuyun yatağından taşarak tarım arazilerine, yerleşim alanlarına, çeşitli tesislere ve canlılara zarar verecek seviyede bir akış büyüklüğüne ulaşması durumudur (Uşkay ve Aksu 2002).

Nüfus artışına bağlı olarak yerleşim alanlarının ve endüstriyel tesislerin çoğalması doğaya müdahalelerin artmasına yol açmaktadır. Bu durum küresel iklim değişikliği ile birleştiğinde taşkınlar insanlık için giderek daha ciddi bir risk oluşturmaktadır (Dilley 2005).

Dünya yaklaşık 1384.12 milyon km^3 suya sahiptir. Bu miktarın %97.39'u (yaklaşık 1348 milyon km^3) denizlerde, 27.82 milyon km^3 'ü buzullarda, 8.062 milyon km^3 'ü ise yeraltında bulunmaktadır. İnsanların doğrudan erişebildiği su kaynakları olan göller ve akarsular yalnızca 0.0225 milyon km^3 su içerirken, atmosferde 0.013 milyon km^3 su buharı bulunmaktadır. Türkiye'de ise yıllık kullanılabilir su miktarı 105 milyar m^3 olup, bu potansiyelin sadece 32 milyar m^3 'ü etkin bir şekilde değerlendirilebilmektedir (Kılınç vd. 2003).

Kişi başına düşen yıllık su miktarı dünya genelinde ortalama 7348 m^3 olarak hesaplanmaktadır. Okyanusya ve Latin Amerika sırasıyla 36619 m^3 ve 23103 m^3 ile en yüksek su miktarına sahip bölgeler arasında öne çıkmaktadır. Bu bölgeleri Kuzey Afrika (23103 m^3), Doğu Avrupa ve Orta Asya (14659 m^3), Afrika (7485 m^3), Batı Avrupa (5183 m^3) ve Asya (3283 m^3) takip etmektedir. En düşük su miktarına sahip bölgeler ise kişi başına 1250 m^3 su ile Orta Doğu ülkeleridir. Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı yıllık 1620 m^3 olup bu değer Türkiye'nin su zengini değil, aksine su kıtlığı tehlikesi altında olabileceğine işaret etmektedir (Kılınç vd. 2003).

Hidrolojik çalışmaların en kritik ve zorlu aşaması, yağış ve akım gibi çevrim parametrelerinin ölçülmesidir. Elde edilen verilerin analizi ile bir su kaynağının su

potansiyeli, kuraklık ve taşkın dönemlerinde mevcut su miktarları ve bu miktarların frekansları belirlenebilir (Bakanoğulları ve Günay 2011).

1.1. Çalışmanın Amacı

Hidrolojik çalışmalarda birçok zorluk ve belirsizlik bulunmaktadır. Hidrolojik çevrim düşünüldüğünde suyun buharlaşma, yağış, akış, sızma ve sulama gibi vb. durumlar sürekli değişmektedir ve her bölgede yeterli sayıda ölçüm istasyonu bulunmamaktadır. Bu durum hidrolojik çalışmalar için büyük bir sorun olmaktadır. Akarsu havzaları ile ilgili yapılan çalışmalarda ise hidrolojik çevrimin girdisi olan yağış ve çıktısı olan akış verileri büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada yapay zeka yöntemiyle akım tahmini yapılarak hidrolojik çalışmalar için kritik olan veri sorununa bir çözüm getirilmesi ve içerisinde yağış gözlem istasyonlarının verilerini barındıran CBS tabanlı bir program kullanılarak uygulamada pratik bir alternatif sunulması amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Antalya’da bulunan Ağva, Ulupınar, Çandır, Doyran ve Karaman akarsu havzalarının CBS tabanlı bir program olan NetHydro ile sayısal havza modeli oluşturulacak ve taşkın debileri farklı tekerrür yıllarına göre hesaplanacaktır. Aynı zaman da AGİ verileri kullanılarak olasılık dağılım fonksiyonları aracılığıyla taşkın debileri hesaplanacak ve sonuçlar karşılaştırılacaktır.

Gelişen teknoloji ile birlikte yapay zeka yöntemleri hidrolojide birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Hidrolojik parametrelerin belirlenmesi, eksik verilerin tamamlanması ve akım tahmini bunlardan bazılarıdır. Çalışma kapsamında AGİ verileri kullanılarak makine öğrenmesi yöntemi olan LSTM ile akım tahmini yapılmış ve sonuçlar değerlendirme ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

1.3. Konunun Önemi

Hidrolojik modelleme ve akım tahmini, su kaynaklarının yönetimi ve doğal afetlerin önlenmesi açısından önemli bir rol oynamaktadır. İklim değişikliği ve artan insan etkileri, taşkın ve kuraklık olaylarının şiddetini ve sıklığını artırırken, bu olayların ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarıyla yönetilmesi gerekliliğini de ortaya koymaktadır. CBS tabanlı hidrolojik havza modellemesi, mekânsal ve zamansal verilerin entegrasyonunu sağlayarak mühendislik uygulamalarında doğru ve hızlı analizler yapılmasına olanak tanır. Klasik yöntemlerin çözümleyemediği karmaşık hidrolojik süreçlerin modellenmesinde LSTM yüksek doğruluk ve esneklik sunmaktadır. Bu tez çalışması Batı Akdeniz ve Antalya Havzası gibi taşkın riski olan bir bölgeyi ele alarak güncel ve ileri teknolojilerle hidrolojik süreçlerin tahmin edilmesine bilim ve uygulama açısından katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışmanın sonuçları hem taşkın risk yönetimi hem de sürdürülebilir su kaynakları planlaması için bilim ve uygulama açısından önemlidir.

1.4. Özgün Değer

Bu çalışmada çok yönlü bir yaklaşım benimsenmiştir. Çalışma alanı taşkın riski bulunan bir bölgeyi kapsamakta olup elde edilen sonuçlar bölge hidrolojisi açısından önemlidir. Literatürde LSTM yöntemi ile yapılan çalışmalar genellikle parametrelerin ayarlanması ve hibrit sistemler üzerine yoğunlaşırken, bu çalışmada hem parametre değişimlerinin hem de veri setinin model performansı üzerindeki etkileri tespit edilmiş ve incelenmiştir. Ayrıca, CBS tabanlı taşkın debisi tahmini ve yapay zeka yöntemleriyle hidrograf tahmini genellikle ayrı ayrı ele alınırken bu çalışmada iki yöntem bir arada değerlendirilmiştir. CBS tabanlı hidrolojik havza modellemesi yöntemiyle taşkın debilerinin pik noktaları tahmin edilirken, LSTM modeliyle hidrografın orta bölümü yani genel akış seyri öngörülmüştür. Bu yöntemlerin bir arada kullanılması ile uygulamada taşkın risk yönetimi ve su kaynakları planlaması için önemli bir bilgi birikimi ve metodolojik çerçeve sunulmaktadır.

1.5. Çalışmanın Düzeni

Çalışmanın ilk bölümünde konunun amacı, kapsamı ve önemi ele alınmıştır. İkinci bölümde, kaynak taraması kapsamında konu ile ilgili yapılan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Materyal ve metot bölümünde ise çalışma alanının konumu, büyüklüğü, jeolojik ve meteorolojik özellikleri ile çalışmada kullanılan yöntemlere ilişkin bilgiler verilmiştir. Uygulama bölümünde, NetHydro ile yapılan hidrolojik havza analizinin iş akışı, elde edilen ilk çıktılar ve LSTM modelinde kullanılan parametreler açıklanmıştır. Bulgular ve tartışma bölümünde model sonuçları değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Son olarak, sonuç bölümünde çalışmadan elde edilen nihai bulgular özetlenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Birim Hidrograf Yöntemleri ile Yapılan Çalışmalar

Havza, rastgele karakteristik özelliklere sahip yağışı akışa dönüştüren bir sistemdir. 1932 yılında L. K. Sherman tarafından ilk kez birim hidrograf modeli tanıtılmıştır. Bu modelde havza, yağışı doğrudan akışa çeviren lineer bir sistem olarak ele alınmıştır. Daha sonra Snyder, birim hidrograf modeli üzerinde çalışmış ve pik akış, taban zamanı ve gecikme süresi gibi parametreler arasındaki ilişkileri araştırmıştır. 1943 yılında ise Clark, birim hidrograf modeline katkıda bulunmuş ve bir havzanın birim hidrografının öteleme ve azalma adı verilen iki temel sürecin sonucu olduğunu belirtmiştir. 1957 yılında Nash, birim hidrografi gama dağılımı ile ifade eden bir denklem önermiştir. Nash'in önerdiği yöntem sadece havzayı modellemekle kalmayıp aynı zamanda hesaplanan ve gözlemlenen hidrografların birinci ve ikinci momentlerine dayanan bir ayarlama tekniği olarak da işlev görmüştür (Chow vd. 1988).

1957 yılında Mockus tarafından geliştirilen sentetik birim hidrograf genellikle ABD (Amerika Birleşik Devletleri) Toprak Koruma Servisi (SCS) standart birim hidrografi olarak anılmaktadır ve en çok bahsedilen sentetik birim hidrograf yöntemidir. Bazı devletler ve yerleşim yerlerinin yönetmeliklerinde hidrolojik tasarım için gerekli olan sentetik birim hidrograf olarak anılmaktadır (Sheridan vd. 2002).

Doğrusal hidrolojik sistemin birim reaksiyon denklemi olarak bilinen ve ilk olarak Sherman (1932) tarafından önerilen Birim Hidrograf teorisi veri tabanlı modellerin en önemlisi ve en yaygınıdır. Birim hidrograf tüm havzaya üniform şekilde ve sabit şiddetle yağan 1 inç veya 1 cm artı yağış yüksekliğinden meydana gelen dolaysız yüzey akışıdır (Chow vd. 1988). Sonraları birim hidrograf teorisine dayanarak birim hidrograf elde etme yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan Snyder (1938), Clark (1943) ve SCS (1971) en yaygın yöntemlerdir. Son yıllarda lineer programlama ve fiziksel metotlar ile birim hidrograf optimizasyon yöntemleri geliştirilmiştir (Parsad vd. 1999; Bhunya vd. 2005; Jain vd. 2006).

Gray tarafından 1961 yılında geliştirilen sentetik birim hidrograf yönteminde iki parametrelili gama dağılım fonksiyonuna dayanan boyutsuz bir grafik süreciyle sentetik birim hidrograflar türetilmiştir (Bhunya vd. 2011).

Su yapılarının hesaplanması ve tasarlanması sırasında hem olası taşkınlara karşı dayanıklı olacak şekilde projelendirilmesi hem de mevcut su yapılarının maliyetlerinin oldukça yüksek olması nedeniyle bu maliyetlerin en az seviyede tutulması gerekmektedir. Bu nedenle su yapılarının inşa edileceği bölgelerde ölçümlenmiş birim hidrograf verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak istenen ölçümler ve veriler her zaman elde edilebilir olmayabilir veya eksik kalabilir. Bu durumda ilgili yapıların tasarımında kullanılacak veriler sentetik birim hidrograf yöntemleri aracılığıyla elde edilebilir (Aydın ve Bağatur 2016).

Yapılan çalışmada DSİ (Devlet Su İşleri) sentetik, Mockus ve Snyder birim hidrograf yöntemlerinin kullanılmasıyla elde edilen pik debileri arasında küçük farklılıklar gözlemlenmiştir. En yüksek pik debi DSİ sentetik yöntemiyle ($Q_p = 4.40 \text{ m}^3/\text{s}$), en düşük ise Mockus yöntemiyle ($Q_p = 3.75 \text{ m}^3/\text{s}$) elde edilmiştir. Mockus yöntemiyle elde edilen hidrografın yükselme zamanı ($t_p = 5.95 \text{ h}$) en uzunken, Snyder yöntemiyle elde edilen en kısa süredir ($t_p = 4.8 \text{ h}$). Snyder yöntemindeki katsayılar zemine bağlıdır, Mockus yöntemindeki katsayılar ise havza özelliklerine bağlıdır. DSİ sentetik yöntemi katsayı gerektirmediği için daha kolay bir seçenektir. Ölçüm verileri bulunmayan havzalarda sentetik yöntemlerin kullanımı zorunludur (Bantchina 2018).

Antakya'daki akım ölçümü olmayan bazı yan dereler için havza parametreleri kullanılarak taşkın debileri üç farklı yöntemle hesaplanmıştır. CBS yardımıyla havza parametreleri belirlenen Ballıöz, Kisecik, Altınçay, Gülderen, Kuyucak, Karaksı, Dikmece, Arpalı ve Karaali dereleri için DSİ, Mockus ve Gray sentetik yöntemleriyle 5, 25, 50 ve 100 yıllık taşkın hidrografları oluşturulmuştur. Gray yöntemi en yüksek taşkın debilerini verirken, Mockus ve DSİ yöntemleri sırasıyla Gray'e göre %7 ve %50 daha düşük debiler tahmin etmiştir (Gevrek ve İrvem 2021).

Snyder-Gama sentetik birim hidrograf yöntemi kullanılarak Yamula baraj havzasında yağış için birim hidrograf hesaplanmış ve bu hidrograf 24 saat süreli 10.000 yıl tekrar süreli ekstrem yağış tasarım hiyetografına uygulanarak Yamula barajının olası maksimum taşkın hidrografi tahmin edilmiştir. Sonuçlar bu yöntemin Yamula barajının kati projesindeki tasarım taşkın hidrografına oldukça yakın bir değer sunduğunu göstermiştir (Haktanır 2021).

2.2. Yapay Zeka Yöntemleri ile Yapılan Çalışmalar

Kızılırmak havzasındaki 3 dere üzerinde yapılan hız ve kesit ölçümleri kullanılarak akım tahmini yapılmıştır. Tahmin için ÇKYSA (çok katmanlı yapay sinir ağları), RTYSA (radyal tabanlı yapay sinir ağları) ve ANFIS (uyarlanabilir nöro bulanık çıkarım sistemi) gibi yapay zeka yöntemleri denenmiş; en iyi sonuçlar ANFIS yöntemiyle elde edilmiştir. Dört girişli ANFIS modeli, en düşük hata oranlarını (MAE, RMSE) ve en yüksek determinasyon katsayısını (R^2) sağlamıştır. Çalışma, özellikle ANFIS modelinin akım tahmininde yüksek doğruluk sunduğunu, bunun yanında YSA ve bulanık mantık yöntemlerinin de başarılı performanslar sergilediğini göstermektedir (Gemici vd. 2013).

Günlük akım verileri kullanılarak ileriye yönelik akım tahminleri yapılmış ve bu amaçla bulanık mantık yöntemi denenmiştir. Bulanık mantık yöntemi; yapay sinir ağları (YSA), ANFIS ve otoregresif hareketli ortalama (ARIMA) modelleri ile karşılaştırılmıştır. İçsel bağımlılığı güçlü olan günlük akım verilerinde bir veya iki gün önceki değerler kullanılarak yapılan tahminler başarılı bulunmuştur ve ANFIS en iyi tahmin performansını sağlamıştır. Klasik stokastik modellerin aksine, bulanık mantık ve YSA ön işlem gerektirmeden doğa olaylarının modellenmesine olanak tanıdığı için

hidroloji araştırmalarında avantaj sağlamaktadır ve gelecekte daha sık kullanılmaya adaydır (Altunkaynak ve Başakın 2018).

LSTM ağı kullanılarak bir akım tahmin yöntemi önerilmektedir. LSTM, parametrelerin aşırı büyümesini veya kaybolmasını önleyen bir sistemle donatılmıştır. Destek Vektör Regresyonu ve Çok Katmanlı Algılayıcı modelleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar LSTM yönteminin daha istikrarlı ve doğru tahminler yaptığını göstermektedir. Ancak zirve değer tahminindeki hatalar nedeniyle modelin iyileştirmesi gereken alanları olduğu belirtilmiştir (Dong vd. 2020).

Dicle havzasındaki iki istasyonda yağış-akış ilişkisini belirlemek amacıyla ÇDR (çoklu doğrusal regresyon), YSA, ANFIS ve GEP (gen ekspresyon programlama) yöntemleri kullanılmış ve model performansları R^2 (determinasyon katsayısı), MSE (ortalama karesel hata), MAPE (ortalama mutlak bağıl hata) ve NSE (Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı) kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre E26A031 istasyonunda en başarılı tahmini GEP modeli D-3 durumu ile yapmıştır. ANFIS, YSA'ya göre daha iyi performans sergilemesine rağmen GEP yöntemine göre daha kötü sonuç vermiştir. E26A005 istasyonunda ise üç ay önceki yağış verileriyle oluşturulan GEP modeli, diğer yöntemlerden daha düşük MSE ve MAPE değerleri sağlayarak en başarılı sonuçları vermiştir. Çalışmanın bulguları GEP'in yapay zeka yöntemlerine alternatif olarak hidrolojik çalışmalarda kullanılabilir olduğunu göstermektedir (Gerger vd. 2021).

Günlük akım verilerine uygulanan TSAN (tekil spektrum analizi) yönteminin derin sinir ağları üzerindeki performansı incelenmiştir. LSTM modeli, Adam, Adamax (maksimum uyarlanabilir moment tahmini) ve AdaGrad (uyarlanabilir gradyan algoritması) iyileştiricileri kullanılarak test edilmiştir. En iyi sonuç, Adamax iyileştiricisi ile eğitilen ağdan elde edilmiştir. LSTM modelinin sonuçları; $MSE = 2.4161$, $MAE = 0.3910$ ve $R^2 = 0.8741$ olarak belirlenirken TSAN-LSTM modelinde $MSE = 1.5122$, MAE (ortalama mutlak hata) $= 0.1772$ ve $R^2 = 0.9851$ olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular TSA veri ön işleme yönteminin model performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir. TSAN-LSTM modeli, nehir akış tahmin çalışmalarda etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Kılınç 2021).

Türkiye'nin güneyindeki Seyhan Havzası'ndaki Sarız Nehri-Şarköy gözlem istasyonunun akım ve yağış verileri kullanılarak Çok Katmanlı Algılayıcı ve Radyal Temelli Sinir Ağları gibi iki YSA tekniği uygulanmıştır. Çok Katmanlı Algılayıcı için üç öğrenme algoritması kullanılmış ve farklı giriş kombinasyonları ile model parametreleri belirlenmiştir. Performans hata metrikleri ile değerlendirilmiştir. Çok Katmanlı Algılayıcı modellerin Radyal Temelli Sinir Ağları modellerinden daha başarılı olduğu bulunmuştur (Köyceğiz ve Büyükyıldız 2022).

Mersin Lamas nehrinin aylık akım verileri kullanılarak YSA, Destek Vektör Makineleri (DVM) ve Derin Öğrenme (DÖ) yöntemleri ile akım tahminleri yapılmış ve

yöntemlerin performansları karşılaştırılmıştır. Eğitim ve test veri setleri üzerinde yapılan analizlerde RMSE (karekök ortalama karesel hata), MAE, NSE, MAPE ve R^2 değerleri hesaplanarak performans değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, DÖ yöntemleri (özellikle RMSProp, Adam ve SGDM algoritmaları) en yüksek doğruluğu sağlarken; YSA ve DVM daha düşük doğrulukta sonuçlar vermiştir. Grafik analizleri de DÖ yöntemlerinin gözlemlenen değerlere daha yakın sonuçlar ürettiğini göstermiştir (Çubukçu vd. 2022).

Güney Kore'deki Soyangho gölünde yapılmıştır. Hava tahmini ve araştırma hidroloji modelinin (WRF-Hydro) akış tahminlerini iyileştirmek için LSTM algoritmasını kullanmayı amaçlamaktadır. WRF-Hydro-LSTM yaklaşımının doğrudan LSTM kullanımına göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. WRF-Hydro-LSTM modeli, gözlemlerle tahminler arasındaki farkları daha iyi tahmin ederek fiziksel temelli modelin performansını artırmaktadır. Çalışma fiziksel kısıtlamalar ile makine öğrenimini birleştirmenin akış tahminlerini geliştirebileceğini ve gelecekte farklı lokasyonlarda bu modelin uygulanabilirliğinin araştırılması gerektiğini vurgulamaktadır (Cho ve Kim 2022).

ABD'ndeki 10 istasyonda akım tahmini yapmak için GloFAS, bias düzeltmeli GloFAS ve LSTM modelleri kullanılmıştır. Modeller 12 aylık bir test döneminde çalıştırılmış ve LSTM modeli dokuz istasyonda iyi sonuç vermiştir. Çalışma LSTM modelinin nehir akış tahminlerinde umut verici bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Hunt vd. 2022).

Gediz havzasında akış tahminleri KNN (K-en yakın komşu), YSA ve ANFIS gibi üç farklı yapay zeka modeli ile gerçekleştirilmiştir. İstasyonlar farklı kombinasyonlar modellenmiştir. ANFIS için girdi parametreleri 3, 4 ve 5 olarak; YSA için ise 6, 8, 10, 12, 14 ve 16 nöron olarak belirlenmiştir. KNN modelinde 1, 3, 5 ve 7 komşu tercih edilmiştir. Verilerin %70'i eğitim, %30'u test verisi olarak kullanılmıştır. Performans değerlendirmeleri R^2 , RMSE ve Wilcoxon testleri ile yapılmıştır. Düşük parametre sayısına sahip modellerin doğruluğu düşüktür. Parametre sayısı arttıkça doğruluk artmıştır. KNN'de 5 komşuluk derecesi en iyi sonuçları verirken, genel olarak ANFIS modelinin daha yüksek doğruluk sağladığı ancak Taylor diyagramına göre KNN modelinin de iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Saplıoğlu ve Nazimi 2023).

Kızılırmak havzasının memba bölgesinde ANFIS yöntemi kullanılarak günlük ortalama debi ve toplam yağış değerleri ile debi tahmini yapılmıştır. Modelde, yağışın akışa geçiş süresi dikkate alınarak iki gün önceki yağış ve bir gün önceki debi değerleri girdi olarak kullanılmış, sonuç olarak bir gün sonraki debi tahmin edilmiştir. AGİ-1 için 2 girdi ve 1 çıktı, AGİ-2 için ise 3 girdi ve 1 çıktı içeren modeller oluşturulmuştur. Üçlü kümeleme modeli ile AGİ-1'de $R^2 = 0.9578$, AGİ-2'de ise $R^2 = 0.976$ değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, ANFIS modelinin akarsulardaki günlük debi tahmininde etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir (Demir 2023).

3. MATERYAL VE METOT

Türkiye'nin yüzölçümü toplamı 780000 km²'dir. Bu yüzölçümü toplamı 26 adet hidrolojik havzaya bölünmüş olup (Çizelge 3.1) bu havzalarda meydana gelen toplam ortalama yıllık akış miktarı 186.5 milyar m³'tür. Bunun yaklaşık üçte biri, ülkenin doğusunda yer alan Fırat ve Dicle havzalarına aittir. Alansal büyüklük olarak bunu Kızılırmak ve Sakarya havzaları izlerken, ortalama yıllık akış miktarı olarak Fırat-Dicle havzasından sonra Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya Havzaları gelmektedir.

Çizelge 3.1. Türkiye'deki akarsu havzaları ve karakteristik değerleri (Erkek ve Ağırlioğlu 2013)

No	Havza Adı	Yüzölçümü (km ²)	Ortalama Yağış (mm/yıl)	Ortalama Akış (10 ⁹ .m ³ /yıl)
1	MERİÇ-ERGENE	14560	640	1.25
2	MARMARA SULARI	24100	766	7.62
3	SUSURLUK	23765	730	5.35
4	KUZEY EGE	9032	730	2.20
5	GEDİZ	17110	639	1.81
6	KÜÇÜK MENDERES	7165	740	1.12
7	BÜYÜK MENDERES	24903	656	2.95
8	BATI AKDENİZ	22615	865	7.76
9	ORTA AKDENİZ	14518	910	11.24
10	BURDUR GÖLÜ	8764	436	0.31
11	AFYON	8377	472	0.45
12	SAKARYA	56504	534	6.03
13	BATI KARADENİZ	29682	803	10.04
14	YEŞİLIRMAK	36129	556	5.54
15	KIZILIRMAK	78646	459	6.28
16	KONYA	56554	437	3.36

Devamı Arkada

Çizelge 3.1'in devamı

17	DOĞU AKDENİZ	22484	669	12.27
18	SEYHAN	20731	629	7.06
19	ASI	10885	837	1.20
20	CEYHAN	21222	758	7.21
21	FIRAT	120917	582	33.48
22	DOĞU KARADENİZ	24022	1291	14.00
23	ÇORUH	19894	540	6.46
24	ARAS	27548	462	5.54
25	VAN GÖLÜ	15254	507	2.59
26	DİCLE	51489	814	21.81
-	TOPLAM	766870	652.5	186.5

Bu tez kapsamında Batı Akdeniz ve Antalya Havzasında bulunan 5 akarsu (Çizelge 3.2) hem CBS tabanlı bir program olan NetCAD 'in NetHydro modülü ile incelenmiş hem de makine öğrenmesi yolu olan LSTM algoritması ile akım tahmini yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Tez kapsamında incelenen akarsular ve üzerlerindeki akım gözlem istasyonları

Akım Gözlem İstasyonu Numarası	Akarsu Adı	Koordinat		Kot (m)	Yağış Alanı (km ²)
		Boylam (Doğu)	Enlem (Kuzey)		
D08A071	Ağva Deresi	30°30'10"	36°35'47"	80	114.47
D09A095	Çandır Çayı	30°28'2"	36°49'30"	160	164.00
D09A111	Doyran Deresi	30°30'43"	36°53'23"	145	105.80
D09A031	Karaman Çayı	30°34'25"	36°56'5"	52	404.60
E09A029	Ulupınar Deresi	30°26'20"	36°26'51"	163	30.20

NetCAD coğrafi bilgi sistem tabanlı bir programdır. Akarsu havza analizinde genel olarak kullanılan ArcGIS, QGIS ve HEC-HMS gibi programlara kıyasla daha

pratik olduğu düşünölmektedir. Bunun sebebi CBS tabanlı programlarda havza analizi yapılırken belirli bir sırayla arazi ön işlemleri yapılır. Önce sayısal arazi modeli üzerinde boşluklar doldurulur sonrasında belirli bir sırayla hücrelerin akım yönü belirlenir, membasından drene olan hücre sayısı belirlenir, hücrede akış başlatacak minimum eşik değeri belirlenir, akış ızgarası bölümlere ayrılır, alt havza tanımlanır, su kayıpları için gerekli veriler tanımlanır ve nehir karakteristikleri hesaplanır. Her bir ara işlem kullanıcı tarafından yapılır. NetHydro ‘da ise havza sınırları oluşturulurken ara süreçler iş akışı takip edilerek gerçekleştirilir ve akarsu taşkın debi hesabında en önemli problemlerden biri olan yağış ölçüm değeri NetHydro içerisindeki veri setinde bulunur. Bundan sebeple hem havza hidrolojisi açısından kolaylık sağlayacağı hem de kendinden sonraki çalışmalara altlık olacağı düşüncesiyle NetHydro ile çalışılmıştır.

Makine öğrenmesi son dönemlerde hidrolojide birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Zamana dayalı serilerde ve uzun dönem bağılılıklarında daha iyi sonuç verdiği için LSTM algoritması tercih edilmiştir.

3.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada CBS tabanlı hidrolojik havza modellemesi ile taşkın debi hesabı ve yapay zeka yöntemleriyle akım tahmini için çalışma alanı olarak Batı Akdeniz Havzasında bulunan Ağva ve Ulupınar; Antalya Havzasında bulunan Çandır, Doyran ve Karaman Dereleri seçilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. AGİ'lere göre oluşturulmuş havza sınırları

3.1.1. Meteorolojik özellikler

Antalya Havzasında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Sahil kesiminde Akdeniz iklimi etkilidir ancak dağların paralel uzanması ve yükseltinin artmasından dolayı dağların kuzeyinde karasal iklim etkileri artmaktadır. Antalya Havzası 20200 km² yağış alanına sahiptir ve bu alan Türkiye'nin yaklaşık %2.5'ine denk gelmektedir. Antalya Havzasında ortalama yıllık yağış 974 mm, ortalama yıllık akış 11 km³ ve ortalama havza verimi 17.3 lt/s/km² olarak belirlenmiştir. Antalya Havzasında sahilde aylık en yüksek sıcaklık ortalaması 28.2 °C'yken iç kesimlerde yaklaşık 5 °C daha düşüktür. Sahilde kış ayı ortalama en düşük sıcaklık 9.9 °C'yken iç kesimlerde 0.5 °C'ye kadar düşmektedir. Sahil kesiminde yıllık ortalama yağış 1000 mm'nin üzerindeyken kuzeye gidildikçe yaklaşık yıllık ortalama 400 mm seviyelerine düşmektedir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2016).

Batı Akdeniz Havzasının sahil kesiminde Akdeniz iklimi hakimdir, iç taraflara gidildikçe dağların paralel uzanması ve yükseltinin artmasından dolayı karasal iklim etkileri artar. Batı Akdeniz Havzasının yağış alanı yaklaşık 21000 km², yıllık ortalama yağış 840 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 15.8 °C'dir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2018).

3.1.2. Jeolojik özellikler

Antalya Havzası Toroslar ile çevrilmiştir. Havzanın kuzeyinde Sultan Dağları, doğusunda Toros Dağları, batısında Bey Dağları ve Katrancık Dağları, güneyinde ise Antalya Körfezi vardır. Doğusunda Doğu Akdeniz ve Konya Kapalı Havzası, batısında Burdur ve Batı Akdeniz Havzaları ile kuzeyinde Akarçay Kapalı Havzası bulunmaktadır. Yaklaşık olarak uzunluğu 200 km, genişliği 170 km olan havzanın en dar yeri doğu-batı yönünde Isparta ili Eğirdir ilçe sınırları içerisinde kalıp genişliği yaklaşık 30 km'dir. Antalya Havzasında dağlar büyük bir alan kapladığından dolayı kayalık ve yüksek eğimli sarp araziler toplam alanın %64,62'sini kaplamaktadır. Havzanın %28'ini Kırmızı Akdeniz Toprakları, %15'ini Kahverengi Orman Toprakları ve %9'unu Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları oluşturmaktadır (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2016).

Batı Akdeniz Havzası kuzeybatı kuzeydoğu yönünde Ildır Dağları, Beşparmak Dağları, Marçal Dağları, Yılanlı Dağ, Sandıras Dağı, Gölgeli Dağ, Honaz Dağı ile doğuda Batı Toroslar, Bey Dağları ve Çalbalı Dağı ile güneyde Akdeniz, batıda ise Ege Denizi ile çevrilidir. Bölgenin en önemli yükseklikleri kuzeyinde Gökbel Dağı (1.422 m) ve Oyuklu Dağı, kuzeydoğusunda Sandıras Dağı (2.295 m), Gök Tepe (2.407 m) doğusunda ise Dumanlı Dağı (1.973 m), Akdağ (3.024 m) oluşturmaktadır. Havzanın %28'ini Kırmızı Akdeniz Toprakları ve %14'ünü Kahverengi Orman Toprakları ve %18'ini Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları oluşturmaktadır (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2018).

3.1.3. Ağva Deresi

Ağva Deresi Batı Akdeniz Havzasında bulunmaktadır. Ağva Deresi üzerinde DSİ'nin D08A071 numaralı 80 m kotunda 30°30'10" doğu, 36°35'47" kuzey koordinatlarında 114 km² yağış alanına sahip akım gözlem istasyonu bulunmaktadır ve ölçülen anlık en yüksek akım 1007 m³/s'dir. Ağva Deresi Antalya ili Kemer ilçesinden denize dökülmektedir. Kemer ilçesi Batı Toros Dağlarının eteğinde yer almaktadır. 2023 yılı nüfusu 49695'tir turizm ile birlikte nüfusu çok daha yüksek seviyelere çıkmaktadır. Ağva Deresi zaman zaman aşırı yağışlar ile taşkın oluşturabilmekte hem bölge halkını hem de turizmi olumsuz etkilemektedir. Şekil 3.2'de Ağva Deresinin bulunduğu konum görülmektedir.



Şekil 3.2. Ağva Deresi ve havza sınırları

3.1.4. Ulupınar Deresi

Ulupınar Deresi Batı Akdeniz Havzasında bulunmaktadır. Ulupınar Deresi üzerinde DSİ'nin E09A029 numaralı 163 m kotunda 30°26'20" doğu, 36°26'51" kuzey koordinatlarında 30.2 km² yağış alanına sahip akım gözlem istasyonu bulunmaktadır ve ölçülen anlık en yüksek akım 67.6 m³/s'dir. Ulupınar Deresi Antalya ili Kemer ilçesi Çıralı mevkinden denize dökülmektedir. Çıralı turizm faaliyetlerinin yoğun olduğu bir bölgedir. Olimpos Antik Kentinin bulunması bölgenin önemini arttırmaktadır. Bölgede

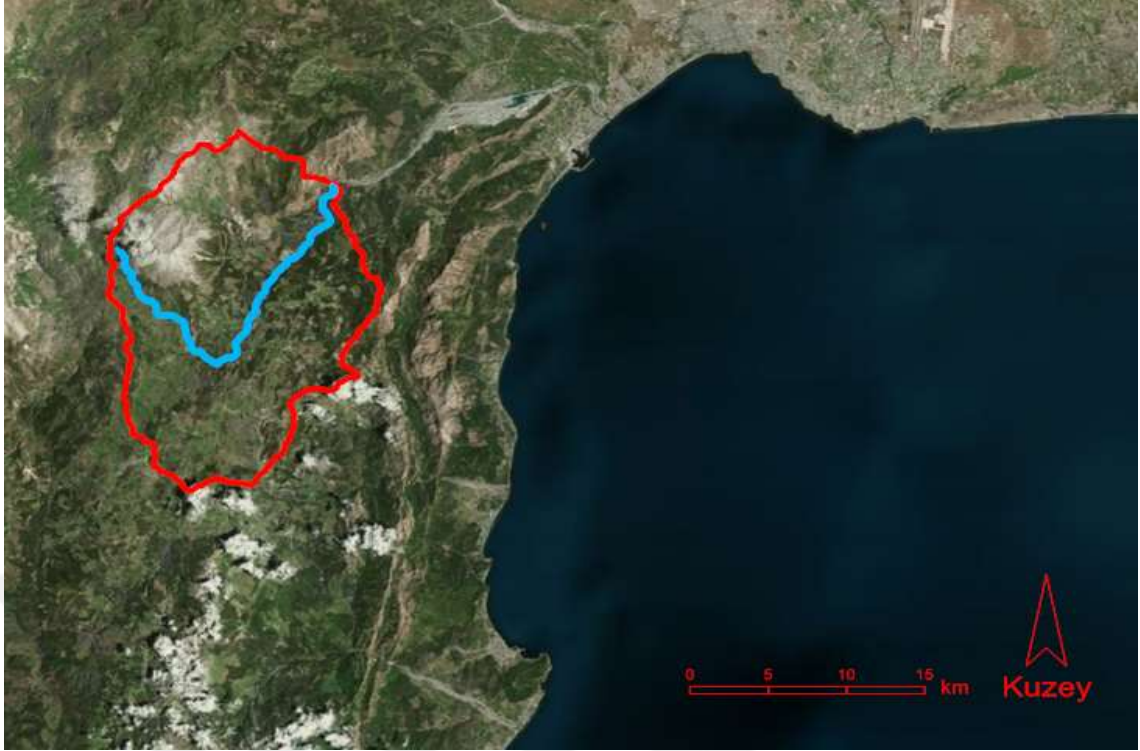
zaman zaman sel ve taşkınlar görülebilmektedir. Şekil 3.3’de Ulupınar Deresinin konumu görülmektedir.



Şekil 3.3. Ulupınar Deresi ve havza sınırları

3.1.5. Çandır Deresi

Çandır Deresi Antalya Havzasında bulunmaktadır. Çandır Deresi üzerinde DSİ’nin D09A095 numaralı 160 m kotunda $30^{\circ}28'2''$ doğu, $36^{\circ}49'30''$ kuzey koordinatlarında 164 km^2 yağış alanına sahip akım gözlem istasyonu bulunmaktadır ve ölçülen anlık en yüksek akım $393 \text{ m}^3/\text{s}$ ’dir. Çandır Deresi (Şekil 3.4) Antalya’nın batısında doğup Çakırlar bölgesinden geçip Göksu Çayı ile birleşip Boğa Çayı adıyla Konyaaltı’ndan denize ulaşmaktadır. Bölgede zaman zaman sel ve taşkınlar görülebilmektedir.



Şekil 3.4. Çandır Deresi ve havza sınırları

3.1.6. Doyran Deresi

Doyran Deresi Antalya Havzasında bulunmaktadır. Çandır Deresi üzerinde DSI'nin D09A111 numaralı 145 m kotunda 30°30'43" doğu, 36°53'23" kuzey koordinatlarında 105.8 km² yağış alanına sahip akım gözlem istasyonu bulunmaktadır ve ölçülen anlık en yüksek akım 62 m³/s'dir. Yazları sıcaklıklardan dolayı su seviyesi azalmakta ve tarımda sulama ile bazı zamanlar kuruyabilmektedir. Şekil 3.5'te Doyran Deresi ve havza sınırları gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Doyran Deresi ve havza sınırları

3.1.7. Karaman Deresi

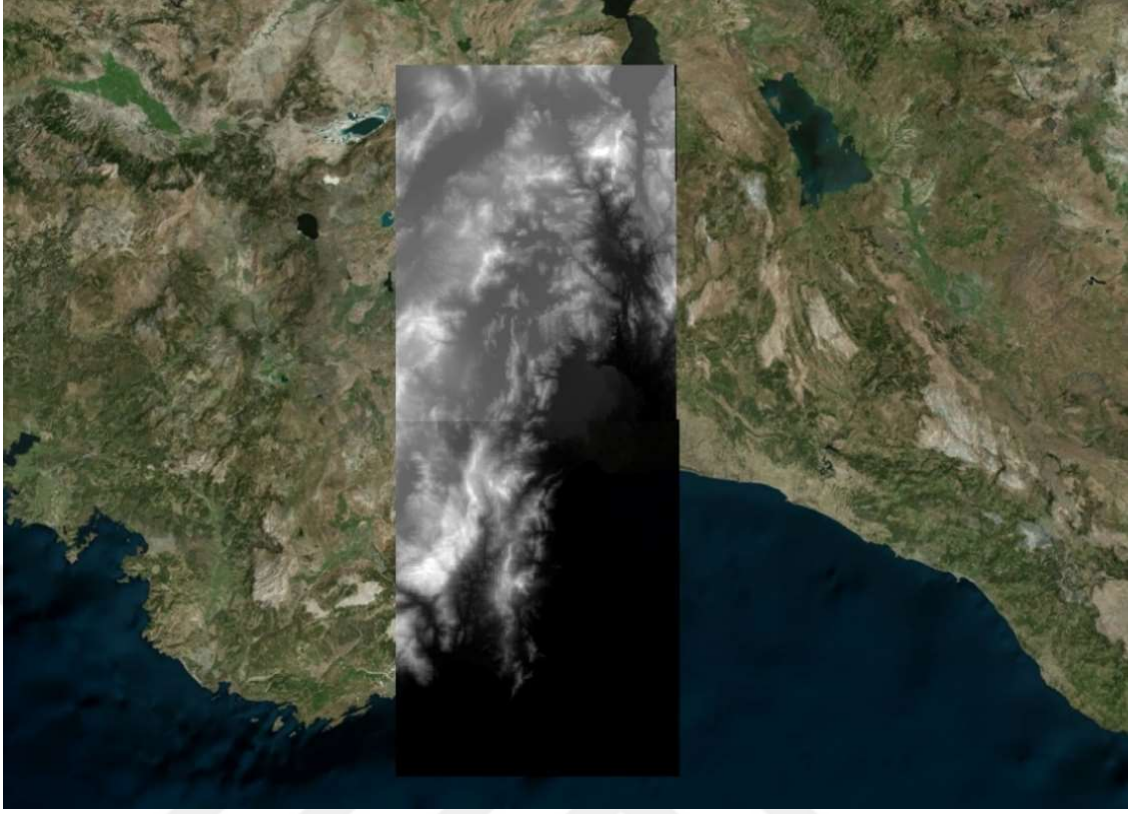
Karaman Deresi Antalya Havzasında bulunmaktadır (Şekil 3.6). Antalya'nın önemli su kaynaklarından biridir. Genellikle dağlık ve ormanlık bölgelerden geçmektedir. Tarım ve turizm açısından önem taşımaktadır. Yazın tarımda sulamanın artması ile birlikte dere kuruyabilmektedir. Karaman Deresi üzerinde DSI'nin D09A031 numaralı 52 m kotunda 30°34'25" doğu, 36°56'5" kuzey koordinatlarında 404.6 km² yağış alanına sahip akım gözlem istasyonu bulunmaktadır ve ölçülen anlık en yüksek akım 419 m³/s'dir. Özellikle yağışlı dönemlerde sel ve taşkın yaşanabilmektedir.



Şekil 3.6. Karaman Deresi ve havza sınırları

3.2. Veriler

Bu çalışmada sayısal arazi modeli oluşturmak için ASTER GDEM raster verileri kullanılmıştır. ASTER GDEM verileri (Şekil 3.7) 1/25000 ölçekli 30m çözünürlüklü ve Coğrafi WGS84 (1984 Dünya Jeodezi Sistemi) formatındadır. Veriler NASA 'nın (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) sitesinden indirilmiştir. İndirilen verilerin isimleri ASTGTMV003_N37E030, ASTGTMV003_N36E030'dır.



Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan ASTER GDEM verileri

NetHydro içerisinde MGM 'ne (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) kayıtlı olan yağış gözlem istasyonları bulunmaktadır. Şekil 3.8'de Türkiye üzerindeki NetHydro veri tabanında bulunan yağış gözlem istasyonları görülmektedir. Şekil 3.9'da ise çalışma bölgesinde bulunan yağış gözlem istasyonları görülmektedir. Çalışmada Çizelge 3.3'te bulunan yağış gözlem istasyonu verileri kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Yağış gözlem istasyonları

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Veri Uzunluğu (Yıl)	Yıllar
17300	Antalya	6	2009-2014
17926	Korkuteli	47	1968-2014
17952	Elmalı	57	1958-2014
17375	Finike	55	1960-2014



Şekil 3.8. NetHydro MGM 'ne kayıtlı yağış gözlem istasyonları



Şekil 3.9. Çalışma alanında bulunan yağış gözlem istasyonları

Çalışma kapsamında incelenen akarsu havzalarının bitki örtüsü genel olarak maki ve çam ormanlarından oluşmaktadır. Dağların çok yüksek kesimlerinde ise ormanlar yerini çayirlara bırakmaktadır. Çalışma alanının bitki örtüsü ve topolojik durumu göz önüne alınarak eğri numarası Şekil 3.10'dan 5 akarsu havzası için 75 olarak belirlenmiştir. K değeri 0.208 alınmış ve NetHydro modülünde genel kullanılan değer olan 0.163 içinde hesap yapılmıştır. C_t değeri 1.35, C_p değeri 0.69 alınmıştır.

	Arazi kullanılması örtü	Muamele ve tatbikat	Sızma için hidrolik şart	Hidrolik toprak grubu			
				A	B	C	D
A. Çok kumlu zeminler B. Kumu çok, kili az zemin, derince bitkisel toprak C. Kumu az, kili çok zemin, sığ bitkisel toprak D. Çok ağır killi veya kayalık zemin, bitkisel toprak çok ince veya hiç yok	NADAS	SR	----	77	86	91	94
	DİZİ	SR	Zayıf	72	81	88	91
	NEBATİ	SR	İyi	67	78	85	89
	Pancar gibi	C	Zayıf	70	79	84	88
		C	Zayıf	65	75	82	86
		CT	Zayıf	66	74	80	82
		CT	İyi	62	71	78	81
	UFAK	SR	Zayıf	65	76	84	88
	DANELİ	SR	İyi	63	75	83	87
	Buğday gibi	C	Zayıf	63	74	82	85
		C	İyi	61	73	81	84
		CT	Zayıf	61	72	79	82
		CT	İyi	59	70	78	81
	SIK EKİLMİŞ	SR	Zayıf	66	77	85	89
	BAKLİYAT	SR	İyi	58	72	81	85
	VEYA OT	C	Zayıf	64	75	83	85
	RATOSYONU	C	İyi	55	69	78	83
		CT	Zayıf	63	73	80	83
		CT	İyi	51	67	76	80
	ÇAYIRLIK	----	Zayıf	68	79	86	89
	VEYA	----	Müsait	49	69	79	84
	MEYDAN	----	İyi	39	61	74	80
		C	Zayıf	74	67	81	88
		C	Müsait	25	59	75	83
		C	İyi	6	35	70	79
	DEVAMLİ ÇAYIR	----	----	30	58	71	78
	ORMAN	----	Zayıf	45	60	77	83
	Çiftlik	----	Müsait	36	60	73	79
	Ağaçları	----	İyi	25	55	70	77
	ÇİFTLİK BİNALARI	----	----	59	74	82	86
	YOLLAR (Tozlu)	----	----	72	82	87	89
	YOLLAR (Sert zeminde)	----	----	74	84	90	92

Şekil 3.10. Bitki örtüsü ve hidrolojik toprak cinsine göre eğri numarası (NetCAD 2022)

LSTM algoritması ile günlük akım verilerinin tahmininde kullanılan akım gözlem istasyonlarının konumları Şekil 3.11’de görülmektedir. Akım gözlem verilerinin istatistiki özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Tez kapsamında kullanılan akım gözlem istasyonları

Çizelge 3.4. Akım gözlem istasyonları istatistiki veriler

	Ağva Deresi (D08A071)	Ulupınar Deresi (E09A029)	Çandır Deresi (D09A095)	Doyran Deresi (D09A111)	Karaman Deresi (D09A031)
Veri Sayısı (Count)	6939.00	3652.00	8766.00	7670.00	4748.00
Sıfır Olan Gün Sayısı	0.00	0.00	0.00	255.00	1531.00
Sıfır Olan Gün Oranı (%)	0.00	0.00	0.00	3.3	32.2
Ortalama (Mean)	2.38	1.11	1.87	0.76	1.37
Medyan (Median)	0.91	0.45	0.70	0.27	0.35
Standart Sapma (Std Dev)	8.96	1.55	4.49	1.34	4.87
Minimum (Min)	0.07	0.05	0.04	0.00	0.00

Devamı Arkada

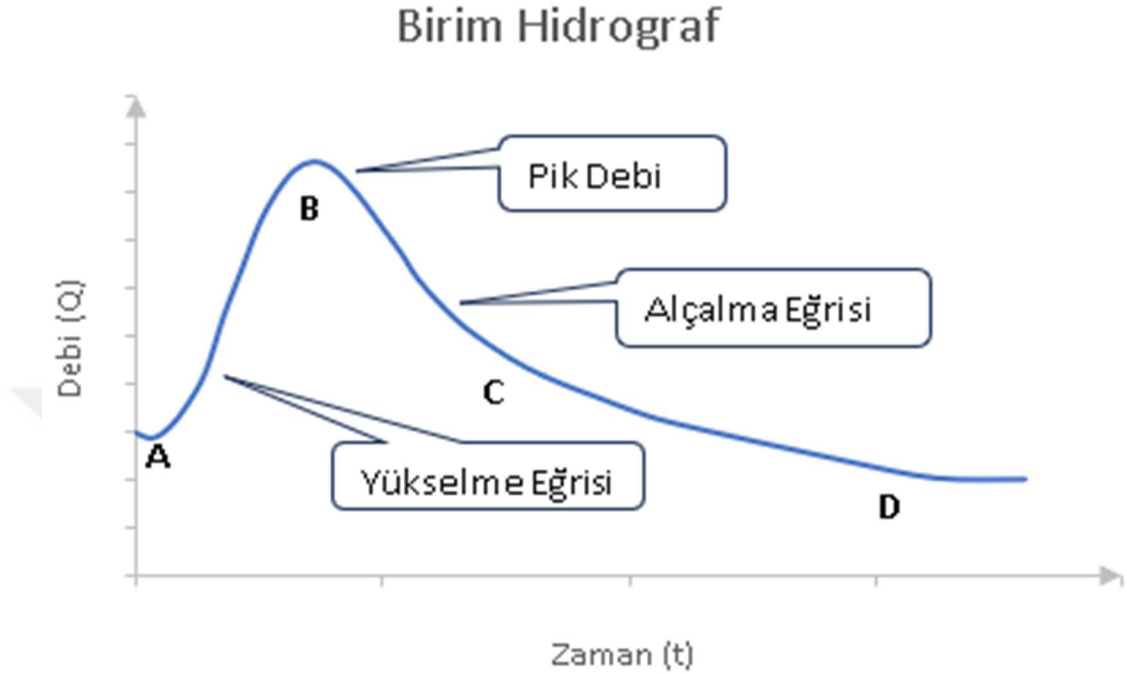
Çizelge 3.4'ün devamı

Maksimum (Max)	451.00	20.60	101.00	37.10	150.00
Veri Aralığı (Range)	450.93	20.55	100.96	37.10	150.00
1. Çeyrek (Q ₁)	0.46	0.25	0.38	0.04	0.00
3. Çeyrek (Q ₃)	1.66	1.41	1.80	0.93	1.25
IQR (Interquartile Range)	1.20	1.16	1.42	0.90	1.25
Çarpıklık (Skewness)	25.18	3.93	11.06	7.28	16.66
Basıklık (Kurtosis)	1017.92	28.09	179.68	124.72	395.09
Varyans (Variance)	80.23	2.41	20.13	1.80	23.74
Medyan Mutlak Sapma (MAD)	0.51	0.28	0.45	0.26	0.35
Çeyrekler Ortalaması (Q1-Q3 Mean)	1.06	0.83	1.09	0.48	0.63
Harmonik Ortalama (Harmonic Mean)	1.59	2.80	1.96	Geçersiz (sıfır içeriyor)	Geçersiz (sıfır içeriyor)
Geometrik Ortalama (Geometric Mean)	0.99	0.58	0.85	Geçersiz (sıfır içeriyor)	Geçersiz (sıfır içeriyor)

İstatistiksel veriler bir veri setinin genel yapısı hakkında fikir verir, sonuçların doğru değerlendirilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. AĞİ'lerin istatistiksel verileri incelendiğinde veri sayısı Ağva, Çandır, Doyran derelerinde birbirine yakın olduğu ve Ulupınar, Karaman derelerine göre daha fazla veri olduğu görülmektedir. Akımın sıfır olduğu gün sayısının toplam veri setine oranına bakıldığında Karaman Deresinde %32.2 gibi çok ciddi bir oran çıkmaktadır. Minimum ve Q₁ değerine bakıldığında 5 deresinde sıcak dönemlerde kuruduğu veya kurumaya yüz tuttuğu söylenebilir. Ağva deresinde veri aralığı, basıklık, çarpıklık ve standart sapma miktarının yüksek olduğu görülmektedir. Basıklık ve çarpıklık değerlerine bakıldığında, 5 derede pozitif çarpık ve yüksek basıktır. Pozitif çarpıklık dağılım grafiğinin sağa yatık olduğunu, yüksek basıklık ise ortalamadan uzak veri noktalarının yoğun olduğunu ifade etmektedir.

3.3. Hidrograf

Hidrograf (Şekil 3.12), akarsu kesitinden geçen debinin zamanın fonksiyonu olarak çizilmesine denir. Burada düşey eksen debi (m^3/s), yatay eksen ise zamandır (h).



Şekil 3.12. Hidrograf elemanları

3.3.1. Hidrograf elemanları

Hidrograflar genellikle çan şeklini almaktadır. Hidrograf üç bölümden oluşur; yükselme eğrisi, tepe noktası ve alçalma eğrisi.

a) Yükselme Eğrisi: Debi AB eğrisi boyunca artmaktadır. Yükselme eğrisi oldukça dik bir yapıya sahiptir. Yükselme eğrisinin yapısı yağış ve havza parametrelerine bağlıdır. Şöyle ki havza üzerine düşen yağışın yükseltinin düşük olduğu yerlerde toplanıp akarsuya karışması için belirli bir zaman gerekmektedir. Havzanın bitki örtüsü sık, eğim az ya da yağış zayıf olursa suların toplanıp akarsuya ulaşması zaman alacaktır ve yükselme eğrisinin eğiminin azaldığı görülecektir. Bunların tersi durumda ise yükselme eğrisinin eğiminin artacağı görülecektir.

b) Pik Debi: Debinin ulaştığı en yüksek seviyedir. Hiyetografin ağırlık merkeziyle pik debi arasındaki zaman farkına gecikme zamanı denir (t_g). Debinin yükselmeye başladığı zaman ile pik debiye ulaşma zamanı arasındaki zaman farkına da pik debiye ulaşma süresi denir (t_p). Gecikme süresi (t_g) ve pik debiye ulaşma süresi (t_p) saat ile ifade edilir.

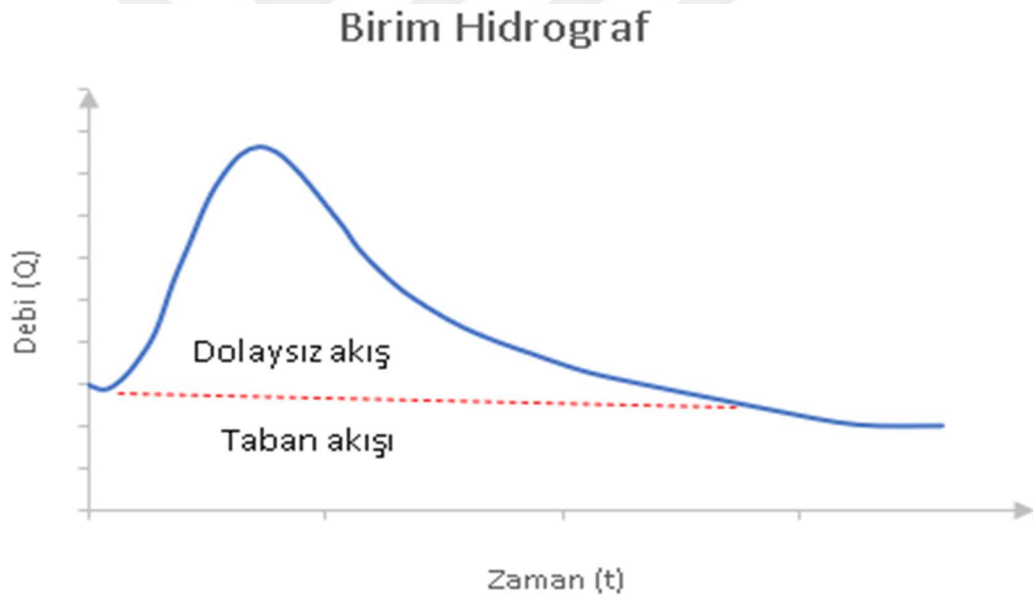
c) Alçalma Eğrisi: Alçalma eğrisi BC yükselme eğrisine göre daha yatıktır. Zamanla azalan debi sabit bir değere yaklaşır. Bunun sebebi daha çok havza karakteristikleriyle

ilgilidir. Havza üzerindeki boşluklarda biriken su, yüzey altı akışı ve yer altı akışı daha uzun bir süreçte deşarj olacağı için zamanla alçalma eğrisi sabit bir değer yaklaşıır.

3.3.2. Birim hidrograf

Birim hidrograf modeli en yaygın kullanılan modellerden biridir. Birim hidrograf modelinde havza, artık yağışı dolaysız akışa dönüştüren bir sistem olarak düşünülür. Havzaya sabit şiddette düşen birim artık yağışın oluşturacağı dolaysız akış hidrografıdır. Birim hidrograf modeli ile havza özelliklerinin değişmediği, yağışın sabit olduğu ve üniform dağıldığı kabul edilir. Bu kabullerden dolayı yağışın homojen olmadığı, alanı büyük olan ve kar erimesinin olduğu havzalarda birim hidrograf modeli tercih edilmemelidir.

a) Taban akışı: Havza tarafından tutulan, akışa geçmeyen yağışı ifade eder Şekil 3.13'te kesikli çizginin altında kalan alandır. Yağış başladığında bir kısmı havzadaki bitki örtüsü, toprak ve çukurlar tarafından tutulur. Bir kısımda yer altı suyuna karışır. Yüzeyden akışa geçemeyen bu kısım taban akışı olarak isimlendirilir.

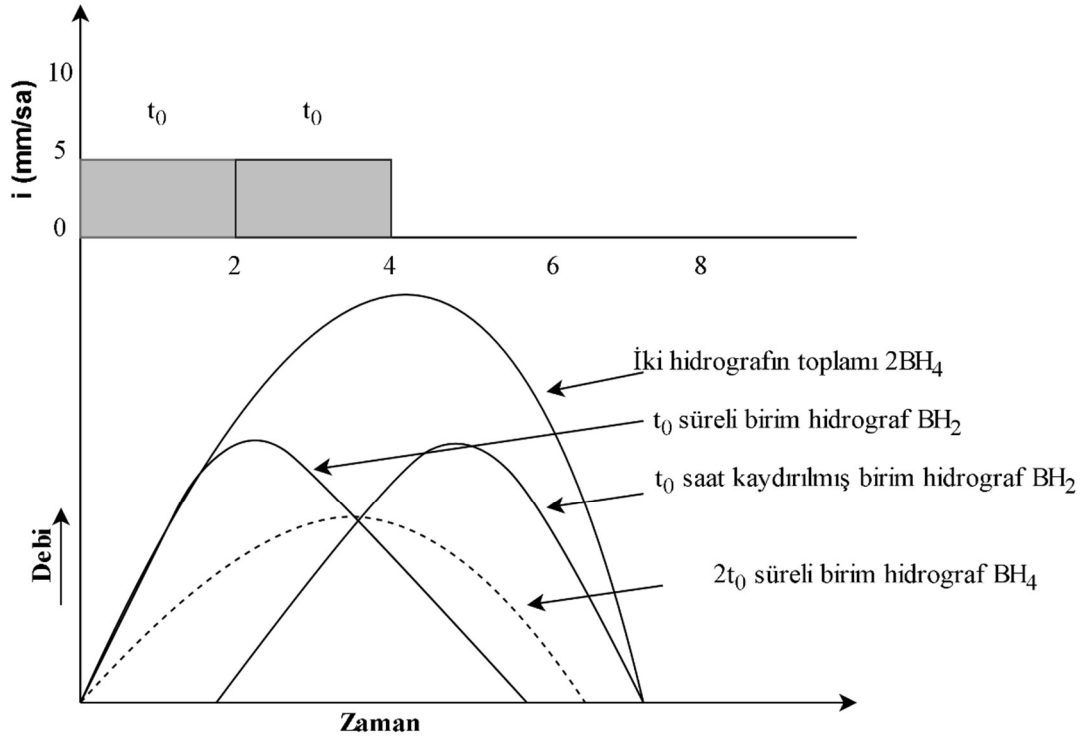


Şekil 3.13. Hidrografın taban akışından ayrılması

b) Dolaysız akış: Yüzeyde akışa geçen kısım ise artık yağış diye isimlendirilir. Artık yağışın tamamı akışa geçtiği için dolaysız akışa eşittir. Şekil 3.13'te kesikli çizginin üstünde kalan alandır. Havzaların farklı süreli birim hidrografı elde edilmek istendiğinde kaydırma metodu ve S-eğrisi metotları kullanılabilir.

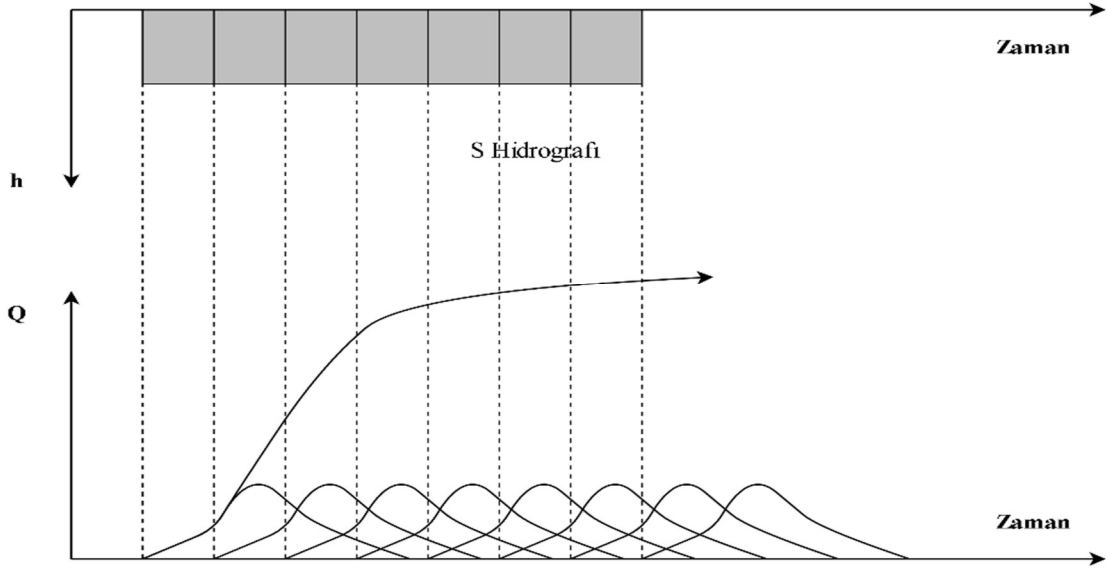
c) Kaydırma metodu: Bir havzada $t_r = 2$ saat süreli 1 cm etkili olan sabit şiddetli bir sağanak meydana geldiği kabul edilirse, bu sağanağın yarattığı birim hidrograf BH_2 (2 saat süreli birim hidrograf) olarak gösterilir ve Şekil 3.14'te görüldüğü gibi sıfır zamanında başlar. Bu sağanağın bitiminde tamamen aynı karakterde bir sağanak daha meydana gelse, o da bir BH_2 meydana getirir. Sadece ikinci BH_2 birinciden 2 saat sonra

başlar. Bu iki birim hidrograf ordinatların toplam 2 cm su derinliği olan 4 saat süren bir sağanağın (arka arkaya meydana gelen iki sağanak bloğunun toplamı) hidrografını verir, dolayısıyla $2BH_4$ 'tür (Usul 2008).



Şekil 3.14. Kaydırma metodu

d) S Eğrisi metodu: Herhangi bir birim hidrografın katı şeklinde olmayan birim hidrograf elde edilmesinde S eğrisi yöntemi kullanılabilir. Belli bir havza için S eğrisi, sabit hızlı ve sonsuza kadar devam eden bir etkili yağışın hidrografını tarif eder. Belli bir $1/t_r$ yağış hızı için S eğrisi, t_r süreli birim hidrografların her biri t_r saat kaydırılarak sonsuz tanesinin eklenmesiyle elde edilir (Şekil 3.15). Tahmin edilebileceği gibi S eğrisi hayali bir hidrograftır, ancak hidrograf analizi çalışmaları için çok faydalıdır (Usul 2008).



Şekil 3.15. S hidrografi

3.4. Akarsu Havza Karakteristikleri

Havza özelliklerinin hidrograf değerleriyle arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesi için havzanın jeomorfolojik yapısının belirlenmesi çok önemlidir.

3.4.1. Havzanın şekli

Havzanın şekli hidrografın şeklini ve pik debisini etkilediği için önemlidir. Havzanın şeklini belirlemek için çeşitli boyutsuz büyüklükler kullanılır.

a) Şekil katsayısı

Şekil katsayısının büyük olması havzanın uzun ve dar olduğunu gösterir (3.1). Büyük havzalarda şekil katsayısı yüksek değerler alır.

L: Talveg boyunca ölçülen akarsu uzunluğu (m)

A: Havza alanı (m²)

$$\text{Şekil Katsayısı} = \frac{L^2}{A} \quad (3.1)$$

b) Gravelius katsayısı

Havzanın çevre uzunluğunun, havza ile aynı alana sahip bir dairenin çevre uzunluğuna bölümüdür (3.2). Katsayının değeri büyüdükçe havzanın şekli daireden uzaklaşır.

P: Havza çevre uzunluğu (m)

A: Havza alanı (m²)

$$\text{Gravelius katsayısı} = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}} \quad (3.2)$$

c) Schumm katsayısı

Havza ile aynı alana sahip bir dairenin çapının, akarsu uzunluğuna oranıdır (3.3). Katsayı 0.6 ile 1 arasında değişir. Dağlık havzalarda küçük değer alır.

L: Talveg boyunca ölçülen akarsu uzunluğu (m)

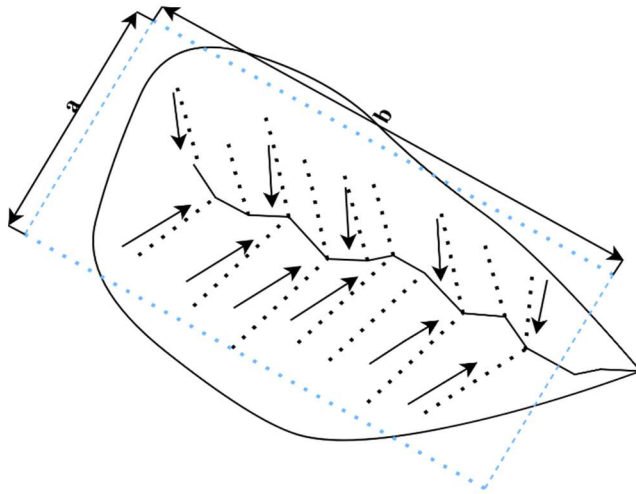
A: Havza alanı (m²)

$$\text{Schumm katsayısı} = \frac{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L} \quad (3.3)$$

d) Eşdeğer dikdörtgenin boyutları

Havza ile alanı ve çevre uzunlukları aynı olan bir dikdörtgenin kenar uzunluklarıdır (Şekil 3.16). P havzanın çevre uzunluğunu (3.4), A havzanın alanını ifade etmektedir.

$$P = 2 \cdot (a+b) \quad (3.4)$$



Şekil 3.16. Eşdeğer dikdörtgen boyutları

e) Dairesellik oranı

Havza alanının, çevresi havzanınkiyle aynı olan bir dairenin alanına oranıdır (3.5).

$$\text{Dairesellik oranı} = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (3.5)$$

3.4.2. Havza alanı

Havza alanı hidrolojik hesaplamalarda önemli parametrelerden biridir çünkü havzanın su potansiyeli ve taşkın debisi havza alanı ile ifade edilen havza büyüklüğüne bağlıdır. Havza alanı ArcGIS, QGIS, NetCAD gibi bilgisayar temelli programlar yardımıyla veya topografik harita üzerinden hesaplanabilir. Havzalar büyüklüklerine göre dörde ayrılır; alan 5 km²den küçükse küçük, alan 5 ile 100 km² arasındaysa orta, alan 100 ile 1000 km² arasındaysa büyük, alan 1000 km²den büyükse çok büyük olarak değerlendirilir. Küçük havzalarda büyük havzalara oranla birim alan başına gelen maksimum debi daha büyük olur ve akış daha düzensizdir. Havza alanı büyüdükçe geçiş süresi de büyümektedir (Bayazıt 2011).

3.4.3. Havza eğimi

a) Eğim

Mühendislikte kullanılan genel eğim hesabı gibidir (3.6). Eğim ne kadar yüksekse yüzey akışının çıkış noktasına varması o kadar hızlı olur (Şen 2004). Ayrıca eğimin artması, akışın yıl içindeki dağılımının düzensizleşmesine, geçiş süresinin küçülmesine ve birim alandan gelen maksimum debinin artmasına neden olur (Bayazıt 2011).

$$S = \frac{E_f - E_0}{L} \quad (3.6)$$

S: Kanal eğimi

E_f: En uzak noktadaki kot

E₀: Çıkış noktasındaki kot

L: Kanal uzunluğu

b) Ortalama eğim

Havza üzerine düşen her bir akarsu parçasının eğimi hesaplanır. Havza eğimlerinin aritmetik ortalaması havza eğimini verir.

c) Maksimum havza rölyefi

Havzanın en yüksek ve en düşük kotlu iki nokta arasındaki kot farkı maksimum havza rölyefidir (H).

d) Rölyef oranı

Havzanın en yüksek ve en düşük kotlu iki noktası arasındaki kot farkının araderenin yatay uzunluğuna oranıdır (3.7).

$$R_h = \frac{H}{L} \quad (3.7.)$$

e) Oransal rölyef

Havzanın maksimum rölyefinin havza çevresine oranıdır (3.8).

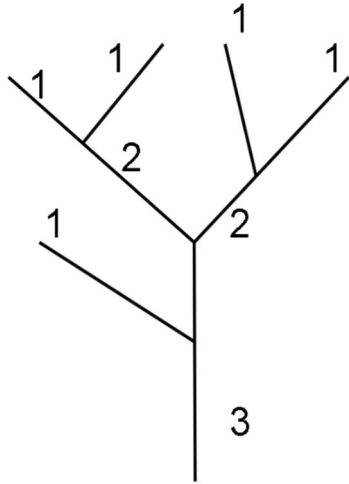
$$R_{ho} = \frac{H}{P} \quad (3.8)$$

3.4.4. Akarsu mertebesi

Akarsu ağlarının sınıflandırılması üzerine ilk çalışma Horton tarafından 1945 yılında yapılmıştır. Horton akarsu parçalarını merteleme sonrasında Strahler bu mertebelenendirme yöntemini geliştirmiştir (Şekil 3.17). Strahler mertebelenendirme yönteminin tanımı şu şekilde yapılabilir;

- a. Bir kaynağın oluşturduğu akarsu parçası birinci mertebededir.
- b. i mertebe iki akarsu parçası birleşirse, i+1 mertebe bir akarsu parçası oluşur.
- c. Mertebeleri farklı olan iki akarsu parçası birleşirse, akarsu parçasının akış yönündeki birleşim ile oluşan bu akarsu parçası iki akarsu parçasından mertebesi yüksek olan akarsu parçasının mertebesini alır.

Akarsu ağlarında akarsu ağının beslendiği kaynak sayısı o akarsuyun büyüklüğünü (M) verir.



Şekil 3.17. Strahler mertebelendirme yöntemi

Şekil 3.17’de görülen akarsuyun havza çıkış mertebesi $\Omega=3$, büyüklüğü $M=5$ ’tir. Akarsu ağının mertebesi (Ω) akarsu çıkışındaki en yüksek mertebeli akarsu parçasının mertebesine eşittir.

N_i : ($i=1,2,3\ldots\Omega$) mertebesi i olan akarsu parçası sayısı

L_{ji} : ($j=1,2,3\ldots N$), ($i=1,2,3\ldots\Omega$) mertebesi i olan j . akarsu parçasının uzunluğunu gösterir.

L_{ort} : mertebesi i olan akarsu parçalarının ortalama uzunluğunu gösterir (3.9).

$$L_{ort} = \frac{1}{N_i} \cdot \sum_{j=1}^{N_j} L_{ji} \quad i = 1,2,3 \ldots \Omega \quad (3.9)$$

Bu ifadeler kullanılarak Horton drenaj yasaları çıkartılabilir.

$$R_B \cong \frac{N_{i-1}}{N_i} \quad R_L \cong \frac{L_{orti}}{L_{ort(i-1)}} \quad (3.10)$$

R_B Horton dallanma (çatallanma) oranı olarak isimlendirilir 3 ile 5 arasında bir değer alır. R_L akım uzunluğu oranıdır, 1.5 ile 3 arasında bir değer alır (3.10).

Bir akarsu parçasının durumu bulunduğu mertebedeki bütün Strahler akarsu parçalarının bileşimi gibi tanımlanabilir. Akarsu parçasının mertebesi Ω , durumu c_i gösterilir ve i , 1 ile Ω arasında bir değer alabilir. Mertebesi Ω olan bir havzanın $2^{\Omega-1}$ adet olası geçiş yolu bulunur. $\Omega=3$ için geçiş yolu $S=(s_1, s_2, s_3, s_4)$ şeklinde olur.

s_1 için geçiş yolu $c_1 \rightarrow c_2 \rightarrow c_3 \rightarrow$ havza çıkışı

s_2 için geçiş yolu $c_1 \rightarrow c_2 \rightarrow$ havza çıkışı

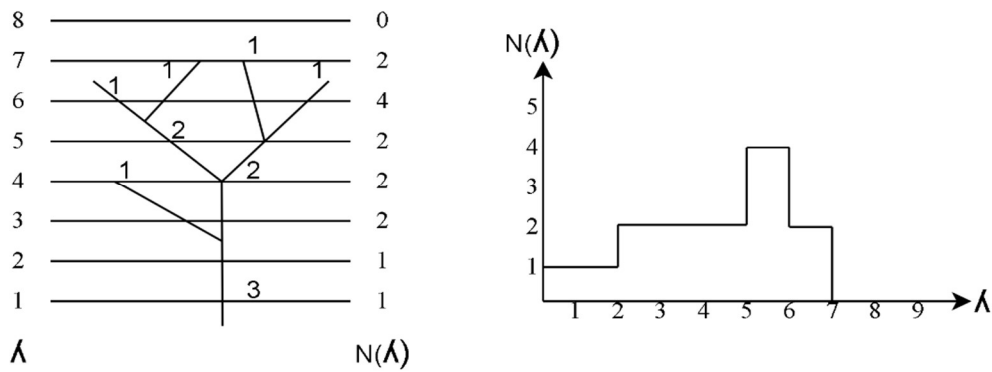
s₃ için geçiş yolu $c_2 \rightarrow c_3 \rightarrow$ havza çıkışı

s₄ için geçiş yolu $c_3 \rightarrow$ havza çıkışı

Bir akarsu ağının topolojik karakteristikleri; kaynak sayısı, akarsu ağındaki düğüm noktaları ve ağın dallanma sistemidir. Akarsu parçalarının uzunlukları akarsu ağının topolojik karakteristiği olarak ifade edilemez. Eşit sayıda kaynak sayısı, akarsu parça sayısı, düğüm noktası ve birinci mertebe akarsu parçalarına sahip topolojik olarak karşılaştırılabilir (Smart 1972).

3.4.5. Akarsu genişlik fonksiyonu

Akarsuyun mansabından memba yönüne doğru akarsu ağı boyunca ardışık λ mesafelerinden geçen farazi çizgilerin kestiği akarsu parça sayısı akarsu genişliği olarak ifade edilir. Akarsuyun genişlik fonksiyonu ise $N(\lambda)$ 'dir. Akarsu genişliği, λ mesafesi azaldıkça daha hassas sonuç verir bir nevi çözünürlük artar (Şekil 3.18), havza karakteristiği o kadar iyi ifade edilmiş olur.



Şekil 3.18. Akarsu genişlik fonksiyonu

3.5. Ortalama Yağış Yüksekliği Hesap Yöntemleri

Belirli bir bölgenin çeşitli noktalarında yağış ölçümleri yapılmışsa, o bölgenin ortalama yağış yüksekliği çeşitli yöntemlerle hesaplanabilir. Yağış ölçüm istasyonları her havza içerisinde yeterli sayıda olmayabilir. Bundan dolayı çalışma yaparken ölçüm istasyonlarının havzaya göre konumları ve havza karakteristiğini yansıtması önemlidir.

3.5.1. Aritmetik ortalama yöntemi

Havza içerisindeki tüm yağış ölçüm istasyonu verilerinin ortalaması alınarak (3.11) ortalama yağış yüksekliği hesaplanır. Dağlık bölgelerde ve şiddetli yağış sırasında bu yöntem kullanılmaz. Basit bir yöntem olduğu için havza karakteristiğini doğru yansıtamaz. 500 km²'den küçük yağışın üniform olduğu bölgelerde kullanılabilir.

P: Ortalama yağış yüksekliği

P_i : i. yağış gözlem istasyonunun ölçtüğü yağış yüksekliği

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (3.11)$$

3.5.2. Thiessen yöntemi

Bu yöntem ile birbirine yakın yağış ölçüm istasyonları doğru çizilerek birleştirilir. Bu doğru parçalarından orta dikmeler çıkılarak her bir yağış ölçüm istasyonu için bir çokgen teşkil edilir (Şekil 3.19). Her bir çokgenin sınırladığı alanın o istasyonla temsil edildiği varsayılarak ortalama yağış yüksekliği aşağıdaki formül ile hesaplanır (3.12).

Havzadaki yağış ölçüm istasyonlarının dağılımı üniform değilse bu yöntem kullanılır. Havza içerisinde olmayan yakındaki yağış ölçüm istasyonlarında kullanılabilir.

P: Ortalama yağış yüksekliği

A: Havza alanı

P_i : i. yağış gözlem istasyonunun ölçtüğü yağış yüksekliği

A_i : i. yağış gözlem istasyonunun havzada temsil ettiği alan

$$P = \frac{\sum_{i=1}^N P_i A_i}{A} \quad (3.12)$$



Şekil 3.19. Thiessen çokgenleri

3.5.3. İzohiyet yöntemi

Yağış yüksekliği aynı olan noktaların birleşimi ile oluşan eğrilere izohiyet denir. Bu yöntem özellikle dağlık bölgelerde iyi sonuç verir. İki izohiyet eğrisi arasındaki alanda yağış yüksekliğinin bu iki izohiyetin ortalaması olduğu varsayılarak aşağıdaki formül (3.13) ile bulunur.

P: Ortalama yağış yüksekliği

A: Havza alanı

P_i: i. alan üzerindeki ortalama yağış

A_i: İki izohiyet arasında kalan i. alan

$$P = \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i}{A} \right) \cdot P_i \quad (3.13)$$

3.6. Deterministik Yöntemler

3.6.1. Rasyonel yöntem

Rasyonel yöntem 1 km²'den küçük alanlarda kullanılır (3.14). Tek bir taşkın debisi verir, hidrograf üretmez. Yüzey akışını oluşturan yağışı ve havza özelliğini dikkate alır.

$$Q = C.i.A \quad (3.14)$$

C: Yüzey akış katsayısı

İ: Yağış şiddeti (m/s)

A: Havza alanı (m²)

Q_p: Taşkın debisi (m³/s)

3.6.2. DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi

DSİ sentetik yönteminde, havza alanı 1000 km²'ye kadar olan akarsu havzalarında 1 mm akım üreten 2 saat süreli yağışların meydana getirdiği havza verimi kullanılarak birim hidrograf değerleri hesaplanır. DSİ sentetik yöntemle birim hidrograf hesaplanması için aşağıdaki formüller kullanılmaktadır (Özdemir 1978).

$$S = \left(\frac{10}{\sum \frac{1}{\sqrt{S_i}}} \right)^2 \quad (3.15)$$

$$E = \frac{L.L_c}{\sqrt{S}} \quad (3.16)$$

$$Q_p = A.q_v.10^{-3} \quad (3.17)$$

$$T = 3.65 \left(\frac{V_b}{Q_p} \right) \quad (3.18)$$

$$T_p = \frac{T}{5} \quad (3.19)$$

$$V_b = A.h_a.10^3 \quad (3.20)$$

Q_p: Sentetik birim hidrograf pik debisi (m³/s)

T: Hidrograf devam süresi (s)

T_p : Hidrografın yükselme zamanı (h)

q_v : Akış verimliliği (L/s/km²/mm)

V_b : Birim hacim (m³)

S: Ana su yolu harmonik eğimi

h_a : Akış yüksekliği (m)

L: Ana su yolu uzunluğu (m)

L_c : Havza ağırlık merkezinin proje kesitine uzaklığı (km)

3.6.3. Mockus birim hidrograf yöntemi

Mockus yöntemi, maksimum 30 saat olan toplanma süresine sahip havzalarda kullanılabilmektedir. Toplanma süresi daha fazla olan havzalarda, büyük havza alt havzalara ayrılır. Alt havzaların her biri için oluşturulan hidrograflar kullanılarak büyük havzaya ilişkin hidrograf elde edilebilmektedir. Mockus yöntemi, işlemlerin ve çizilen üçgen hidrografta çalışmanın kolay olması nedeniyle tercih edilmektedir. Üçgen hidrograflar, rezervuarlarda ve akarsu yataklarında ötelemelerde de eğrisel hidrograflar kadar hassas neticeler vermektedir. İstendiğinde, üçgen hidrograflar eğrisel hidrograflara dönüştürülebilmektedir (Bantchina 2018).

Yağışın değişkenliği nedeniyle hesaplanacak taşkınlarda alınacak ΔD birim sağanak süresinin seçilmesi önemlidir. ΔD birim sağanak süresinin seçiminde genelde kıstas $\Delta D < T_c/5$ 'tir. İlk 6 saatlik proje sağanak süresi için ΔD , çoğunlukla 1 saattir. T_c 'nin (4.2) 3 saatten az olduğu halinde pratik olarak 1/2 saat alınmaktadır. T_c 'nin 10 ile 15 saat olması halinde $\Delta D = 2$ saat, 15 saatten 30 saate kadar alınması halinde ise ΔD 'nin 3 saat alınması tavsiye edilmektedir. Mockus yöntemi ile sentetik birim hidrograflar hesaplanırken aşağıdaki formüller kullanılır (Özdemir 1978).

$$T_c = 0.00032 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (3.21)$$

$$D = 2. \sqrt{T_c} \quad (3.22)$$

$$T_p = \sqrt{T_c} + 0.6T_c \quad (3.23)$$

$$T_r = H. T_p \quad (3.24)$$

$$T_b = T_p + T_r \quad (3.25)$$

$$Q_p = \frac{K \cdot A \cdot h_a}{T_p} \quad (3.26)$$

$$K = \frac{Q_p \cdot T_p}{A} \quad (3.27)$$

$$H = \frac{(2.0.278 - K)}{K} \quad (3.28)$$

T_c : Yağışın toplanma zamanı (h)

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

T_p : Hidrografın yükselme zamanı (h)

T_r : Birim hidrografın çekilme süresi (h)

T_b : Birim hidrografın taban süresi (h)

h_a : Yıllık birim ortalama yağış (mm)

D : Birim sağanak süresi (h)

A : Havza alanı (km^2)

L : Ana su yolu uzunluğu (m)

S : Ana su yolu harmonik eğimi

K ve H havza özelliklerine bağlı katsayılarıdır.

3.6.4. Snyder birim hidrograf yöntemi

Snyder yöntemi $1000 km^2$ den büyük havzalarda uygulanmaktadır. Snyder, birim hidrografı taban süresi, pik debisi ve havza gecikmesi parametreleri ile tanımlamıştır. Snyder birim hidrograf değerinin hesaplanmasında havzanın birçok özelliğinin etkili olduğu bilinmektedir. Snyder, havzanın birçok özelliğinin etkili olduğunu bildiğinden sadece havza alanı ve havza alanının şeklini dikkate almaktadır ve diğer bütün faktörleri bir “C” katsayısı sayesinde hesaplamaya gerek duyulmadan hesaplamaların dışında bırakmıştır (Tanrıverdi 2021).

$$T_r = \frac{T_p}{5.5} \quad (3.29)$$

$$T_p = C_t(L \cdot Lc)^{0.30} \quad (3.30)$$

$$q_v = 276 \frac{C_p}{T_p} \quad (3.31)$$

$$Q_p = A \cdot q_v \cdot h_a \cdot 10^{-3} \quad (3.32)$$

$$T = 3 + \frac{3T_p}{24} \quad (3.33)$$

T_p : Yükselme zamanı (h)

T_r : Sağanak süresi (h)

q_v : Verim (lt/s/km²/mm)

Q_p : Birim hidrografın birim alana göre pik debisi (m³/s)

T : Hidrograf süresi (gün)

L : Çıkış noktası ile havzanın en uzak noktası arasındaki akarsu uzunluğu (km)

L_c : Çıkış noktası ile havzanın ağırlık merkezi arasındaki akarsu uzunluğu (km)

C_t : Zamanlama katsayısı

C_p : Pik katsayısı

3.6.5. SCS birim hidrograf yöntemi

Yüzey akışını tahmin etmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Yüzey akışını hesaplamak için eğri numarası ve sentetik birim hidrograftan yararlanır. Çok fazla veri gerektirmediği için kullanımı kolaydır.

$$Q = \frac{(P - I_Q)^2}{(P - I_Q) + S} \quad (3.34)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.35)$$

$$I_Q = 0.2 \cdot S \quad (3.36)$$

Q : Yüzey akışı (mm)

P : Toplam yağış (mm)

I_a : Başlangıçta tutulan yağış

S : Potansiyel maksimum depolama kapasitesi

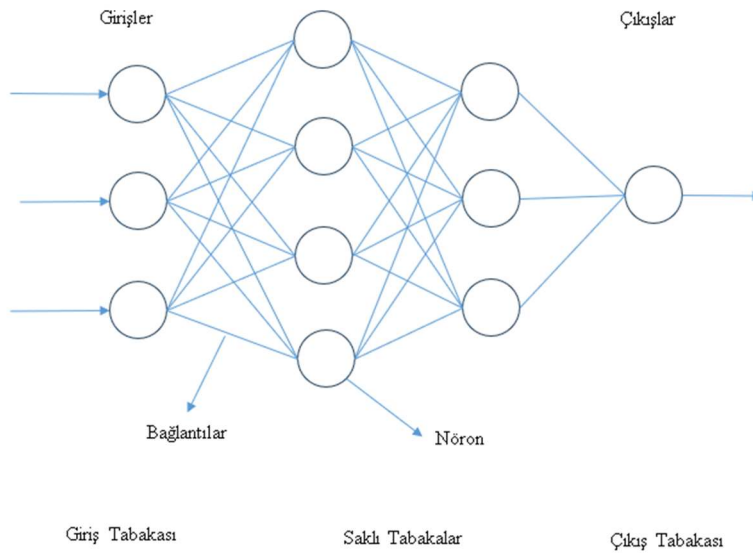
3.7. Yapay Zeka Yöntemleri

Yapay zeka yöntemlerinin temelinde insanın öğrenme kabiliyetinin modellenmesi vardır. İnsan beyni duyu organları ile verileri alır. Aldığı bu verilerin ilgili kısımlarını var olan verilerle ilişkilendirir, gruplandırır ve gerekli olmayan verileri ayıklar yani bu verileri işler en sonunda ise bir sonuca ulaşır. Yapay zeka algoritmaları ile de bu yapılmaya çalışılmaktadır. İnsan zekası henüz tam olarak matematiksel olarak ifade edilememiş olsa da temel özellikleri parça parça anlamlandırılıp matematiksel olarak ifade edilmeye çalışılmaktadır.

Bu çalışmada Uzun-Kısa süreli bellek ağırları yöntemi (LSTM) kullanılmıştır. AGİ günlük akım verileri kullanılarak akım tahmini yapılmış sonuçlar hata metrikleri ile değerlendirilmiştir.

3.7.1. Yapay sinir ağları

İnsan zekasının temelinde nöronlar vardır. Nöronlar bilgiyi dentrit aracılığı ile alır çekirdekten geçirilip aksonlar ile diğer sinir hücresine iletilir. Yapay sinir ağlarında ise benzer şekilde bir veri girişi vardır, veriler çekirdeğe ulaşmadan geldikleri bağlantının ağırlıkları ile çarpılırlar ve toplama fonksiyonu ile geldikleri ağırlıklar ile çarpılan veriler toplanır ve aktivasyon fonksiyonu ile bir sonraki katmana geçer ve aktivasyon fonksiyonundan tek bir değer çıkar bu çıktı değeridir (Şekil 3.20).



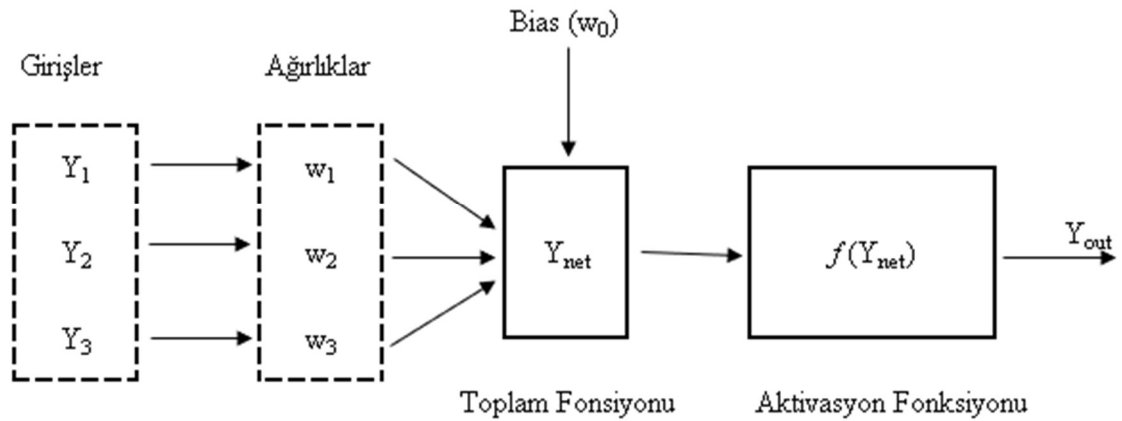
Şekil 3.20. Yapay sinir ağları genel yapısı

a.) İleri beslemeli yapay sinir ağı

İleri beslemeli yapay sinir ağında, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan ara

(gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, ara ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar, doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı yapay sinir ağının, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştırabileceği gösterilmiştir. En çok bilinen algoritma olan geriye yayılım öğrenme algoritması, bu tip yapay sinir ağların eğitiminde etkin olarak kullanılmaktadır. Ağa hem örnekler hem de örneklerden elde edilmesi gereken çıktılar (beklenen çıktılar) verilmektedir. Ağ kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak problem uzayını temsil eden bir çözüm uzayı üretmektedir. Daha sonra gösterilen benzer örnekler için bu çözüm uzayı sonuçlar ve çözümler üretebilmektedir (Öztemel 2006).

Şekil 3.21’de bir nöronun matematiksel şekli verilmiştir. Nöronun girdileri ağırlıkları ile çarpılmış sonrasında toplam fonksiyonu (3.37) uygulanmış ve aktivasyon fonksiyonundan (3.38) geçirilip çıkış elde edilmiştir.



Şekil 3.21. Nöronun yapısı

$$Y_{net} = \sum_{i=1}^N Y_i \cdot w_i + w_0 \quad (3.37)$$

$$Y_{out} = f(Y_{net}) = f\left(\sum_{i=1}^N Y_i \cdot w_i + w_0\right) \quad (3.38)$$

Y_i : Nöron girdisi

w_i : Her bir nöron girdisine ait ağırlıklar

Y_{net} : Toplam fonksiyonu

$f(Y_{net})$: Aktivasyon fonksiyonu

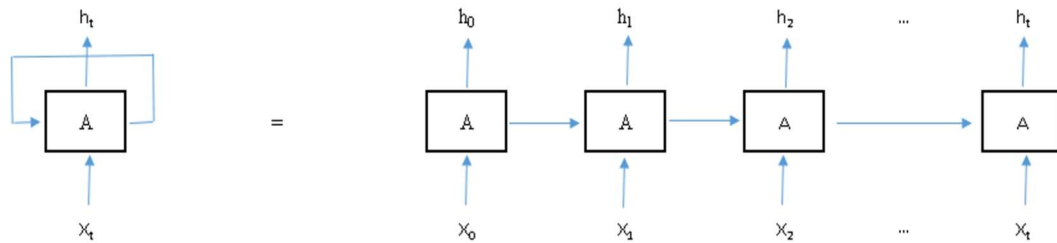
b.) Geri beslemeli yapay sinir ağı

Geri beslemeli yapay sinir ağı çıkış verisindeki hatayı geriye yayar, bunu bir hücrenin çıkışı kendisine veya bir başka hücreye giriş olarak verilmesiyle olur. Bu genellikle bir geciktirme elemanı ile gerçekleştirilir.

Geri yayılım ağı, yukarıda bahsedilen ağ tipleri içerisinde 1970'lerin başında geliştirilmiş en popüler, en etkili ve karmaşık, tanımlanamamış problemlere doğrusal olmayan çözümler getirebilen bir ağ çeşididir. Tipik bir geri yayılım ağının, bir girdi katmanı, bir çıktı katmanı ve en az bir gizli ara katmanı vardır. Geri yayılım ağlarında katman sayısı ve her katmandaki düğüm sayısı aşağıdaki kurallara göre dikkatlice seçilmelidir (Can 2012).

3.7.2. Tekrarlayan sinir ağları

Tekrarlayan sinir ağlarının (TSA) yapısı bir girdi katmanından, bir veya daha fazla gizli katmandan ve bir çıktı katmanından oluşur. TSA'lar, önceki işlem adımlarından önemli bilgileri depolamak için modülleri bir bellek olarak kullanma fikriyle birlikte, zincir benzeri yinelenen modül yapılarına sahiptir. TSA'lar, İleri beslemeli sinir ağlarının aksine, sinir ağının bir dizi girişi kabul etmesine izin veren bir geri bildirim döngüsü içerir. Bu, adım $t-1$ 'in çıktısının, adım t 'nin sonucunu etkilemek ve sonraki her adım için ağı geri beslediği anlamına gelir. Bu nedenle, TSA'lar öğrenme dizilerinde başarılı olmuştur (Asaad 2021).



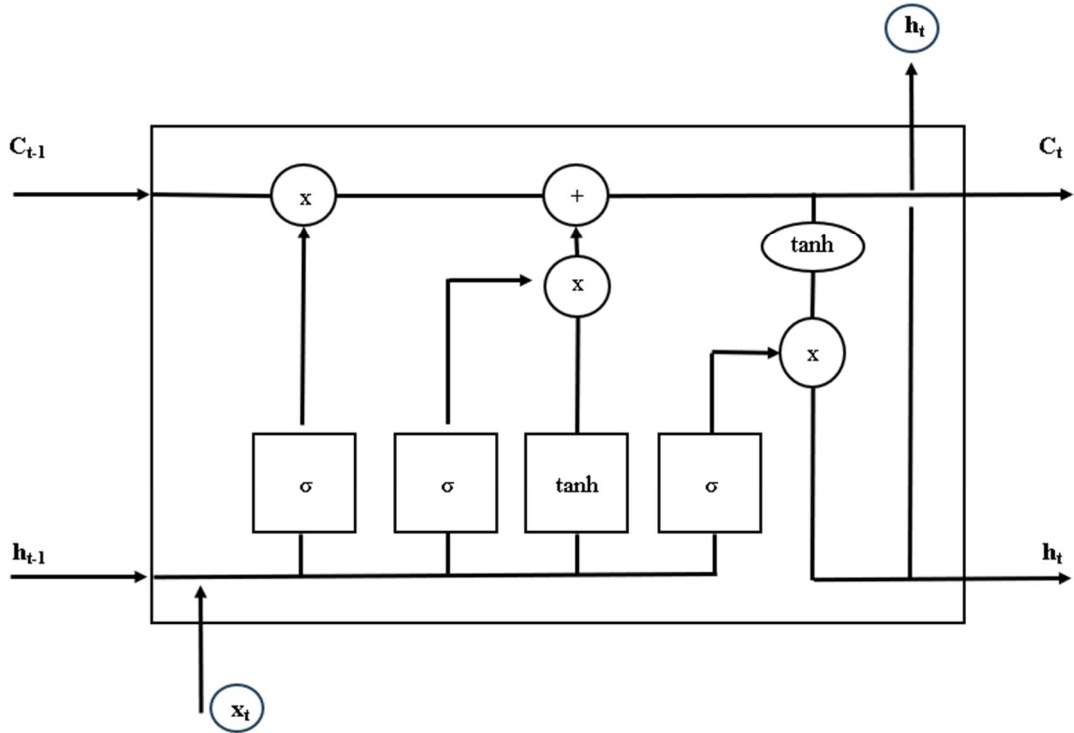
Şekil 3.22. Tekrarlı sinir ağı açılımı

Şekil 3.22'de tekrarlı sinir ağı açılımı verilmiştir. Tekrarlı sinir ağı yapısındaki X_t , t zamanındaki girdi ve h_t , t zamanındaki çıktıdır. Eğitim sürecinde TSA, YSA'da gradyanların hesaplanması ve ağırlık matrislerinin ayarlanmasında uygulanan yaygın bir algoritma olan geri yayılım algoritmasını kullanır. Ancak, geri bildirim sürecinin değiştirilmesinin ardından ağırlıkları ayarlayacak ve güncelleyecektir (Asaad 2021).

3.7.3. Uzun-kısa süreli bellek (LSTM)

Uzun-kısa süreli bellek sinir ağı yöntemi tekrarlı sinir ağlarının geliştirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Tekrarlı sinir ağlarından farklı olarak LSTM yapısında gizli hafıza hücresi bulunmaktadır. Uzun süreli bağımlılıkları öğrenebilmekte ve

hatırlayabilmektedir. LSTM yapısı giriş, unutma, güncelleme ve çıkış kapısından oluşan 4 katmana sahiptir.



Şekil 3.23. Uzun-kısa süreli bellek yapısı

Tipik bir LSTM ağı, hücreler adı verilen bellek bloklarından oluşur (Şekil 3.23). Hücre durumu, verilerin esasta değişmeden ilerlemesine izin veren ana veri akış zinciridir. Bununla birlikte, bazı doğrusal dönüşümler meydana gelebilir. Bir LSTM ağı oluşturmanın ilk adımı, gerekli olmayan ve bu adımda hücreden çıkarılacak olan bilgileri belirlemektir. Bu veri tanımlama ve hariç tutma işlemi $t - 1$ zamanında son LSTM biriminin (h_{t-1}) çıktısını ve t zamanında mevcut girdiyi (x_t) alan sigmoid işlevi tarafından karar verilir. Bu kapıya unutma kapısı (f_t) denir; burada f_t , 0 ile 1 arasında değişen, hücre durumundaki her sayıya karşılık gelen C_{t-1} bir vektördür.

$$f_t = \sigma(W_f[h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (3.39)$$

Formül 3.39'da σ sigmoid fonksiyonudur. W_f ve b_f sırasıyla unutma kapısının ağırlık matrisi ve sapmasıdır. Hücre durumunda yeni girişten (x_t) gelen bilgileri kararlaştırmak, depolamak ve ayrıca hücre durumunu güncellemek için aşağıdaki adım verilmiştir. Bu adım, sigmoid katmanı ve ikinci tanh katmanı olmak üzere iki bölümden oluşur. Formül 3.42'de bulunan C_{t-1} ve C_t , $t-1$ ve t zamanlarındaki hücre durumlarıdır.

$$i_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (3.40)$$

$$N_t = \tanh(W_n[h_{t-1}, x_t] + b_n) \quad (3.41)$$

$$C_t = C_{t-1}f_t + N_t i_t \quad (3.42)$$

Son adımda çıkış değerleri (h_t), çıkış hücresinin (O_t) durumuna bağlıdır. İlk olarak sigmoid katmanı, hücre durumunun hangi kısımlarının çıktıya ulaşacağına karar verir. Daha sonra sigmoid geçidin (O_t) çıktısı (3.43), tanh katmanı tarafından hücre durumundan (C_t) oluşturulan yeni değerlerle (-1 ile 1 arasında değişen bir değerle) çarpılır (3.44) (Le vd. 2019).

$$O_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, X_t] + b_i) \quad (3.43)$$

$$h_t = O_t \tanh(C_t) \quad (3.44)$$

3.7.4. Değerlendirme ölçütleri

a) Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE)

Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) model performansını ölçmek amacıyla kullanılmaktadır (3.45). Tahmin edilen akım gözlenen akıma yaklaştıkça NSE değeri 1'e yaklaşır. NSE negatif değer alıyorsa eğer tahmin değerlerinin gerçek değerlerden uzak olduğu anlaşılır. Formülde bulunan (3.45) $Q_i^{göz}$ gözlenen akım, Q_i^{tah} tahmin edilen akım ve Q^{ort} gözlemlenen akımların ortalamasını temsil eder.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_1^N (Q_i^{göz} - Q_i^{tah})^2}{\sum_1^N (Q_i^{göz} - Q^{ort})^2} \quad (3.45)$$

b) Ortalama karesel hata (MSE)

Ortalama karesel hata gözlenen değer ile tahmin edilen değerlerin farkının karesinin ortalamasını alır (3.46). Hataların karesini aldığı için büyük hataları daha fazla yansıtır, küçük MSE değerleri daha iyi model performansı anlamına gelmektedir.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_i^N (Q_{gözi} - Q_{topi})^2 \quad (3.46)$$

c) Karekök ortalama karesel hata (RMSE)

Ortalama karesel hatanın kareköküne eşittir (3.47). Modelin tahmin ettiği verinin birimi ile hatanın birimi aynı olduğundan dolayı yorumlama açısından kolaylık sağlayacaktır. Düşük RMSE değerleri daha iyi model performansı anlamına gelmektedir.

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i^N (Q_{göz_i} - Q_{top_i})^2} \quad (3.47)$$

d) Ortalama mutlak hata (MAE)

Ortalama mutlak hata, gözlem değerleri ile tahmin edilen değerlerin farklarının mutlak değerinin ortalamasıdır (3.48). Hataları gerçek biriminde ifade ettiği için yorumlama açısından kolaylık sağlayacaktır. Düşük değerler modelin daha iyi yansıtıldığını göstermektedir.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_i^N |Q_{göz_i} - Q_{top_i}| \quad (3.48)$$

e) Kling-Gupta verimlilik katsayısı (KGE)

Hidrolojik modellerin performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır. NSE'ye alternatif olarak geliştirilmiştir. KGE değeri (3.49) 1'e yaklaştıkça model performansı gerçeğe yaklaşır. Burada r korelasyon katsayısı, α varyans oranı ve β ortalamaların oranını temsil etmektedir.

$$KGE = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\alpha - 1)^2 + (\beta - 1)^2} \quad (3.49)$$

f) Determinasyon katsayısı (R^2)

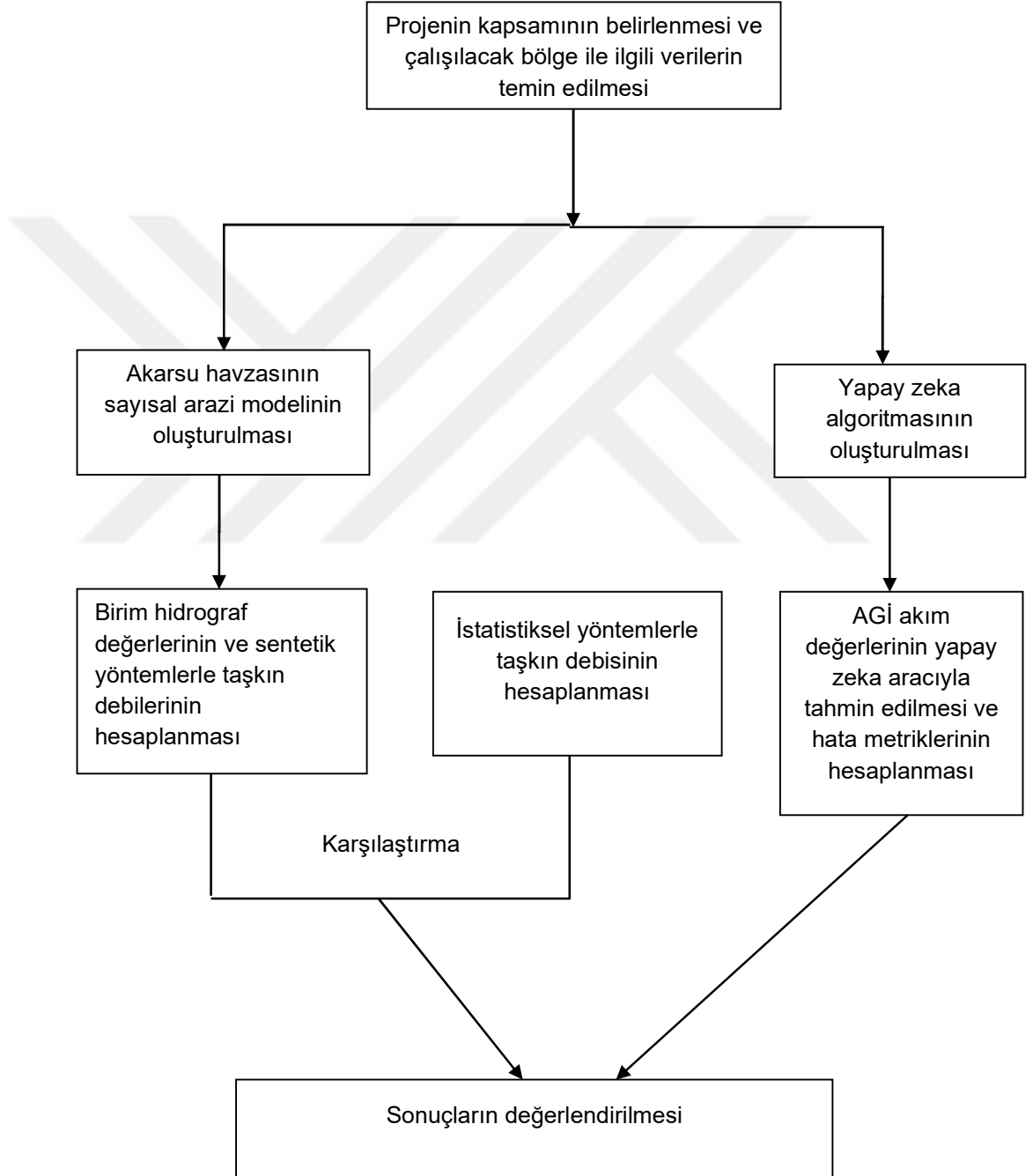
Determinasyon katsayısı iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi inceler ve 0 ile 1 arasında bir değer alır (3.50). Determinasyon katsayısı 1'e ne kadar yakınsa değişkenler arasındaki ilişki o kadar iyi anlamına gelir ve RSS artık kareler toplamını, TSS toplam kareler toplamını temsil eder (Alakbar ve Burgan 2024).

$$R^2 = \frac{RSS}{TSS} \quad (3.50)$$

3.8. Yöntem

Bu çalışma kapsamında CBS tabanlı hidrolojik havza modellemesi ve makine öğrenmesi yöntemiyle akım tahmini yapılacaktır. Yapılacak bu çalışma için Çizelge 3.5’deki iş akış şeması oluşturulmuştur.

Çizelge 3.5. Çalışmada uygulanan iş akış şeması



a) Projenin kapsamının belirlenmesi ve çalışılacak bölge ile ilgili verilerin temin edilmesi

Bölge ile ilgili akım gözlem istasyonu verileri DSI sitesinden temin edilir ve sonrasında haritaya işlenir. Oluşturulan AGİ haritası üzerinden çalışılacak akarsular belirlenir. Akarsuların bulunduğu bölgenin raster verileri NASA'nın sitesinden indirilir.

b) Akarsu havzasının sayısal arazi modelinin oluşturulması

Bölgeye ait raster veriler NetHydro programına yüklenir. Yüklenen raster veriler projeksiyon dönüşümü ile haritaya oturtulur ve sonrasında raster verilerden yükseklik noktası oluşturulur. Yükselti noktalarından üçgen model ve sonrasında sayısal arazi modeli oluşturulur.

c) Yapay zeka algoritmasının oluşturulması

Yapay zeka yöntemlerinden tekrarlayan sinir ağları yönteminin geliştirilmiş hali uzun-kısa bellek ağları yöntemi kullanılacaktır. Uzun-kısa bellek ağları yöntemi Python ile modellenir, sistem iyileştiricisi olarak Adam, RMSprop ve SGDM kullanılacaktır.

d) Birim hidrograf değerlerinin ve sentetik yöntemlerle taşkın debilerinin hesaplanması

Akarsu havzasının sayısal arazi modeli üzerine meteoroloji istasyonları işlenir, yüzey akış katsayısı belirlenir ve yağış analizi yapılır sonra Thiessen çokgenleri ile istasyonların etki katsayıları belirlenir. Taşkın debi hesabı için bölgeye göre katsayılar girilir ve debi hesapları yapılır.

e) İstatistiksel yöntemlerle taşkın debisinin hesaplanması

Bir istatistiksel program aracılığıyla Kolmogorov-Smirnov testi yapılarak dağılım yöntemi belirlenir. Belirlenen yöntem aracılığıyla tekerrür yılına göre debi hesabı yapılır.

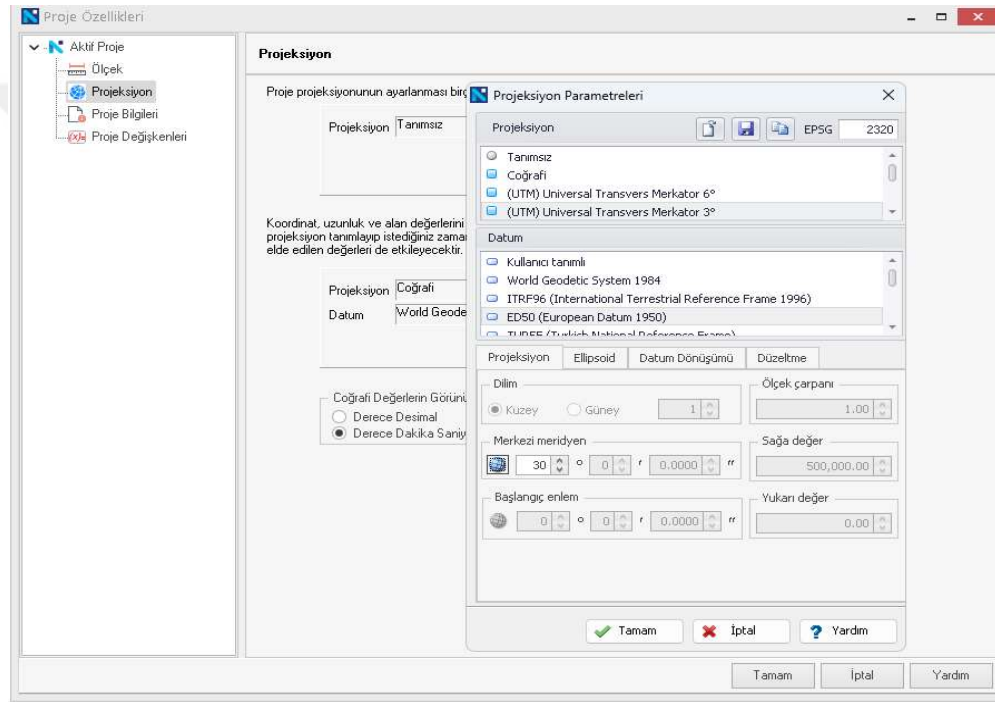
f) AGİ akım değerlerinin yapay zeka aracılığıyla tahmin edilmesi ve hata metriklerinin hesaplanması

Uzun-Kısa Bellek Ağları yöntemi ile akım tahmini için kaç günlük hafızaya göre tahmin yapılacağı belirlenir. Model performansının değerlendirileceği hata metrikleri belirlenir. Çalışma kapsamında Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı, ortalama karesel hata, karekök ortalama karesel hata, Kling-Gupta verimlilik katsayısı, ortalama mutlak hata ve determinasyon katsayısı kullanılacaktır.

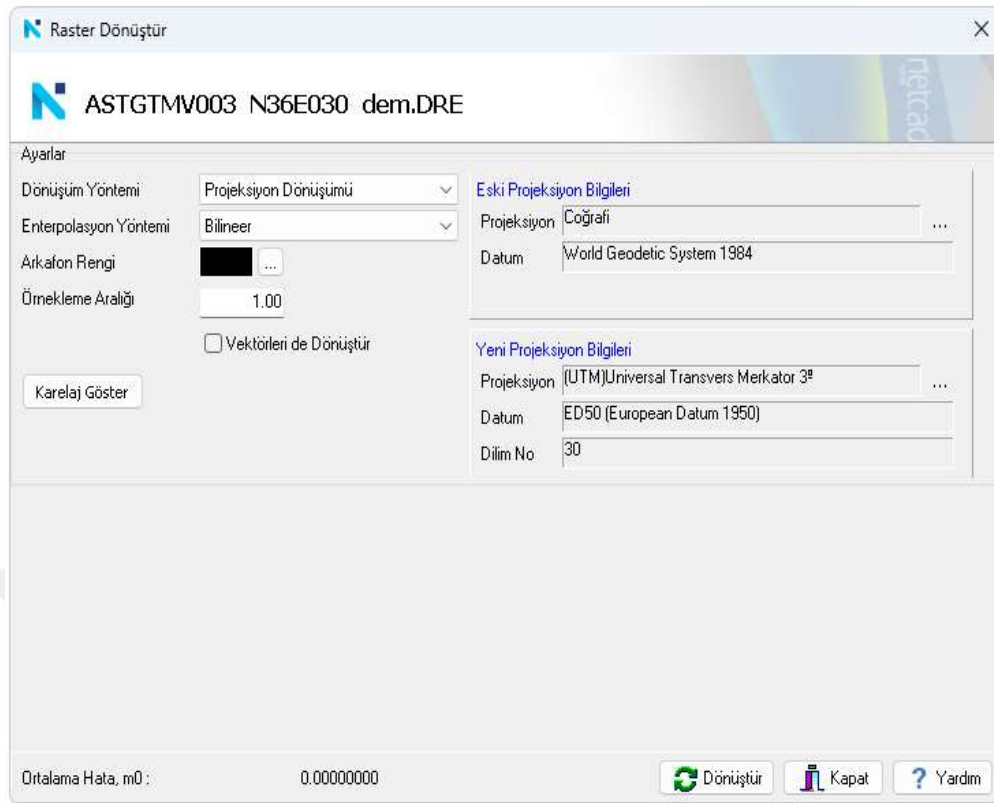
3.9. Uygulama

3.9.1. NetHydro ile sayısal arazi modelinin oluşturulması ve taşkın debilerinin hesaplanması

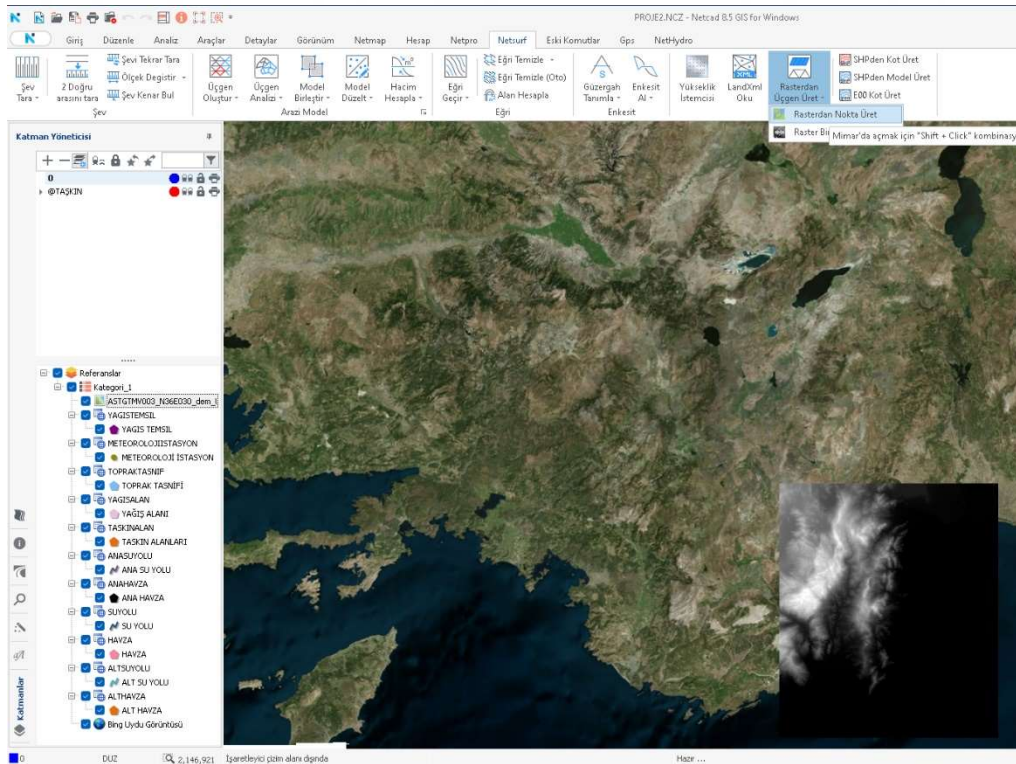
Projeye başlarken ilk olarak çalışılacak proje projeksiyonu UTM 3° ED50 olarak belirlenir (Şekil 3.24). ASTER GDEM raster verileri proje dosyasına ekleniyor. Raster verilerin işlenebilmesi için metrik sistem kullanılması gerektiğinden projeksiyon dönüşümü ile UTM (Universal Transvers Merkator) ED50 (European Datum 1950) formatına getirilir (Şekil 3.25). Sonrasında raster veriden 120 m çözünürlüklü yükselti noktaları üretilir (Şekil 3.26).



Şekil 3.24. NetCAD üzerinde proje projeksiyonun tanımlanması



Şekil 3.25. Raster veri projeksiyon dönüşümü



Şekil 3.26. Raster veriden yükseklik noktalarının üretilmesi

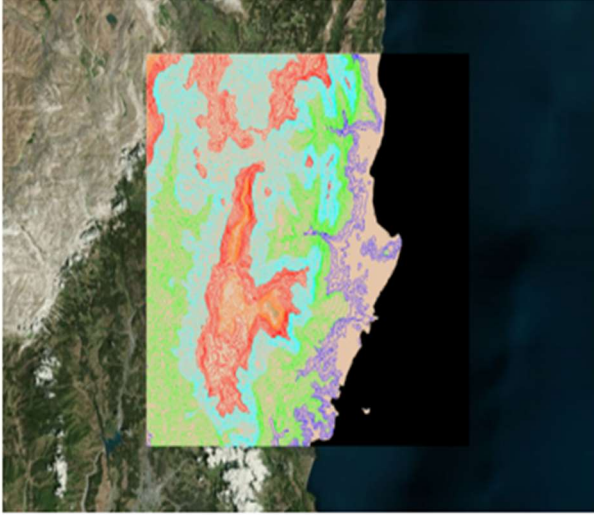
Üretilen yükselti noktaları üçgen modele dönüştürülür. Şekil 3.27’de görüldüğü üzere üçgen model oluşturulurken çeşitli filtrelemeler yapılabilmektedir. Şekil 3.28’de görünen üçgen model ızgarası içerisindeki herhangi bir noktanın yüksekliği lineer enterpolasyon yöntemi gibi çeşitli yöntemlerle bulunabilmektedir. Üçgen model üzerinden izohips haritası oluşturulur (Şekil 3.29). Noktaya göre havza bul komutu ile akarsu üzerinde bulunan AGİ noktası seçilir ve o noktaya drene olan akarsu havzasının sayısal arazi modeli oluşturulur (Şekil 3.30). NetHydro modülü ile sayısal arazi modeli oluşturulurken TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Model) algoritması kullanılır. TauDEM algoritması ile akış yolları belirlenirken D8 akım modeli kullanılır.



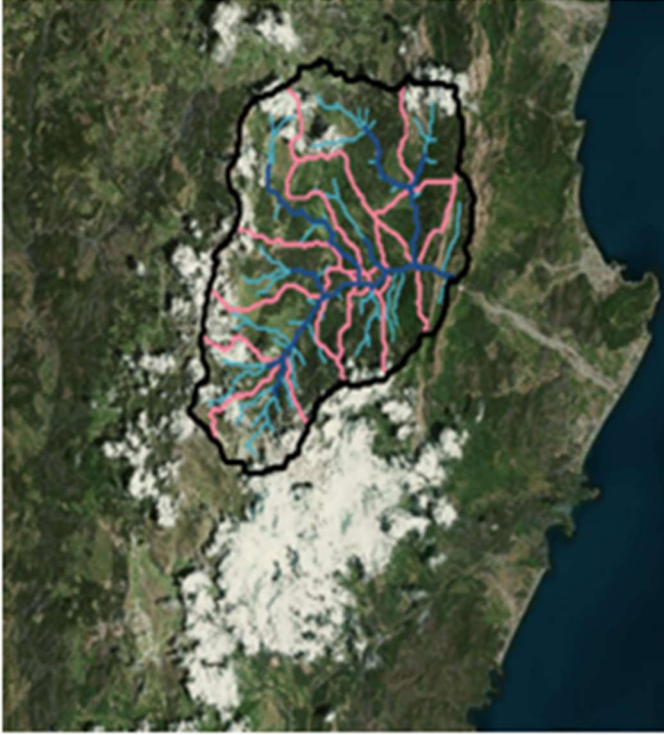
Şekil 3.27. Üçgen model oluşturulması



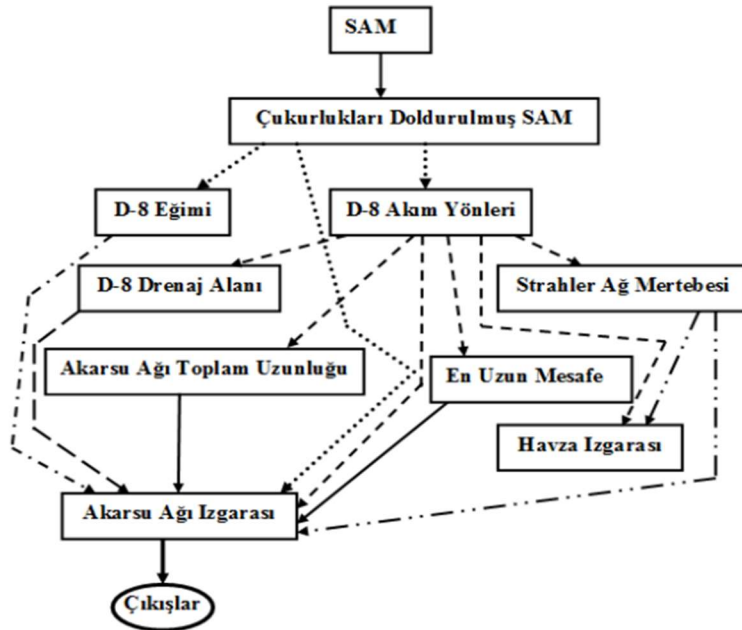
Şekil 3.28. Üçgen model ızgarası



Şekil 3.29. Çalışma alanının izohips haritası



Şekil 3.30. Akarsu havza sınırları



Şekil 3.31. TauDEM iş akış şeması (Baloch ve Tanık 2009)

TauDEM algoritması iş akış şeması Şekil 3.31’de görülmektedir. TauDEM algoritması ile havza sınırları belirlenirken model üzerindeki hatalar iş akış şeması içerisinde giderilmektedir. D8 akım modeline göre akış kolları oluşturulurken sayısal arazi modelinde piksel bölümlenmesi yapılarak her hücreye kot verilir (Çizelge 3.6) ve her hücre çevresindeki 8 hücreyle kıyaslanır ve akış en düşük kotlu olan hücreye doğru olur (Çizelge 3.9). Akım yönleri (Çizelge 3.7) için 8 yönü gösterecek şekilde rakamlar atanır (Çizelge 3.8). Doğu 1, Güneydoğu 2, Güney 4, Güneybatı 8, Batı 16, Kuzeybatı 32, Kuzey 64 ve Kuzeydoğu 128 yönler bu rakamlarla gösterilir (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.6. Hücrelere bölünmüş havza alanının yükselti ızgarası

84	71	69
80	65	43
83	73	40

Çizelge 3.7. Bir hücrede suyun akabileceği yönler

KB	K	KD
B		D
GB	G	GD

Çizelge 3.8. Bir hücrede suyun akabileceği yönlerin sayısal ifadesi

32	64	128
16		1
8	4	2

Çizelge 3.9. Yükselti ızgarasındaki akım yönlerinin gösterimi

Çizelge 3.10. Yükselti ızgarasındaki akım yönlerinin sayısal gösterimi

2	2	4
1	2	4
128	1	2

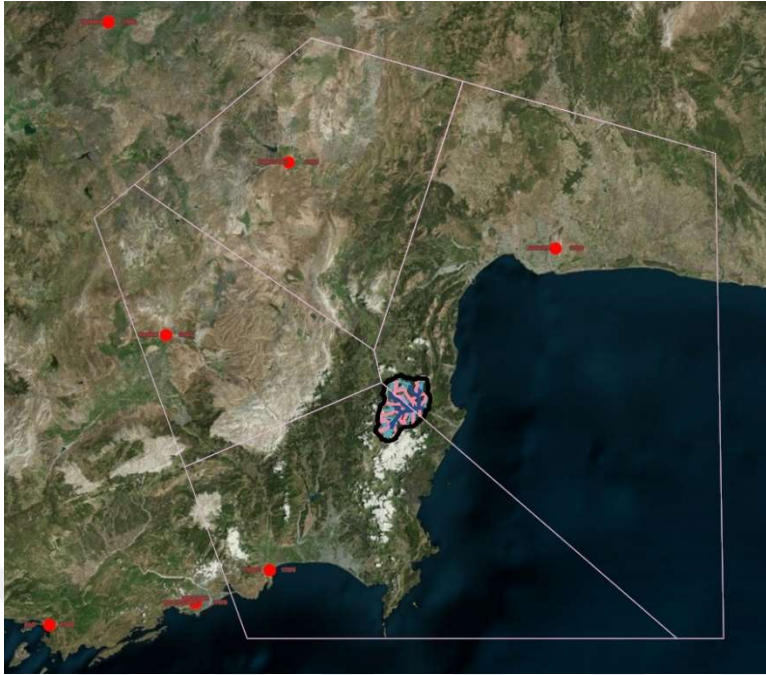
Sayısal arazi modeli oluşturulduktan sonra yağış gözlem istasyonları meteoroloji istasyon noktası üret komutu ile üretilmiş olur (Şekil 3.32). Akarsu havzası, çevresindeki meteoroloji istasyon noktalarını içerecek şekilde seçilmelidir. Yağış gözlem istasyonlarından alınan noktasal yağış verileri Thiessen çokgenleri (Şekil 3.33) ile alansal ağırlıklarına göre havzanın ortalama yağış değerleri hesaplanır (Şekil 3.34). Yağış miktarları rastgele karakterde ve düzensiz olduğu için debi hesaplarının daha doğru sonuçlar vermesi amacıyla 6 farklı olasılık dağılım fonksiyonu ile hesaplanır (Çizelge 3.11) ve en iyi uyumu gösteren dağılım fonksiyonu Kolmogorov-Smirnov analizi ile belirlenir.

Çizelge 3.11. Olasılık dağılım fonksiyonları

Olasılık Dağılım Fonksiyonları
Normal dağılım
Log-Normal dağılım (2 Parametrelili)
Log-Normal dağılım (3 Parametrelili)
Pearson Tip 3
Log- Pearson Tip 3
Gumbel



Şekil 3.32. Çalışma alanındaki yağış gözlem istasyonları



Şekil 3.33. Thiessen çokgenleri

METEOROLOJİ İSTASYONU	THIESSENE GÖRE YAĞIŞ ALANLARI (km ²)	İST.TEMSİL ORANI (%)	2	5	10	25	50	100
ANTALYA	45.1	0.45	60.50	100.03	126.20	159.27	183.81	208.16
FNİKE	55.6	0.55	48.67	70.16	86.68	110.32	130.09	151.77
PROJE YAĞIŞ ALANI (km ²)	100.74	1.00						
24 saatlik havza yağışı			109.17	170.19	212.88	269.60	313.89	359.93

Şekil 3.34. Thiessen çokgenlerine göre hesaplanan yağış alanları ve miktarı

NetHydro modülü ile havzaya ait taşkın debisi 5 farklı yöntem (Çizelge 3.12) ile hesaplanabilmektedir. Çalışma kapsamında 4 farklı yöntem ile her akarsuya ait 24 saatlik yağış için 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debileri hesaplanmış akarsulara ait birim hidrograflar oluşturulmuştur. Bir istatistik programı aracılığıyla AGİ verileri kullanılarak dağılım fonksiyonları aracılığıyla 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debileri hesaplanmıştır.

Çizelge 3.12. Tasarım kriterleri

Drenaj Alanı(km ²)	Tasarım Yöntemi	Toplanma ve Yükselme Zamanı
<1	Rasyonel Metot	Yok
1-10	Mockus	$T_c < 30$ h
10-1000	DSİ-Sentetik Yöntemi	$T_p > 2$ h
10-1000	SCS Yöntemi	$T_p > 2$ h
>1000	Snyder Yöntemi	Yok

3.9.2. Ağva deresi taşkın debi hesabı

Ağva Deresinin hesaplanan hidrolojik parametreleri Çizelge 3.13'te gösterilmektedir. Ağva Deresinde bulunan AGİ'nin yağış toplama alanı 100 km², akarsu uzunluğu 13 km, havzanın en üst kotu 1105 m çıkmıştır. Birim hidrograf değerleri ve taşkın debisi dört farklı yöntemle hesaplanmış ve aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge 3.13. Ağva Deresi hidrolojik parametreler

PARAMETRELER	SEMBOL	DEĞER
Havza Alanı (km ²)	A	100.7357
Havzanın En Üst Kotu (m)	H ₁	1105.821
Mecra Akışının Başladığı Kot (m)	H ₂	1093.014
Sanat Yapısını Kestiği Noktadaki Kot (m)	H ₃	95.82048
Arazi Üzeri Akış Uzunluğu (m)	L ₁	275.7453
Dere Yatağı Akış Uzunluğu (m)	L ₂	13019.08
Havza Akış Katsayısı	C	75
Arazi Üzeri Akış Kot Farkı (m)	H _a	12.80679
Arazi Üzeri Akış Eğimi	E	0.046444
Dere Yatağı Akış Kot Farkı (m)	H _b	997.1939
Dere Yatağı Akış Süresi (min)	T ₂	77.24041

a) DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

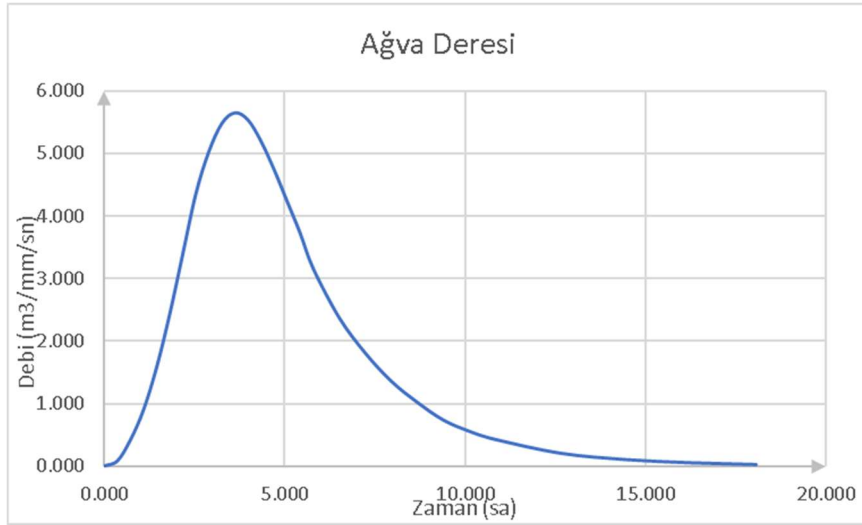
DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi ile 2 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi 1231.87 m³/s olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.14). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.15) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.35).

Çizelge 3.14. Ağva Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı

GİRDİLER	
Akarsu adı:	Ağva Deresi
Metot:	DSİ sentetik birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.039
(L) Uzunluk (m)	13019.077
(A) Havza Alanı (km ²)	100.736
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	6.089
Eğri numarası ($L/L_c = \sqrt{S}$)	403136.861
$Q_p = A \cdot I \cdot q_v \cdot 10^{-3}$ (m ³ /s/mm)	5.657
Kullanıcı tanımlı q _p (l/s/km ² /mm)	56.158
DSİ q _p (Akış verimi) (l/s/km ² /mm):	56.158
DSİ V _b (Birim hidrograf hacmi, m ³)	100735.650
DSİ T (Hidrografın devam süresi, h)	18.054
DSİ T _p (Hidrografın pike erişme süresi, h)	3.611
HESAP DEBİSİ (m³/ s)	
Kaç yıllık debi	100.000
Hesap debisi (m ³ / s)	1231.867

Çizelge 3.15. Ağva Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı

DSİ SENTETİK YÖNTEM TAŞKIN TEKERRÜR DEBİLERİ (m³/s)							
	PROJE SAĞANAK SÜRELERİ (h)						
Yin. Debi.	2	4	6	8	12	18	24
Q ₂	180.85	217.26	212.36	200.82	178.75	153.64	143.24
Q ₅	432.69	500.59	484.57	459.73	407.66	357.66	326.71
Q ₁₀	616.95	705.85	680.38	647.66	575.49	507.96	466.16
Q ₂₅	860.14	975.18	936.74	894.14	799.88	706.84	651.03
Q ₅₀	1045.33	1179.52	1130.97	1081.09	970.56	861.23	795.00
Q ₁₀₀	1231.87	1384.93	1326.04	1268.97	1142.37	1016.96	940.90
Q ₅₀₀							1534.65
Q ₁₀₀₀							1703.58



Şekil 3.35. Ağva Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

b) Mockus birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

Mockus birim hidrograf yöntemiyle tekerrür süresi 100 yıl için hesap debisi $1437.27 \text{ m}^3/\text{s}$ bulunmuştur (Çizelge 3.16). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.17) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.36).

Çizelge 3.16. Ağva Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı

GİRDİLER	
Akarsu adı:	Ağva Deresi
Metot:	Mockus birim hidrograf
Havza K katsayısı:	0.208
(S) Harmonik eğim	0.039
(L) Uzunluk (m)	13019.077
(A) Havza Alanı (km ²)	100.736
SONUÇLAR	
(T _c) Toplanma süresi = $0.00032 (L.0.77(m) / S.0.385)$	1.649
(D) Yağış süresi = $2.(T_c)^{1/2}$	2.568
(T _p) Hidrografın yükselme zamanı = $0.5D + 0.6T_c$	2.274
(T _r) Hidrografın alçalma süresi = $T_r = 1.67.T_p$	3.797
(T _s) Yağış süresi = $T_p + T_r$	6.071
(Q _p) Pik debi (m ³ /s) = $K.A.ha/T_p$	9.216
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100.000
Hesap debisi (m ³ /s)	1437.27

Çizelge 3.17. Ağva Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri							
							2	5	10	25	50	100		
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YA DK	PLV	SON ÇARPIM	109.17	170.19	212.88	269.60	313.89	359.93		
Mockus	2.00	1.00	1.13	0.87	0.66	0.65	70.91	110.54	138.28	175.11	203.89	233.79		
							AKIŞ (mm)							
							Qp=	9.216	21.01	49.15	71.47	103.03	128.68	155.96
							K1=	0.208	193.64	452.97	658.66	949.50	1185.84	1437.27
							Qp=	7.222	151.75	354.97	516.16	744.07	929.28	1126.32
							K2=	0.163						

AKIŞ HESAPLARI

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000 / CN) - 10) * 25,4$	
CN =	75.00
S =	84.67
0,2S =	16.93
0,8S =	67.73
$hakiş = (P - 0,2S) / (P + 0,8S)$	

Q500	1976.07	(K1'e göre hesaplanmıştır)
Q1000	2208.10	(K1'e göre hesaplanmıştır)



Şekil 3.36. Ağva Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

c.) Snyder birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

Snyder birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi $596.88 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.18). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.19) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.37).

Çizelge 3.18. Ağva Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı

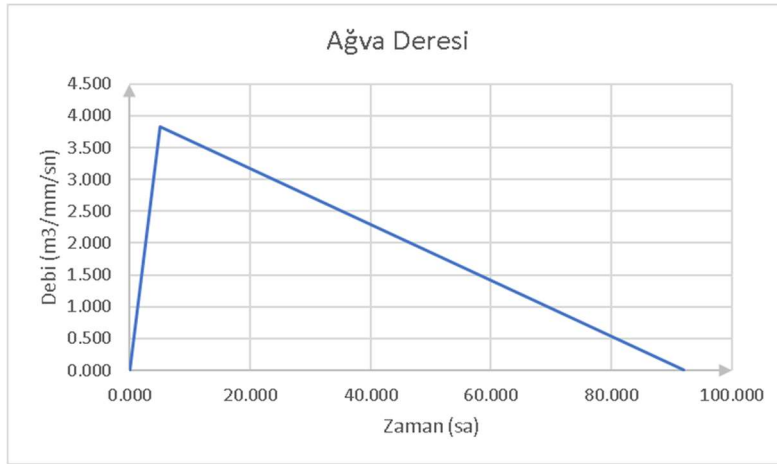
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Ağva Deresi
Metot:	Snyder birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.039
(L) Uzunluk (m)	13019.08
(A) Havza Alanı (km ²)	100.74
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	6.089
(C _t) Havza depolama kapasitesi	1.35
(C _p) Havza tutma katsayısı	0.69
(T _p) Yükselme zamanı $T_p = C_t(L.L_c)0.30$	5.013
(T _y) Sağanak süresi $= T_p/5.5$	0.9114
(q _v) Yağmur verimi $= 276 / C_p/C_t$	37.99
Q _p = q.A.10 (mm/s/cm)	3.827
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100
Hesap debisi (m ³ /s)	596.88

Çizelge 3.19. Ağva Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	109.17	170.19	212.88	269.60	313.89	359.93
Snyder	2	1	1.13	0.87093	0.66	0.649535865	70.91	110.54	138.28	175.11	203.89	233.79
AKIŞ (mm)							21.01	49.15	71.47	103.03	128.68	155.96
Qp= 3.8271							80.42	188.11	273.53	394.31	492.46	596.88
Qp= 2.99911							63.02	147.41	214.35	309.00	385.92	467.74

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000 / CN) - 10) * 25,4$	
CN=	75
S =	84.667
0,2S =	16.933
0,8S =	67.733
$hakiş = (P - 0,2S)2 / (P + 0,8S)$	

Q500	820.631
Q1000	916.988



Şekil 3.37. Ağva Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

d.) SCS birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

SCS birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi $882.29 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.20). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.21) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.38).

Çizelge 3.20. Ağva Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı

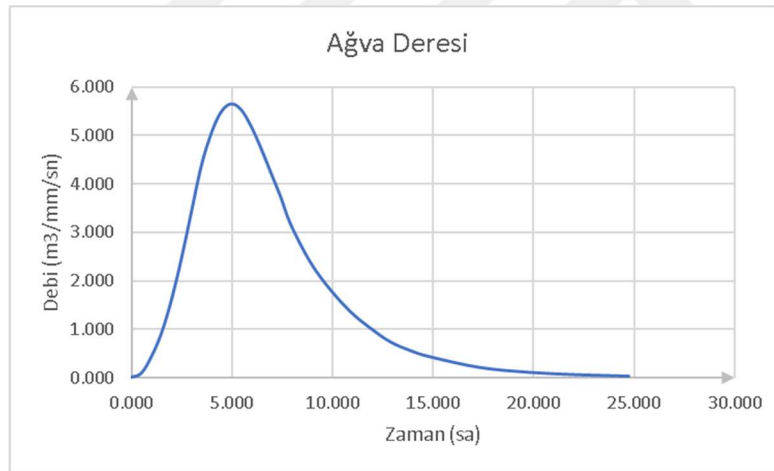
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Ağva Deresi
Metot:	SCS birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.04
(L) Uzunluk (m)	13019.08
(A) Havza alanı (km ²)	100.74
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	6.09
Eğri numarası $L \cdot L_c / \sqrt{S}$	403136.86
$Q_p = A \cdot 1 \cdot q_v \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s/mm)}$	5.66
Kullanıcı tanımlı $q_p \text{ (l/s/km}^2/\text{mm)}$	56.16
$q_p \text{ (Akış verimi) (l/s/km}^2/\text{mm)}$:	56.16
$V_b \text{ (Birim hidrograf hacmi, m}^3)$	100735.65
$T \text{ (Hidrografın devam süresi, h)}$	18.05
$T_p \text{ (Hidrografın pike erişme süresi, h)}$	3.61
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m ³ /s)	882.29

Çizelge 3.21. Ağva Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	109.17	170.19	212.88	269.60	313.89	359.93
SCS Birim Hidrograf	2	1	1.13	0.87093	0.66	0.649535865	70.91	110.54	138.28	175.11	203.89	233.79
							AKIŞ (mm)					
							Qp= 5.66	118.87	278.06	404.33	582.86	727.94
							Qp= 4.43	93.15	217.90	316.85	456.76	570.45

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000 / CN) - 10) * 25,4$	
CN =	75
S =	84.66666667
0,2S =	16.93333333
0,8S =	67.73333333
$h_{akış} = (P - 0,2S) / (P + 0,8S)$	

Q500	1213.03
Q1000	1355.47

**Şekil 3.38.** Ağva Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

3.9.3. Ulupınar deresi taşkın debi hesabı

Ulupınar Deresinin hesaplanan hidrolojik parametreleri Çizelge 3.22’de gösterilmektedir. Ulupınar Deresinde bulunan AGİ’nin yağış toplama alanı 42.5 km², akarsu uzunluğu 14 km, havzanın en üst kotu 1856 m çıkmaktadır. Birim hidrograf değerleri ve taşkın debisi dört farklı yöntemle hesaplanmış ve aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge 3.22. Ulupınar Deresi hidrolojik parametreler

PARAMETRELER	SEMBOL	DEĞER
Havza Alanı (km ²)	A	42.516
Havzanın En Üst Kotu (m)	H ₁	1856.017
Mecra Akışının Başladığı Kot (m)	H ₂	1743.294
Sanat Yapısını Kestiği Noktadaki Kot (m)	H ₃	189.38
Arazi Üzeri Akış Uzunluğu (m)	L ₁	1071.28
Dere Yatağı Akış Uzunluğu (m)	L ₂	14046.46
Havza Akış Katsayısı	C	75.00
Arazi Üzeri Akış Kot Farkı (m)	H _a	112.72
Arazi Üzeri Akış Eğimi	E	0.105
Dere Yatağı Akış Kot Farkı (m)	H _b	1553.91
Dere Yatağı Akış Süresi (min)	T ₂	71.08

a.) DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

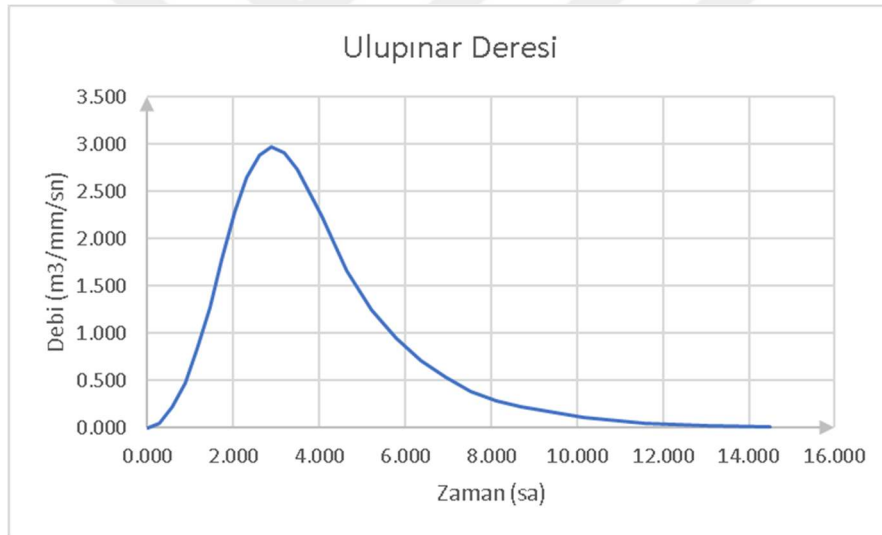
DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi ile 2 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi 346.03 m³/s olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.23). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.24) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.39).

Çizelge 3.23. Ulupınar Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı

GİRDİLER	
Akarsu adı:	Ulupınar Deresi
Metot:	DSİ sentetik birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.0738
(L) Uzunluk (m)	14046.46
(A) Havza alanı (km ²)	42.516
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	6.6358
Eğri numarası $L \cdot L_c / \sqrt{S}$	343191.189
$Q_p = A \cdot 1 \cdot q_v \cdot 10^{-3}$ (m ³ /s/mm)	2.9747
Kullanıcı tanımlı q_p (l/s/km ² /mm)	69.9665
DSİ q_p (Akış verimi) (l/s/km ² /mm)	69.9665
DSİ V_b (Birim Hidrograf Hacmi, m ³)	42516
DSİ T (Hidrografın devam süresi, h)	14.491
DSİ T _p (Hidrografın pike erişme süresi, h)	2.898
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100
Hesap debisi (m ³ /s)	346.028

Çizelge 3.24. Ulupınar Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı

DSİ SENTETİK YÖNTEM TAŞKIN TEKERRÜR DEBİLERİ (m³/s)							
	PROJE SAĞANAK SÜRELERİ (h)						
Yin. Debi.	2	4	6	8	12	18	24
Q ₂	45.00	48.83	46.58	43.23	38.41	31.86	30.20
Q ₅	96.45	101.44	95.28	88.88	76.54	65.70	59.97
Q ₁₀	141.93	147.56	137.48	128.94	111.89	96.28	85.19
Q ₂₅	212.59	218.72	203.63	191.22	167.32	144.69	129.39
Q ₅₀	275.06	281.36	262.79	247.56	216.28	188.45	169.55
Q ₁₀₀	346.03	353.54	329.92	311.60	271.88	238.35	215.52
Q ₅₀₀							382.58
Q ₁₀₀₀							430.26



Şekil 3.39. Ulupınar Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

b.) Mockus birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

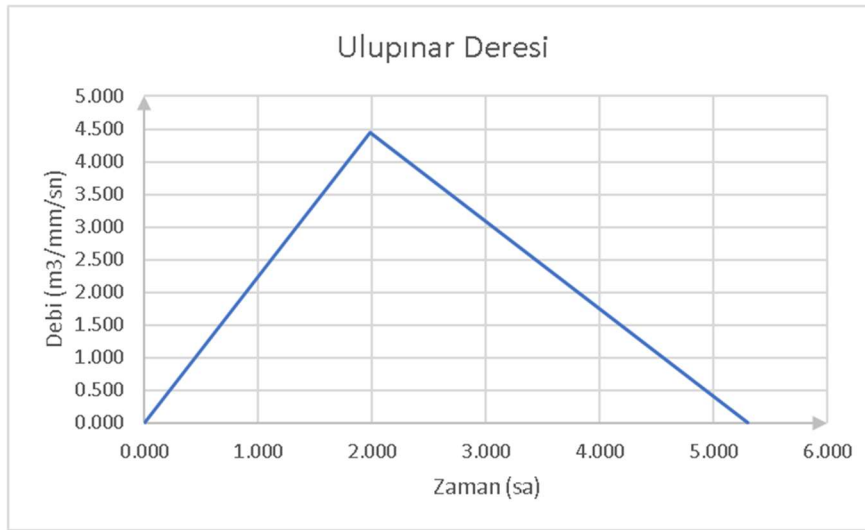
Mockus birim hidrograf yöntemiyle tekerrür süresi 100 yıl için hesap debisi 521.69 m³/s hesaplanmıştır (Çizelge 3.25). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.26) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.40).

Çizelge 3.25. Ulupınar Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı

GİRDİLER	
Akarsu adı:	Ulupınar Deresi
Metot:	Mockus birim hidrograf
Havza K katsayısı:	0.208
(S) Harmonik eğim	0.074
(L) Uzunluk (m)	14046.459
(A) Havza alanı (km ²)	42.516
SONUÇLAR	
(T _c) Toplanma süresi = 0.00032 (L.0.77(m) / S.0.385)	1.36
(D) Yağış süresi = 2. (T _c) ^{1/2}	2.335
(T _p) Hidrografın yükselme zamanı = 0.5D + 0.6T _c	1.986
(T _r) Hidrografın alçalma süresi = T _r = 1.67 x T _p	3.316
(T _s) Yağış süresi = T _p + T _r	5.302
(Q _p) Pik debi (m ³ /s) = K.A.ha/T _p	4.453
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100.000
Hesap debisi (m ³ /s)	521.69

Çizelge 3.26. Ulupınar Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri							
							2	5	10	25	50	100		
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	88.12	127.03	156.95	199.76	235.54	274.80		
Mockus	2	1	1.13	0.93217	0.66	0.6952	61.26	88.31	109.11	138.87	163.75	191.05		
							AKIŞ (mm)	15.23	32.65	48.05	71.97	93.12	117.15	
							Qp=	4.453	67.84	145.41	213.97	320.51	414.69	521.69
							K1=	0.208						
							Qp=	3.490	53.17	113.95	167.68	251.16	324.98	408.82
							K2=	0.163						
AKIŞ HESAPLARI														
S=((1000/CN) - 10) * 25,4														
CN =		75												
S =		84.667												
0,2S =		16.933												
0,8S =		67.733												
hakış=(P - 0,2S)2 / (P + 0,8S)														
							Q500	734.63	(K1'e göre hesaplanmıştır)					
							Q1000	826.33	(K1'e göre hesaplanmıştır)					



Şekil 3.40. Ulupınar Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

c.) Snyder birim hidrograf yöntemi akım tahmin sonuçları

Snyder birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi $180.25 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.27). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.28) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.41).

Çizelge 3.27. Ulupınar Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı

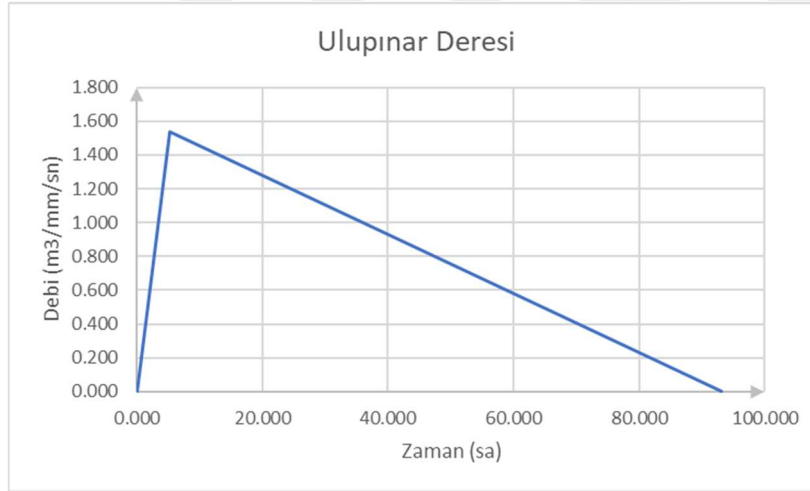
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Ulupınar Deresi
Metot:	Snyder birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.074
(L) Uzunluk (m)	14046.459
(A) Havza alanı (km^2)	42.516
SONUÇLAR	
(L_c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	6.636
(C_t) Havza depolama kapasitesi	1.350
(C_p) Havza tutma katsayısı	0.690
(T_p) Yükselme zamanı $T_p = C_t(L.L_c)0.30$	5.262
(T_v) Sağanak süresi $= T_p/5.5$	0.957
(q_v) Yağmur verimi $= 276 / C_p/C_t$	36.190
$Q_p = q.A.10$ (mm/s/cm)	1.539
HESAP DEBİSİ (m^3/s)	
Kaç yıllık debi	100
Hesap debisi (m^3/s)	180.25

Çizelge 3.28. Ulupınar Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	88.12	127.03	156.95	199.76	235.54	274.80
Snyder	2	1	1.13	0.93217	0.66	0.695	61.26	88.31	109.11	138.87	163.75	191.05
							AKIŞ (mm)					
							15.23	32.65	48.05	71.97	93.12	117.15
							Qp=					
							1.54	23.44	50.24	73.93	110.74	143.28
							1.21	18.37	39.37	57.93	86.78	112.28

AKIŞ HESAPLARI	
$S=((1000/ CN) - 10) * 25,4$	
CN =	75
S =	84.667
0,2S =	16.933
0,8S =	67.733
$hakış=(P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S)$	

Q500	253.819
Q1000	285.502

**Şekil 3.41.** Ulupınar Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf**d.) SCS birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı**

SCS birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi 348.48 m³/s olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.29). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.30) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.42).

Çizelge 3.29. Ulupınar Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı

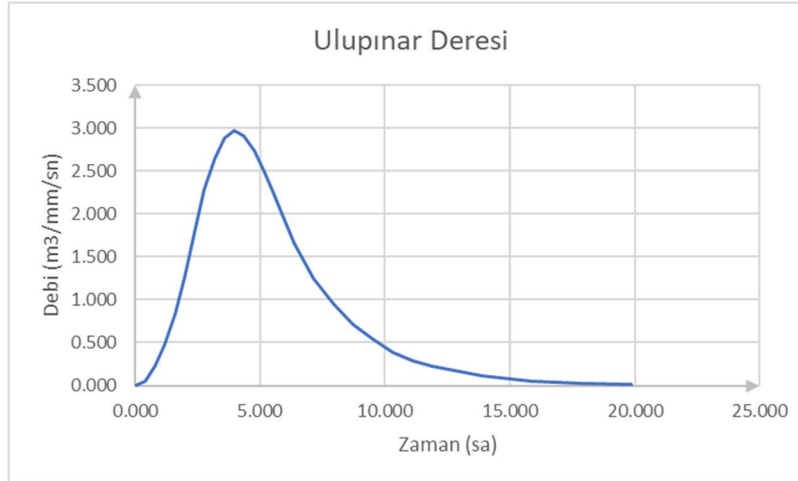
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Ulupınar Deresi
Metot:	SCS birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.074
(L) Uzunluk (m)	14046.459
(A) Havza alanı (km ²)	42.516
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	6.636
Eğri numarası $L \cdot L_c / \sqrt{S}$	343191.189
$Q_p = A \cdot 1 \cdot q_v \cdot 10^{-3}$ (m ³ /s/mm)	2.975
Kullanıcı tanımlı q_p (l/s/km ² /mm)	69.967
q_p (Akış verimi) (l/s/km ² /mm):	69.967
V_b (Birim hidrograf hacmi, m ³)	42516.000
T (Hidrografın devam süresi, h)	14.491
T_p (Hidrografın pike erişme süresi, h)	2.898
HESAP DEBİSİ (m³/s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m ³ /s)	348.48

Çizelge 3.30. Ulupınar Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	88.12	127.03	156.95	199.76	235.54	274.80
SCS Birim Hidrograf	2	1	1.13	0.93217	0.66	0.695	61.26	88.31	109.11	138.87	163.75	191.05
							AKIŞ (mm)					
							15.23	32.65	48.05	71.97	93.12	117.15
							Q _p = 2.975					
							45.32	97.13	142.93	214.09	277.01	348.48
							Q _p = 2.331					
							35.51	76.12	112.01	167.77	217.08	273.09

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000 / CN) - 10) \cdot 25,4$	
CN =	75
S =	84.6666667
0,2S =	16.9333333
0,8S =	67.7333333
$h_{akış} = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S)$	

Q500	490.718
Q1000	551.971



Şekil 3.42. Ulupınar Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

3.9.4. Çandır deresi taşkın debi hesabı

Çandır Deresinin hesaplanan hidrolojik parametreleri Çizelge 3.31’de verilmektedir. Çandır Deresinde bulunan AGİ’nin yağış toplama alanı 167 km², akarsu uzunluğu 22.4 km, havzanın en üst kotu 2166 m çıkmıştır. Birim hidrograf değerleri ve taşkın debisi dört farklı yöntemle hesaplanmış ve aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge 3.31. Çandır Deresi hidrolojik parametreler

PARAMETRELER	SEMBOL	DEĞER
Havza Alanı (km ²)	A	167.01
Havzanın En Üst Kotu (m)	H ₁	2166.39
Mecra Akışının Başladığı Kot (m)	H ₂	1876.83
Sanat Yapısını Kestiği Noktadaki Kot (m)	H ₃	176.31
Arazi Üzeri Akış Uzunluğu (m)	L ₁	851.85
Dere Yatağı Akış Uzunluğu (m)	L ₂	22393.95
Havza Akış Katsayısı	C	75.00
Arazi Üzeri Akış Kot Farkı (m)	H _a	289.56
Arazi Üzeri Akış Eğimi	E	0.34
Dere Yatağı Akış Kot Farkı (m)	H _b	1700.52
Dere Yatağı Akış Süresi (min)	T ₂	117.67

a.) DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

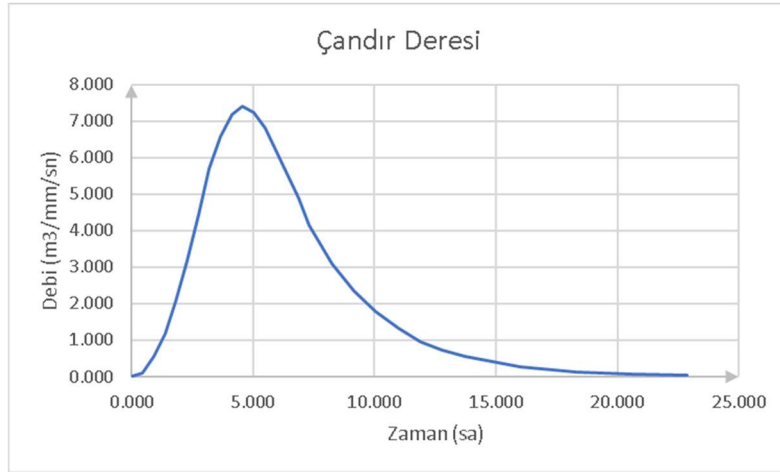
DSİ-sentetik birim hidrograf yöntemi ile 2 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi 716.92 m³/s olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.32). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.33) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.43).

Çizelge 3.32. Çandır Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı

GİRDİLER	
Akarsu adı:	Çandır Deresi
Metot:	DSİ sentetik birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.0564
(L) Uzunluk (m)	22393.95
(A) Havza alanı (km ²)	167.01
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	9.25
Eğri numarası $L \cdot L_c / \sqrt{S}$	872309.68
$Q_p = A \cdot l \cdot q_v \cdot 10^{-3}$ (m ³ /s/mm)	7.40
Kullanıcı tanımlı q_p (l/s/km ² /mm)	44.30
DSİ q_p (Akış verimi) (l/s/km ² /mm)	44.30
DSİ V_b (Birim hidrograf hacmi, m ³)	167005.80
DSİ T (Hidrografın devam süresi, h)	22.89
DSİ T_p (Hidrografın pike erişme süresi, h)	4.58
HESAP DEBİSİ (m³/s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m ³ /s)	716.92

Çizelge 3.33. Çandır Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı

DSİ SENTETİK YÖNTEM TAŞKIN TEKERRÜR DEBİLERİ (m³/s)							
	PROJE SAĞANAK SÜRELERİ (h)						
Yin. Debi.	2	4	6	8	12	18	24
Q ₂	83.42	121.70	130.08	125.29	117.64	100.51	95.77
Q ₅	188.22	253.96	264.10	252.12	234.04	200.35	190.91
Q ₁₀	282.86	370.57	380.45	364.50	334.84	290.28	275.41
Q ₂₅	431.88	552.05	561.05	537.10	491.07	429.30	408.04
Q ₅₀	564.88	712.11	720.80	690.39	628.98	553.65	524.46
Q ₁₀₀	716.92	893.65	901.59	865.10	787.97	695.66	656.97
Q ₅₀₀							1101.55
Q ₁₀₀₀							1236.58



Şekil 3.43. Çandır Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

b.) Mockus birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

Mockus birim hidrograf yöntemiyle tekerrür süresi 100 yıl için hesap debisi 1888.69 m³/s bulunmuştur (Çizelge 3.34). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.35) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.44).

Çizelge 3.34. Çandır Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı

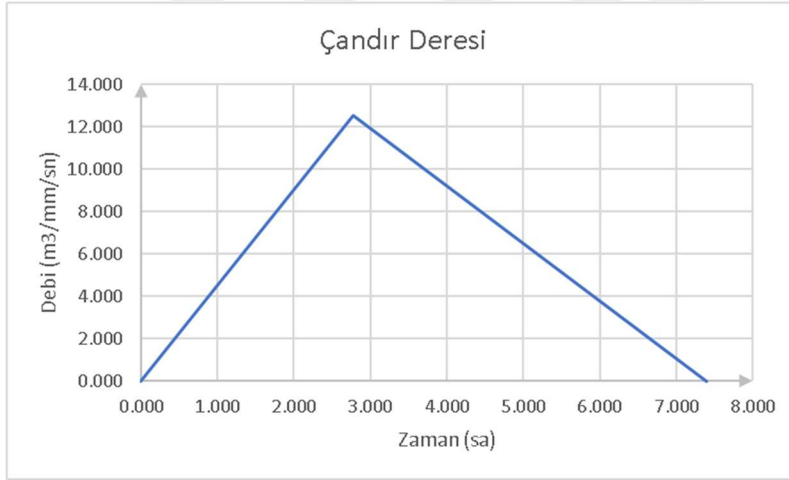
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Çandır Deresi
Metot:	Mockus birim hidrograf
Havza K katsayısı:	0.208
(S) Harmonik eğim	0.056
(L) Uzunluk (m)	22393.952
(A) Havza alanı (km ²)	167.006
SONUÇLAR	
(T _c) Toplanma süresi = 0.00032 (L.0.77(m) / S.0.385)	2.166
(D) Yağış süresi = 2. (T _c) ^{1/2}	2.943
(T _p) Hidrografın yükselme zamanı = 0.5D + 0.6T _c	2.771
(T _r) Hidrografın alçalma süresi = T _r = 1.67 x T _p	4.628
(T _s) Yağış süresi = T _p + T _r	7.399
(Q _p) Pik debi (m ³ /s) = K.A.ha/T _p	12.535
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100.000
Hesap debisi (m ³ /s)	1888.69

Çizelge 3.35. Çandır Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	111.12	180.25	226.27	284.67	328.16	371.49
Mockus	2	1	1.13	0.82305	0.66	0.61383069	68.21	110.65	138.89	174.74	201.43	228.03
AKIŞ (mm)							19.34	49.23	71.99	102.70	126.47	150.67
Q P=							12.54					
K1=							0.208					
Qp=							9.82					
K2=							0.163					
							242.44	617.14	902.38	1287.40	1585.28	1888.69
							189.99	483.62	707.15	1008.87	1242.31	1480.07

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000 / CN) - 10) * 25,4$	
CN =	75
S =	84.67
0,2S =	16.93
0,8S =	67.73
$hakiş = (P - 0,2S) / (P + 0,8S)$	

Q500	2571.22	(K1'e göre hesaplanmıştır)
Q1000	2865.14	(K1'e göre hesaplanmıştır)



Şekil 3.44. Çandır Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

c.) Snyder birim hidrograf yöntemi akım tahmin sonuçları

Snyder birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi $716.69 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.36). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.37) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.45).

Çizelge 3.36. Çandır Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı

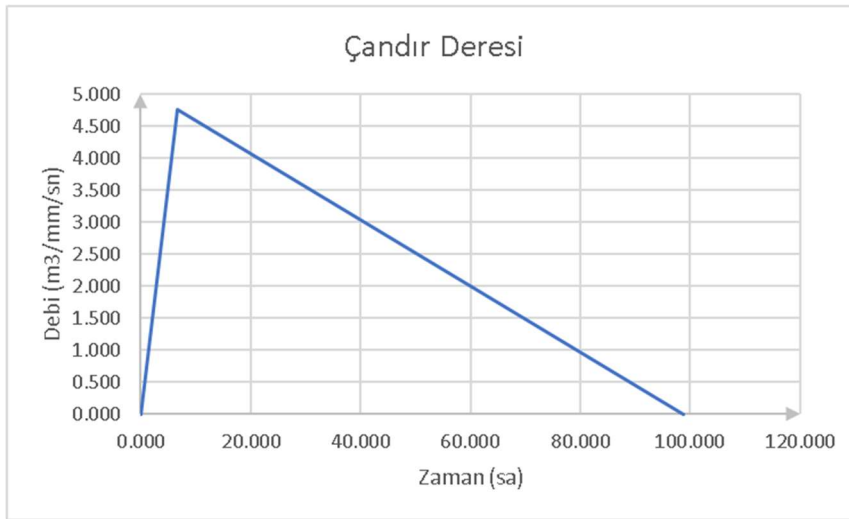
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Çandır Deresi
Metot:	Snyder birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.056
(L) Uzunluk (m)	22393.95
(A) Havza alanı (km ²)	167.01
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	9.25
(C _t) Havza depolama kapasitesi	1.35
(C _p) Havza tutma katsayısı	0.69
(T _p) Yükselme zamanı $T_p = C_t(L.L_c)0.30$	6.69
(T _y) Sağanak süresi = $T_p/5.5$	1.22
(q _v) Yağmur verimi = $276 / C_p/C_t$	28.48
$Q_p = q.A.10$ (mm/s/cm)	4.76
HESAP DEBİSİ (m³/s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m ³ /s)	716.69

Çizelge 3.37. Çandır Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	111.12	180.25	226.27	284.67	328.16	371.49
Snyder	2	1	1.13	0.82305	0.66	0.61383069	68.21	110.65	138.89	174.74	201.43	228.03
AKIŞ (mm)							19.34	49.23	71.99	102.70	126.47	150.67
Qp= 4.76							92.00	234.18	342.42	488.52	601.56	716.69
Qp= 3.73							72.09	183.52	268.34	382.83	471.41	561.63

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000 / CN) - 10) * 25.4$	
CN =	75
S =	84.67
0,2S =	16.93
0,8S =	67.73
$hakış = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S)$	

Q500	975.68
Q1000	1087.21



Şekil 3.45. Çandır Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

d.) SCS birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

SCS birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi $1114.63 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.38). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.39) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.46).

Çizelge 3.38. Çandır Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı

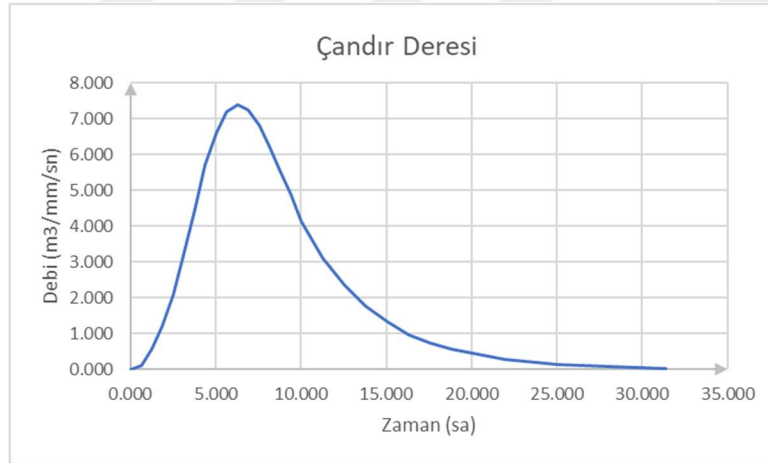
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Çandır Deresi
Metot:	SCS birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.056
(L) Uzunluk (m)	22393.95
(A) Havza alanı (km ²)	167.01
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	9.25
Eğri numarası $L_c / \sqrt{S}$	872309.68
$Q_p = A \cdot 1.49 \cdot q_v \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s/mm)}$	7.40
Kullanıcı tanımlı $q_p \text{ (l/s/km}^2/\text{mm)}$	44.30
$q_p \text{ (Akış verimi) (l/s/km}^2/\text{mm)}$	44.30
$V_b \text{ (Birim hidrograf hacmi, m}^3)$	167005.80
$T \text{ (Hidrografın devam süresi, h)}$	22.89
$T_p \text{ (Hidrografın pike erişme süresi, h)}$	4.58
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m ³ /s)	1114.63

Çizelge 3.39. Çandır Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	111.12	180.25	226.27	284.67	328.16	371.49
SCS Birim Hidrograf	2	1	1.13	0.82305	0.66	0.613831	68.21	110.65	138.89	174.74	201.43	228.03
							AKIŞ (mm)					
							Qp= 7.40	143.08	364.21	532.55	759.77	935.57
							Qp= 5.80	112.13	285.41	417.33	595.40	733.16

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000/CN) - 10) * 25,4$	
CN =	75
S =	84.67
0,2S =	16.93
0,8S =	67.73
$hakiş = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S)$	

Q500	1517.43
Q1000	1690.89



Şekil 3.46. Çandır Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

3.9.5. Doyran deresi taşkın debi hesabı

Doyran Deresinin hesaplanan hidrolojik parametreleri Çizelge 3.40'da gösterilmektedir. Doyran Deresinde bulunan AGİ'nin yağış toplama alanı 110.5 km², akarsu uzunluğu 26.3 km, havzanın en üst kotu 2212 m çıkmıştır. Birim hidrograf değerleri ve taşkın debisi dört farklı yöntemle hesaplanmış ve aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge 3.40. Doyran Deresi hidrolojik parametreler

PARAMETRELER	SEMBOL	DEĞER
Havza Alanı (km ²)	A	110.493
Havzanın En Üst Kotu (m)	H ₁	2212.536
Mecra Akışının Başladığı Kot (m)	H ₂	1955.549
Sanat Yapısını Kestiği Noktadaki Kot (m)	H ₃	140.556
Arazi Üzeri Akış Uzunluğu (m)	L ₁	1288.777
Dere Yatağı Akış Uzunluğu (m)	L ₂	26283.658
Havza Akış Katsayısı	C	75.000
Arazi Üzeri Akış Kot Farkı (m)	H _a	256.987
Arazi Üzeri Akış Eğimi	E	0.199
Dere Yatağı Akış Kot Farkı (m)	H _b	1814.993
Dere Yatağı Akış Süresi (min)	T ₂	138.072

a.) DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

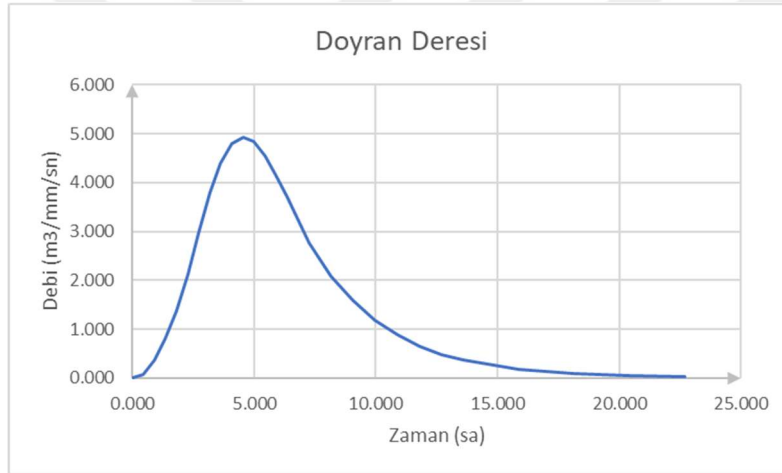
DSİ-sentetik birim hidrograf yöntemi ile 2 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi 89.95 m³/s olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.41). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.42) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.47).

Çizelge 3.41. Doyran Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı

GİRDİLER	
Akarsu adı:	Doyran Deresi
Metot:	DSİ sentetik birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.061
(L) Uzunluk (m)	26283.66
(A) Havza alanı (km ²)	110.493
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	13.83
Eğri numarası $L \cdot L_c / \sqrt{S}$	1472071.13
$Q_p = A \cdot I \cdot q_v \cdot 10^{-3}$ (m ³ /s/mm)	4.94
Kullanıcı tanımlı q_p (l/s/km ² /mm)	44.71
DSİ q_p (Akış verimi) (l/s/km ² /mm):	44.71
DSİ V _b (Birim hidrograf hacmi, m ³)	110493.00
DSİ T (Hidrografın devam süresi, h)	22.68
DSİ T _p (Hidrografın pike erişme süresi, h)	4.54
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m ³ /s)	89.95

Çizelge 3.42. Doyran Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı

DSİ SENTETİK YÖNTEM TAŞKIN TEKERRÜR DEBİLERİ (m³/s)							
	PROJE SAĞANAK SÜRELERİ (h)						
Yin. Debi.	2	4	6	8	12	18	24
Q ₂	2.13	5.78	7.84	8.48	8.72	7.80	7.87
Q ₅	13.69	22.86	26.47	26.11	25.80	22.26	20.89
Q ₁₀	26.52	40.14	44.26	42.83	41.30	35.09	32.70
Q ₂₅	48.09	67.84	72.29	69.34	65.37	55.48	52.38
Q ₅₀	67.64	92.20	96.57	92.39	86.45	73.02	69.37
Q ₁₀₀	89.95	119.48	124.15	118.39	109.92	92.76	88.42
Q ₅₀₀							157.40
Q ₁₀₀₀							177.85



Şekil 3.47. Doyran Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

b.) Mockus birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

Mockus birim hidrograf yöntemiyle tekerrür süresi 100 yıl için hesap debisi 250.95 m³/s bulunmuştur (Çizelge 3.43). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.44) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.48).

Çizelge 3.43. Doyran Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı

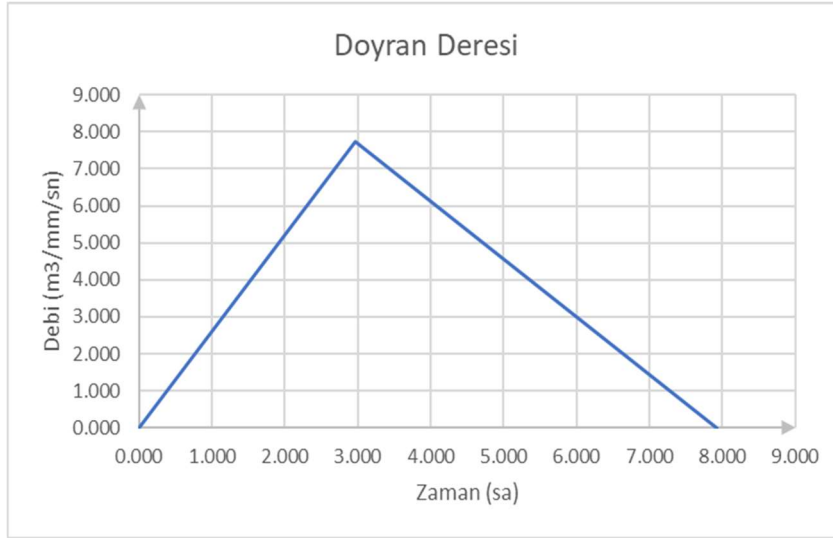
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Doyran Deresi
Metot:	Mockus birim hidrograf
Havza K katsayısı:	0.208
(S) Harmonik eğim	0.061
(L) Uzunluk (m)	26283.658
(A) Havza alanı (km ²)	110.493
SONUÇLAR	
(T _c) Toplanma süresi = $0.00032 (L \cdot 0.77(m) / S \cdot 0.385)$	2.376
(D) Yağış süresi = $2 \cdot (T_c)^{1/2}$	3.083
(T _p) Hidrografın yükselme zamanı = $0.5D + 0.6T_c$	2.967
(T _r) Hidrografın alçalma süresi = $T_r = 1.67 \cdot T_p$	4.955
(T _s) Yağış süresi = $T_p + T_r$	7.923
(Q _p) Pik debi (m ³ /s) = $K \cdot A \cdot h_a / T_p$	7.745
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100.000
Hesap debisi (m ³ /s)	250.95

Çizelge 3.44. Doyran Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri						
							2	5	10	25	50	100	
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	45.42	68.38	84.23	104.91	120.69	136.79	
Mockus	2	1	1.13	0.86218	0.66	0.643	29.21	43.97	54.16	67.46	77.61	87.96	
							AKIŞ (mm)						
							1.55	6.54	11.37	18.88	25.33	32.40	
							Qp=	7.74521					
							K1=	0.208	12.04	50.68	88.07	146.24	196.17
							Qp=	6.06953					
							K2=	0.163	9.43	39.72	69.01	114.60	153.73

AKIŞ HESAPLARI	
S=((1000/ CN) - 10) * 25,4	
CN=	75
S =	84.67
0,2S =	16.93
0,8S =	67.73
hakiş=(P - 0,2S)² / (P + 0,8S)	

Q500	363.664	(K1'e göre hesaplanmıştır)
Q1000	412.203	(K1'e göre hesaplanmıştır)



Şekil 3.48. Doyran Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

c.) Snyder birim hidrograf yöntemi akım tahmin sonuçları

Snyder birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi $86.12 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.45). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.46) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.49).

Çizelge 3.45. Doyran Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı

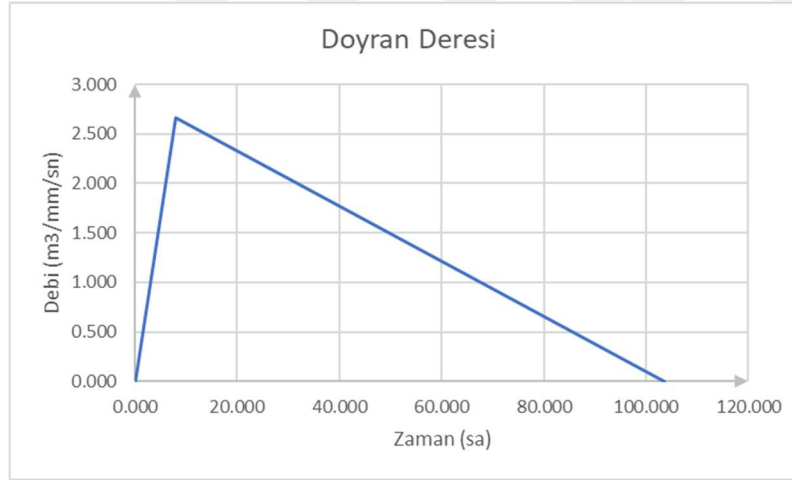
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Doyran Deresi
Metot:	Snyder birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.061
(L) Uzunluk (m)	26283.658
(A) Havza alanı (km^2)	110.493
SONUÇLAR	
(L_c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	13.835
(C_t) Havza depolama kapasitesi	1.350
(C_p) Havza tutma katsayısı	0.690
(T_p) Yükselme zamanı $T_p = C_t.(L.L_c)0.30$	7.916
(T_y) Sağanak süresi $= T_p/5.5$	1.439
(q_v) Yağmur verimi $= 276 / C_p/C_t$	24.056
$Q_p = q_v.A.10 \text{ (mm/s/cm)}$	2.658
HESAP DEBİSİ (m^3/s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m^3/s)	86.121

Çizelge 3.46. Doyran Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

						Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
						2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	45.42	68.38	84.23	104.91	136.79
Snyder	2	1	1.13	0.86218	0.66	0.643010115	29.21	43.97	54.16	67.46	87.96
AKIŞ (mm)							1.55	6.54	11.37	18.88	25.33
Qp=						2.65804	4.13	17.39	30.22	50.19	67.32
Qp=						2.08297	3.24	13.63	23.68	39.33	52.76

AKIŞ HESAPLARI	
$S=((1000/CN) - 10) * 25,4$	
CN =	75
S =	84.67
0,2S =	16.93
0,8S =	67.73
$hakiş=(P - 0,2S)2 / (P + 0,8S)$	

Q500	124.80
Q1000	141.46



Şekil 3.49. Doyran Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

d.) SCS birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

SCS birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi $160.06 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.47). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.48) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.50).

Çizelge 3.47. Doyran Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı

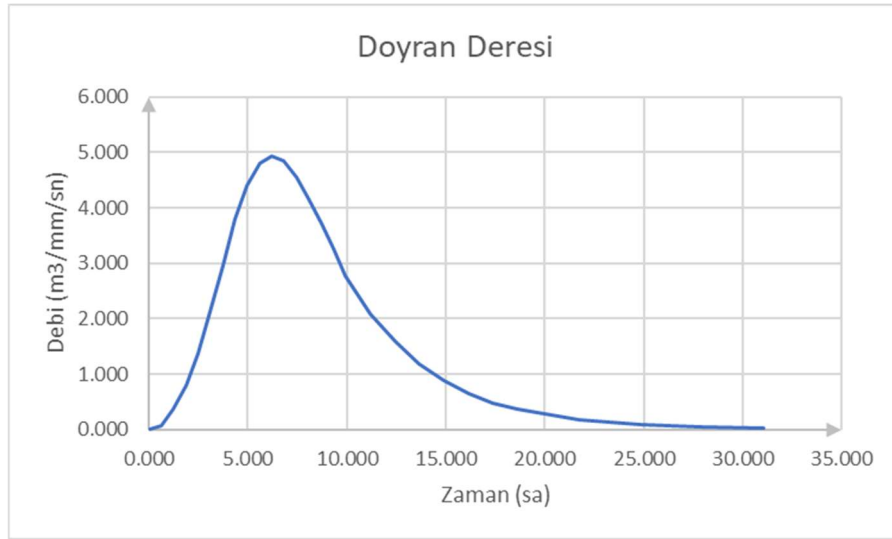
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Doyran Deresi
Metot:	SCS birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.061
(L) Uzunluk (m)	26283.658
(A) Havza alanı (km ²)	110.493
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	13.835
Eğri Numarası $L \cdot L_c / \sqrt{S}$	1472071.128
$Q_p = A \cdot 1 \cdot q_v \cdot 10^{-3}$ (m ³ /s/mm)	4.940
Kullanıcı tanımlı q_p (l/s/km ² /mm)	44.708
q_p (Akış verimi) (l/s/km ² /mm):	44.708
V_b (Birim hidrograf hacmi, m ³)	110493.000
T (Hidrografın devam süresi, h)	22.678
T_p (Hidrografın pike erişme süresi, h)	4.536
HESAP DEBİSİ (m³/s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m ³ /s)	160.059

Çizelge 3.48. Doyran Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	45.42	68.38	84.23	104.91	120.69	136.79
SCS Birim Hidrograf	2	1	1.13	0.86218	0.66	0.643	29.21	43.97	54.16	67.46	77.61	87.96
AKIŞ (mm)							1.55	6.54	11.37	18.88	25.33	32.40
$Q_p =$ 4.940							7.68	32.33	56.17	93.28	125.12	160.06
$Q_p =$ 3.871							6.02	25.33	44.02	73.10	98.05	125.43

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000 / CN) - 10) \cdot 25.4$	
CN =	75
S =	84.67
0.2S =	16.93
0.8S =	67.73
$h_{akiş} = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S)$	

Q500	231.946
Q1000	262.904



Şekil 3.50. Doyran Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

3.9.6. Karaman deresi taşkın debi hesabı

Karaman Deresinin hesaplanan hidrolojik parametreleri Çizelge 3.49'da gösterilmektedir. Karaman Deresinde bulunan AGİ'nin yağış toplama alanı 493.7 km², akarsu uzunluğu 40.2 km, havzanın en üst kotu 1074 m çıkmıştır. Birim hidrograf değerleri ve taşkın debisi dört farklı yöntemle hesaplanmış ve aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Çizelge 3.49. Karaman Deresi hidrolojik parametreler

PARAMETRELER	SEMBOL	DEĞER
Havza Alanı (km ²)	A	493.697
Havzanın En Üst Kotu (m)	H ₁	1074.646
Mecra Akışının Başladığı Kot (m)	H ₂	933.925
Sanat Yapısını Kestiği Noktadaki Kot (m)	H ₃	145.662
Arazi Üzeri Akış Uzunluğu (m)	L ₁	1298.544
Dere Yatağı Akış Uzunluğu (m)	L ₂	40238.502
Arazi Üzeri Akış Kot Farkı (m)	H _a	140.721
Arazi Üzeri Akış Eğimi	E	0.108
Dere Yatağı Akış Kot Farkı (m)	H _b	788.263
Dere Yatağı Akış Süresi (min)	T ₂	311.299

a.) DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

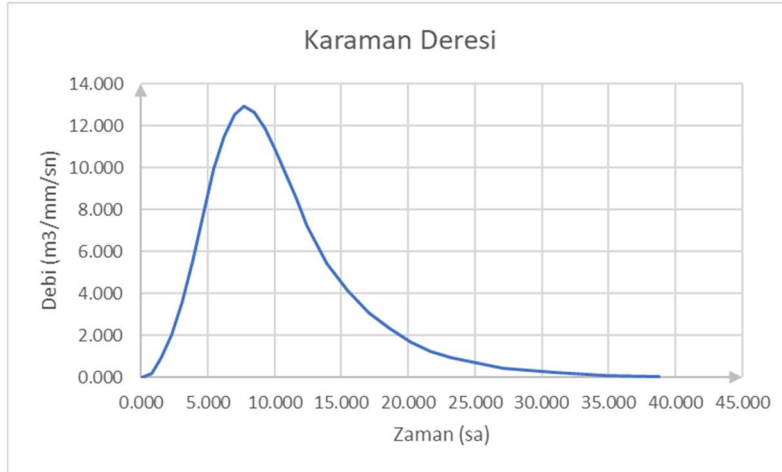
DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi ile 2 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi 162.16 m³/s olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.50). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.51) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.51).

Çizelge 3.50. Karaman Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi debi hesabı

GİRDİLER	
Akarsu adı:	Karaman Deresi
Metot:	DSİ sentetik birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.020
(L) Uzunluk (m)	40238.502
(A) Havza alanı (km ²)	493.697
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	17.763
Eğri numarası $L \cdot L_c / \sqrt{S}$	5106847.755
$Q_p = A \cdot I \cdot q_v \cdot 10^{-3}$ (m ³ /s/mm)	12.916
Kullanıcı tanımlı q_p (l/s/km ² /mm)	26.162
DSİ q_p (Akış verimi) (l/s/km ² /mm):	26.162
DSİ V_b (Birim hidrograf hacmi, m ³)	493696.800
DSİ T (Hidrografın devam süresi, h)	38.755
DSİ T_p (Hidrografın pike erişme süresi, h)	7.751
HESAP DEBİSİ (m³/s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m ³ /s)	162.159

Çizelge 3.51. Karaman Deresi DSİ sentetik birim hidrograf yöntemiyle tekerrür yılına ve sağanak süresine göre debi hesabı

DSİ SENTETİK YÖNTEM TAŞKIN TEKERRÜR DEBİLERİ (m³/s)							
	PROJE SAĞANAK SÜRELERİ (h)						
Yin. Debi.	2	4	6	8	12	18	24
Q_2	1.170	8.865	15.527	19.779	23.652	23.670	26.220
Q_5	18.479	44.984	61.526	69.764	75.041	70.858	73.478
Q_{10}	40.930	83.055	107.065	117.731	122.495	114.263	115.975
Q_{25}	80.933	146.147	180.482	193.718	196.764	182.295	180.863
Q_{50}	118.454	202.712	245.025	259.879	261.460	240.470	237.112
Q_{100}	162.159	266.778	317.241	333.510	333.341	304.953	300.090
Q_{500}							479.247
Q_{1000}							542.079



Şekil 3.51. Karaman Deresi DSİ sentetik yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

b.) Mockus yöntemi taşkın debi hesabı

Mockus birim hidrograf yöntemiyle tekerrür süresi 100 yıl için hesap debisi $910.19 \text{ m}^3/\text{s}$ bulunmuştur (Çizelge 3.52). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.53) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.52).

Çizelge 3.52. Karaman Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi debi hesabı

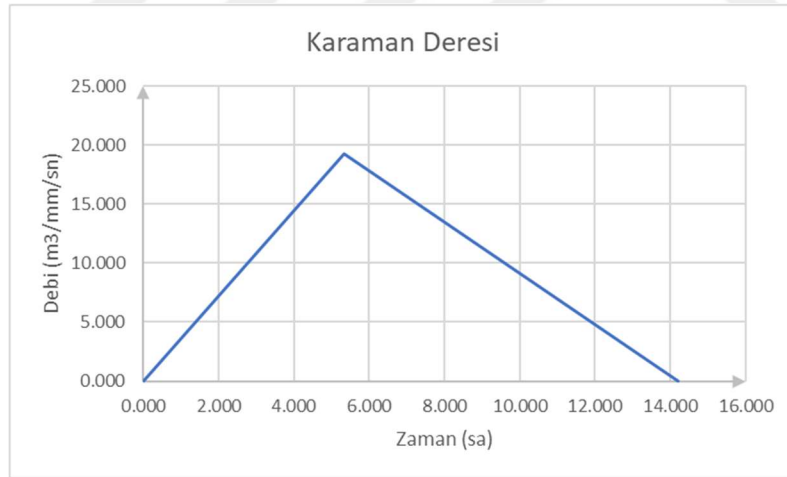
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Karaman Deresi
Metot:	Mockus birim hidrograf
Havza K katsayısı:	0.208
(S) Harmonik eğim	0.020
(L) Uzunluk (m)	40238.502
(A) Havza alanı (km ²)	493.697
SONUÇLAR	
(T _c) Toplanma süresi = $0.00032 (L.0.77(m) / S.0.385)$	5.109
(D) Yağış süresi = $2. (T_c)^{1/2}$	4.520
(T _p) Hidrografın yükselme zamanı = $0.5D + 0.6T_c$	5.325
(T _r) Hidrografın alçalma süresi = $T_r = 1.67.T_p$	8.893
(T _s) Yağış süresi = $T_p + T_r$	14.219
(Q _p) Pik debi (m ³ /s) = $K.A.ha/T_p$	19.283
HESAP DEBİSİ (m ³ /s)	
Kaç yıllık debi	100.000
Hesap debisi (m ³ /s)	910.195

Çizelge 3.53. Karaman Deresi Mockus birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri					
							2	5	10	25	50	100
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	57.67	93.84	118.30	149.73	173.40	197.23
Mockus	2	1	1.13	0.7343	0.66	0.54764	31.58	51.39	64.79	82.00	94.96	108.01
AKIŞ (mm)							2.16	9.97	17.28	28.27	37.42	47.20
Q P=							19.283	41.66	192.17	333.20	545.18	721.58
K1=							0.208	32.64	150.59	261.11	427.23	565.46
Qp=							15.111	32.64	150.59	261.11	427.23	565.46
K2=							0.163	32.64	150.59	261.11	427.23	565.46

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000 / CN) - 10) * 25,4$	
CN=	75
S =	84.67
0,2S =	16.93
0,8S =	67.73
$hakiş = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S)$	

Q500	1309.5	(K1'e göre hesaplanmıştır)
Q1000	1481.4	(K1'e göre hesaplanmıştır)



Şekil 3.52. Karaman Deresi Mockus yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

c.) Snyder birim hidrograf yöntemi akım tahmin sonuçları

Snyder birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi $457.72 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.54). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.55) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.53).

Çizelge 3.54. Karaman Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi debi hesabı

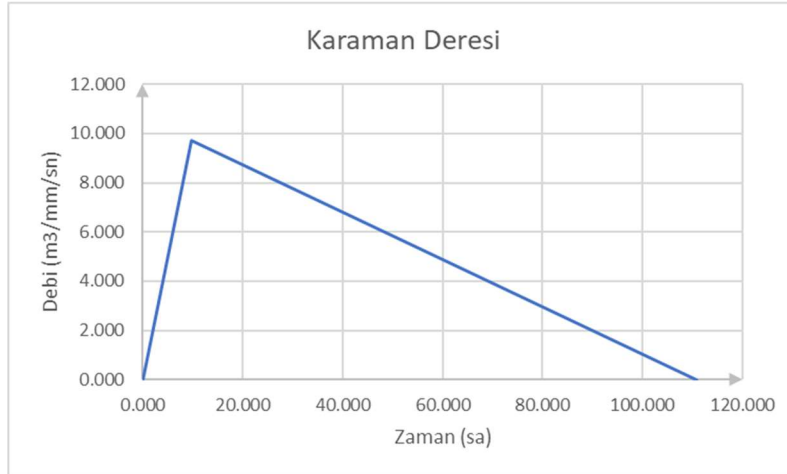
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Doyran Deresi
Metot:	Snyder birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.020
(L) Uzunluk (m)	40238.502
(A) Havza alanı (km ²)	493.697
SONUÇLAR	
(L _c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	17.763
(C _t) Havza depolama kapasitesi	1.350
(C _p) Havza tutma katsayısı	0.690
(T _p) Yükselme zamanı $T_p = C_t(L.L_c)0.30$	9.696
(T _y) Sağanak süresi = $T_p/5.5$	1.763
(q _v) Yağmur verimi = $276 / C_p/C_t$	19.642
$Q_p = q.A.10$ (mm/s/cm)	9.697
HESAP DEBİSİ (m³/s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m ³ /s)	457.717

Çizelge 3.55. Karaman Deresi Snyder birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri							
							2	5	10	25	50	100		
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	57.67	93.84	118.30	149.73	173.40	197.23		
Snyder	2	1	1.13	0.7343	0.66	0.54764094	31.58	51.39	64.79	82.00	94.96	108.01		
							AKIŞ (mm)		2.16	9.97	17.28	28.27	37.42	47.20
							Qp=	9.69701	20.95	96.64	167.56	274.16	362.87	457.72
							Qp=	7.59906	16.42	75.73	131.31	214.85	284.36	358.69

AKIŞ HESAPLARI	
S=((1000/CN) - 10) * 25,4	
CN =	75
S =	84.67
0,2S =	16.93
0,8S =	67.73
hakiş=(P - 0,2S)² / (P + 0,8S)	

Q500	658.506
Q1000	744.973



Şekil 3.53. Karaman Deresi Snyder yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

d.) SCS birim hidrograf yöntemi taşkın debi hesabı

SCS birim hidrograf yöntemi ile 24 saatlik yağış için 100 yıl tekerrür süreli hesap debisi $609.66 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.56). Tekerrür yıllarına göre taşkın debisi hesaplanmış (Çizelge 3.57) ve birim hidrograf grafiği çizilmiştir (Şekil 3.54).

Çizelge 3.56. Karaman Deresi SCS birim hidrograf yöntemi debi hesabı

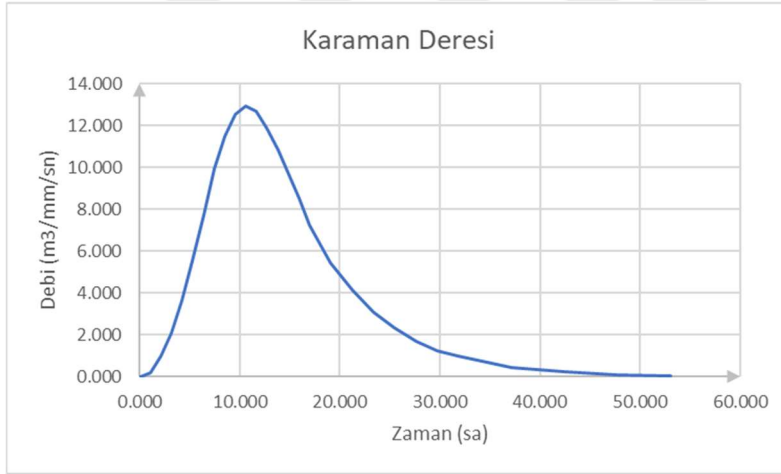
GİRDİLER	
Akarsu adı:	Karaman Deresi
Metot:	SCS birim hidrograf
(S) Harmonik eğim	0.020
(L) Uzunluk (m)	40238.502
(A) Havza Alanı (km^2)	493.697
SONUÇLAR	
(L_c) Merkezin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir. (km)	17.763
Eğri Numarası $L \cdot L_c / \sqrt{S}$	5106847.755
$Q_p = A \cdot 1 \cdot q_v \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s/mm)}$	12.916
Kullanıcı tanımlı $q_p \text{ (l/s/km}^2/\text{mm)}$	26.162
$q_p \text{ (Akış verimi) (l/s/km}^2/\text{mm)}$:	26.162
$V_b \text{ (Birim hidrograf hacmi, m}^3)$	493696.800
$T \text{ (Hidrografın devam süresi, h)}$	38.755
$T_p \text{ (Hidrografın pike erişme süresi, h)}$	7.751
HESAP DEBİSİ (m^3/s)	
Kaç yıllık debi	100.00
Hesap debisi (m^3/s)	609.660

Çizelge 3.57. Karaman Deresi SCS birim hidrograf yöntemi tekerrür yılına göre debi hesabı

							Drenaj alanının 24 saatlik yağış yinelenme değerleri							
							2	5	10	25	50	100		
UYGULANAN YÖNTEM	T(Saat)	%	MF	YADK	PLV	SON ÇARPIM	57.67	93.84	118.30	149.73	173.40	197.23		
Sentetik Birim Hidrograf	2	1	1.13	0.7343	0.66	0.54764094	31.58	51.39	64.79	82.00	94.96	108.01		
							AKIŞ (mm)		2.16	9.97	17.28	28.27	37.42	47.20
							Qp=	12.92	27.90	128.72	223.19	365.17	483.33	609.66
							Qp=	10.12	21.87	100.87	174.90	286.17	378.76	477.76
AKIŞ HESAPLARI														

AKIŞ HESAPLARI	
$S = ((1000 / CN) - 10) * 25.4$	
CN =	75
S =	84.67
0,2S =	16.93
0,8S =	67.73
$hakiş = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S)$	

Q500	877.108
Q1000	992.279



Şekil 3.54. Karaman Deresi SCS yöntemi ile oluşturulan birim hidrograf

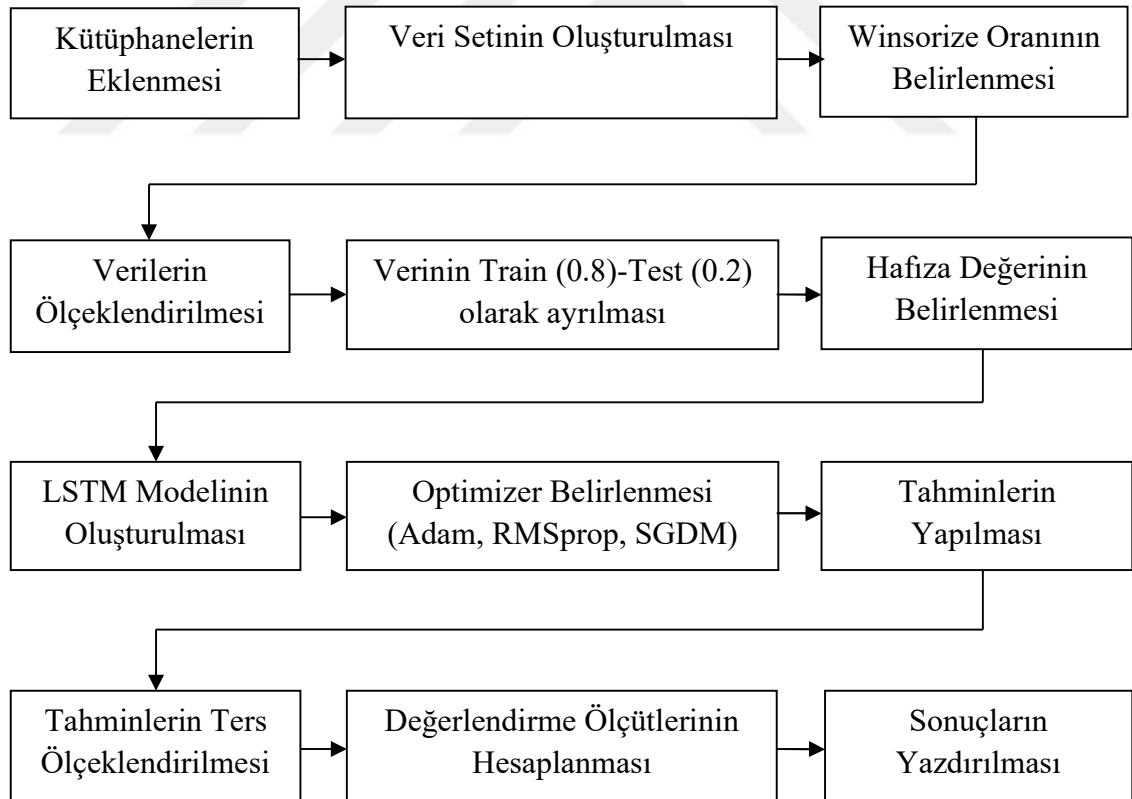
3.9.7. LSTM yöntemi ile akım tahmini

Gelişen teknoloji ile birlikte hidroloji alanında yapay zeka yöntemlerinin kullanımı artmaktadır. Çalışma kapsamında LSTM yöntemi kullanılarak günlük akım tahmini yapılması ve hata metrikleri aracılığıyla model performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

LSTM modeli oluşturulurken açık kaynak olduğu için yazılım dili olarak Python tercih edilmiştir. Giriş verisi olarak akım gözlem istasyonlarının günlük verileri kullanılır. Veri işleme, LSTM modeli oluşturma, model performansını değerlendirme ve

istatistiksel hesaplamalar için gerekli Python kütüphaneleri yüklenir. Kütüphaneler yüklendikten sonra veri seti oluşturulur ve veri sayısı kontrol edilir, verilere %0, %2,5 ve %5 oranında winsorize işlemi uygulanır. Winsorize işlemi veri setindeki uç değerleri belirli oranda sınırlandırarak uç değerlerden dolayı oluşan sapmayı azaltmayı amaçlar. Winsorize, veri setindeki veri sayısının belirli bir yüzdesi kadar veriyi minimum ve maksimum verilerden çıkarılması işlemidir. Winsorize işlemi uygulandıktan sonra veriler ölçeklendirilir ve bu veriler %80 eğitim, %20 test olarak ikiye ayrılır. Giriş ve çıkış verileri ayarlanır, model hafızası belirlenir. Her bir winsorize oranı ve optimizasyon yöntemi için modelin hafıza süresi 30, 60, 90 ve 120 gün alınır. Veriler şekillendirilir ve LSTM modeli oluşturulur. Optimizasyon yöntemi olarak Adam, RMSprop, SGDM kullanılmaktadır. Parametrelerden epochs tetiklemeli duruşa ayarlanır maksimum epochs 100, batch 64, patience 15, validation split 0.2 alınır. Model tahminleri yeniden şekillendirilir. Model performansının değerlendirilebilmesi için değerlendirme ölçütleri olarak NSE, MSE, RMSE, MAE, R^2 ve KGE kullanılır. Çizelge 3.58’de LSTM modelinin iş akış şeması gösterilmektedir.

Çizelge 3.58. LSTM modeli iş akış şeması



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. NetHydro ile Hesaplanan Taşkın Debileri

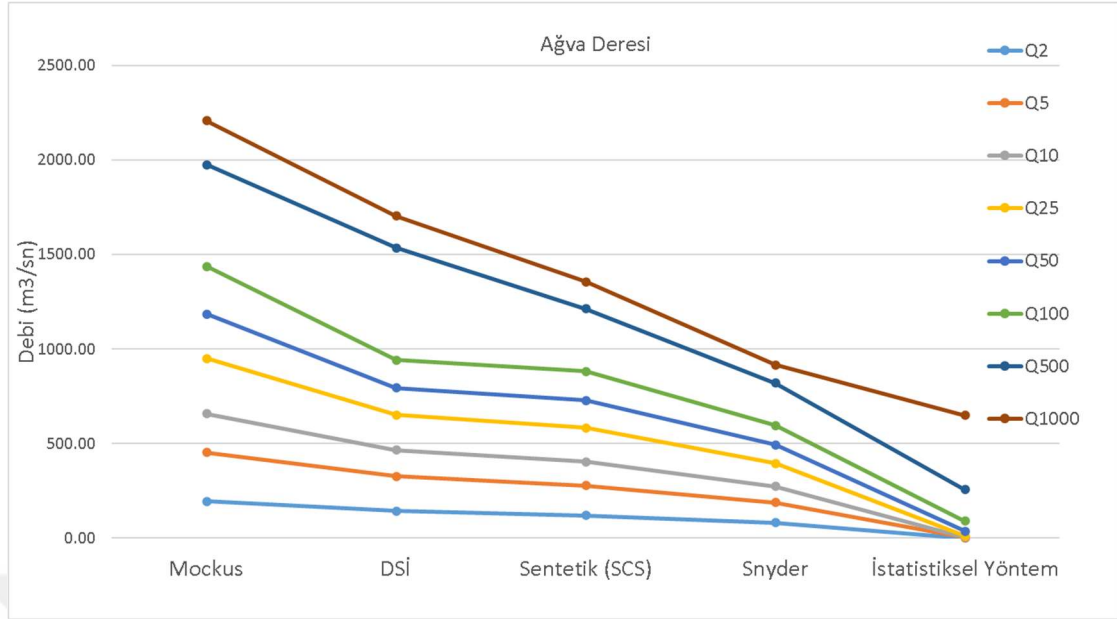
Çalışma kapsamında olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak istatistiksel olarak taşkın debi hesabı yapılmıştır. NetHydro kullanılarak 4 farklı yöntem ile taşkın debileri hesaplanmış ve aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Ağva deresinin hesaplanan 1000 yıl tekrür süreli taşkın debilerine bakıldığında (Çizelge 4.1) en yüksek değer Mockus birim hidrograf yöntemiyle 2208.1 m³/s, en düşük değer olasılık dağılım fonksiyonları ile 338.6 m³/s olarak bulunmuştur. Ağva deresinin alanı 100.7 km² ve T_p>2 saat olduğu için tasarım kriterlerine göre kullanılması önerilen yöntem DSİ ve SCS çıkmaktadır. DSİ ve SCS yöntemlerinin kısmen birbirlerine yakın sonuçlar verdiği söylenebilir. Şekil 4.1’de görüldüğü üzere yöntemlerin tekrür yıllarına göre verdiği sonuçlar paralellik göstermektedir.

AFAD tarafından yapılan taşkın analizinde Ağva deresinin taşkın debilerinin Q₁₀₀ 735 m³/s, Q₅₀₀ 1069 m³/s ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmada ise taşkın debilerinin Q₁₀₀ 1065 m³/s, Q₅₀₀ 1510 m³/s bulunduğu görülmektedir (İRAP 2021; BAHTYP 2019). Bu değerler ile sonuçlar değerlendirildiğinde Mockus yöntemi yüksek değerler vermiş, İstatistiksel yöntem çok düşük değerler vermiştir, tasarım kriterlerine göre belirlenen DSİ ve SCS metodunun tutarlı değerler verdiği ve DSİ sentetik birim hidrograf metodu ile eldi edilen verilerin daha güvenli tarafta olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.1. Ağva Deresi tekrür yılına göre taşkın debileri (m³/s)

Debi Yinelenme Süresi	Ağva Deresi				
	Mockus	DSİ	SCS	Snyder	İstatistiksel Yöntem
Q ₂	193.64	143.24	118.87	80.42	0.8
Q ₅	452.97	326.71	278.06	188.11	2.1
Q ₁₀	658.66	466.16	404.33	273.53	4.2
Q ₂₅	949.50	651.03	582.86	394.31	8.4
Q ₅₀	1185.84	795.00	727.94	492.46	22
Q ₁₀₀	1437.27	940.90	882.29	596.88	48.4
Q ₅₀₀	1976.07	1534.65	1213.03	820.63	110.9
Q ₁₀₀₀	2208.10	1703.58	1355.47	916.99	338.6

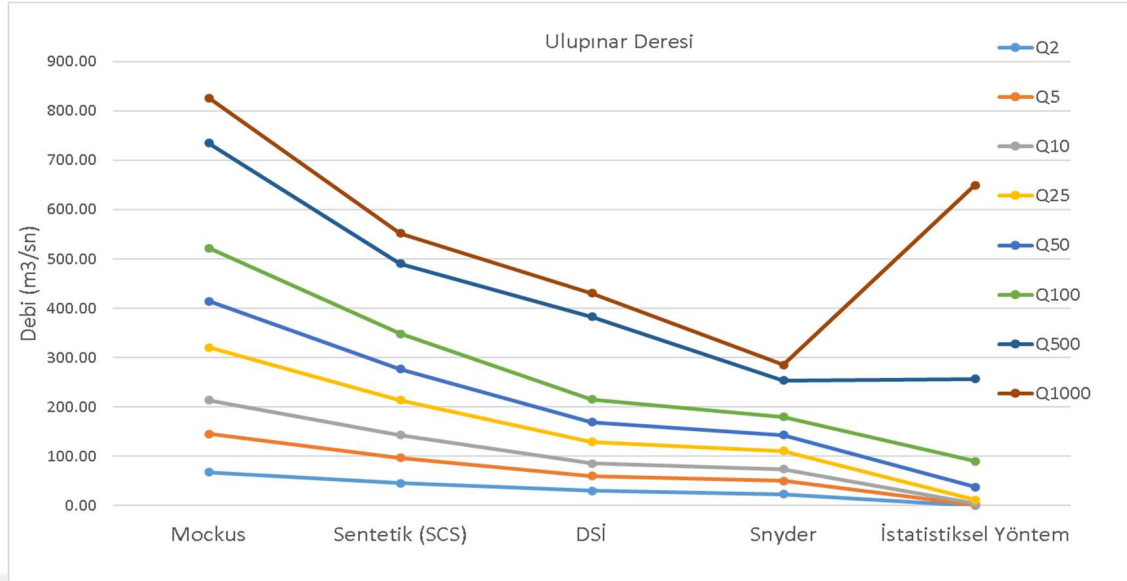


Şekil 4.1. Ağva Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği

Ulupınar Deresinin hesaplanan 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debilerine bakıldığında (Çizelge 4.2) en yüksek değer Mockus birim hidrograf yöntemiyle $826.33 \text{ m}^3/\text{s}$, en düşük değer Snyder yöntemiyle $285.5 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuştur. DSİ ve SCS yöntemlerinin kısmen birbirlerine yakın sonuçlar verdiği söylenebilir. Ulupınar Deresinin yağış alanı 42.5 km^2 ve hidrografın pike erişme süresinin $T_p > 2$ saat olduğu dikkate alındığında hesap kriterlerine göre DSİ ve SCS yöntemi önerilmektedir. Şekil 4.2’de görüldüğü üzere SCS yöntemiyle hesaplanan değerler DSİ yöntemi ile hesaplanan değerlere kıyasla biraz daha büyük olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. Ulupınar Deresi tekerrür yılına göre taşkın debileri (m^3/s)

Debi Yinelenme Süresi	Ulupınar Deresi				
	Mockus	SCS	DSİ	Snyder	İstatistiksel Yöntem
Q ₂	67.84	45.32	30.20	23.44	0.5
Q ₅	145.41	97.13	59.97	50.24	1.5
Q ₁₀	213.97	142.93	85.19	73.93	4.2
Q ₂₅	320.51	214.09	129.39	110.74	12
Q ₅₀	414.69	277.01	169.55	143.28	37.5
Q ₁₀₀	521.69	348.48	215.52	180.25	90.2
Q ₅₀₀	734.63	490.72	382.58	253.82	256.9
Q ₁₀₀₀	826.33	551.97	430.26	285.50	649.6

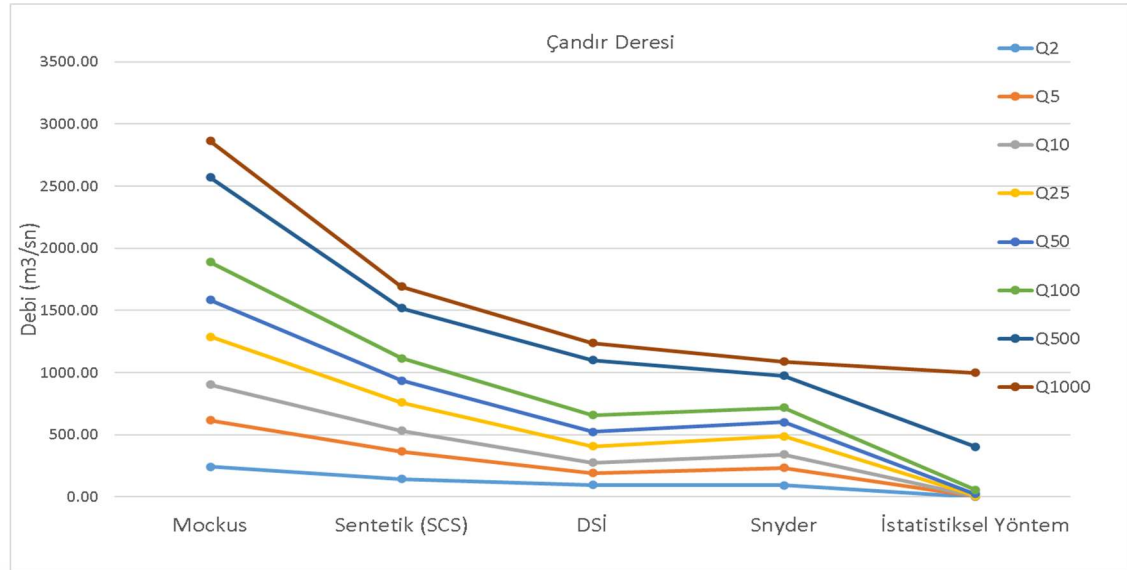


Şekil 4.2. Ulupınar Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği

Çandır Deresinin hesaplanan 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debilerine bakıldığında (Çizelge 4.3) en yüksek değer Mockus birim hidrograf yöntemiyle 2865.14 m³/s, en düşük değer olasılık dağılım fonksiyonları ile 998.6 m³/s olarak bulunmuştur. En yüksek değerleri Mockus sonrasında SCS yöntemi vermiştir, diğer yöntemlerin kısmen birbirlerine yakın sonuçlar verdiği söylenebilir. Çandır Deresinin alanı 167 km² ve $T_p > 2$ sa olduğu için hesap kriterlerine göre DSİ ve SCS yöntemleri önerilmektedir. Şekil 4.3’de tekerrür yılına göre taşkın debileri grafik ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Çandır Deresi tekerrür yılına göre taşkın debileri (m³/s)

Debi Yinelenme Süresi	Çandır Deresi				
	Mockus	SCS	DSİ	Snyder	İstatistiksel Yöntem
Q ₂	242.44	143.08	95.77	92.00	0.7
Q ₅	617.14	364.21	190.91	234.18	2
Q ₁₀	902.38	532.55	275.41	342.42	4.2
Q ₂₅	1287.40	759.77	408.04	488.52	8.8
Q ₅₀	1585.28	935.57	524.46	601.56	24.6
Q ₁₀₀	1888.69	1114.63	656.97	716.69	55.8
Q ₅₀₀	2571.22	1517.43	1101.55	975.68	402.6
Q ₁₀₀₀	2865.14	1690.89	1236.58	1087.21	998.6

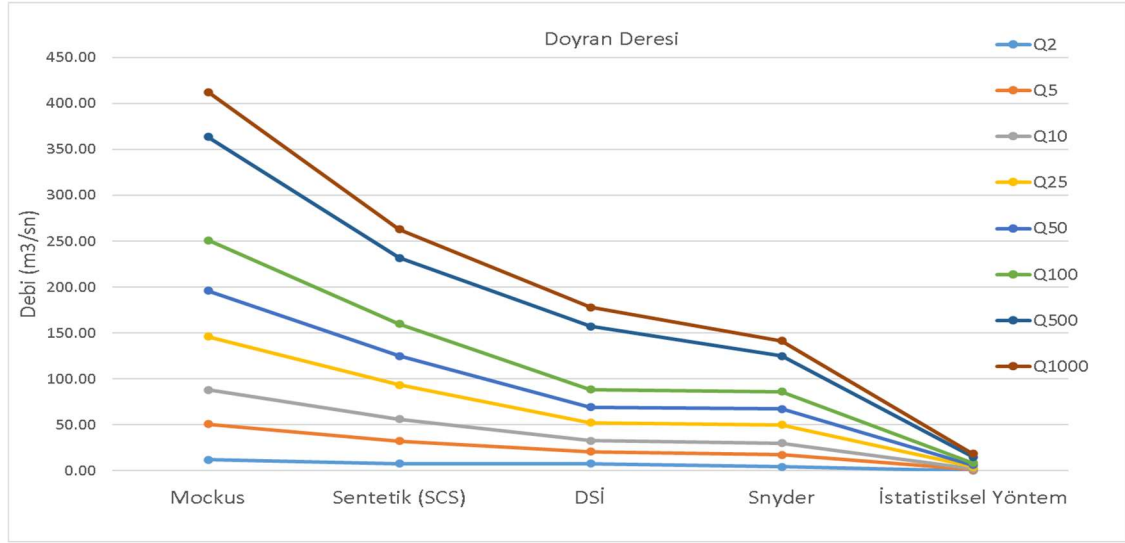


Şekil 4.3. Çandır Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği

Doyran Deresinin alanı 110.5 km², $T_p > 2$ saat hesap kriterlerine göre DSİ ve SCS yöntemleri önerilmektedir. Hesaplanan 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debilerine bakıldığında (Çizelge 4.4) en yüksek değer Mockus birim hidrograf yöntemiyle 412.20 m³/s, en düşük değer olasılık dağılım fonksiyonları ile 18.37 m³/s olarak bulunmuştur. En yüksek değeri Mockus sonrasında SCS yöntemi vermiştir, DSİ ve Snyder yöntemlerinin kısmen birbirlerine yakın sonuçlar verdiği söylenebilir. İstatistiksel yöntemler ile hesaplanan değerlerin aşırı düşük olduğu görülmektedir. Şekil 4.4’de yöntemlerin tekerrür yıllarına göre verdiği sonuçlar grafik ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Doyran Deresi tekerrür yılına göre taşkın debileri (m³/s)

Debi Yinelenme Süresi	Doyran Deresi				
	Mockus	SCS	DSİ	Snyder	İstatistiksel Yöntem
Q ₂	12.04	7.68	7.87	4.13	0.24432
Q ₅	50.68	32.33	20.89	17.39	1.1896
Q ₁₀	88.07	56.17	32.70	30.22	2.3318
Q ₂₅	146.24	93.28	52.38	50.19	4.376
Q ₅₀	196.17	125.12	69.37	67.32	6.3129
Q ₁₀₀	250.95	160.06	88.42	86.12	8.5774
Q ₅₀₀	363.66	231.95	157.40	124.80	15.064
Q ₁₀₀₀	412.20	262.90	177.85	141.46	18.376

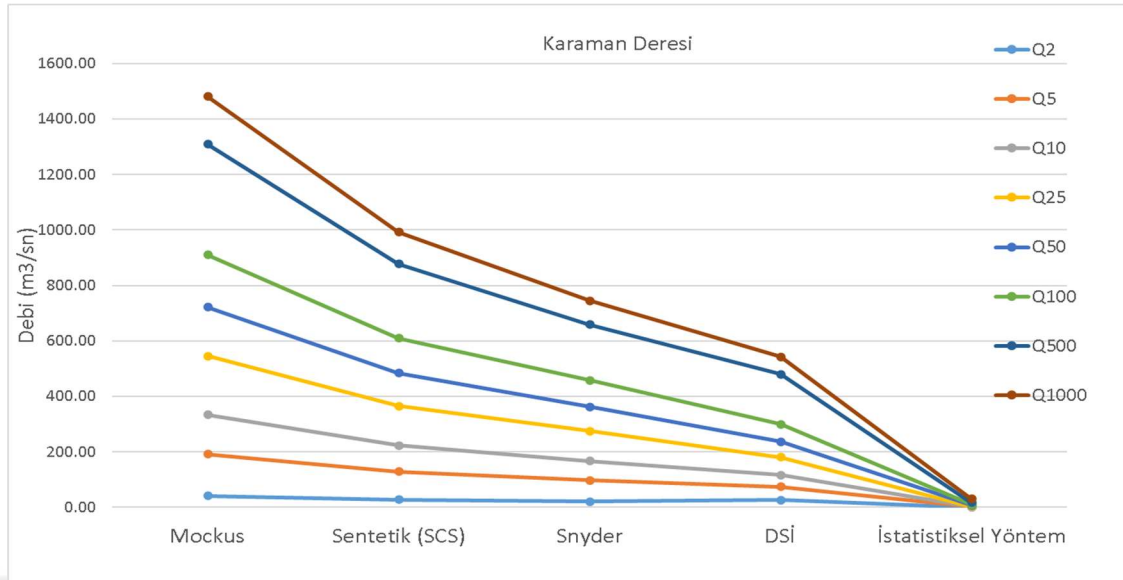


Şekil 4.4. Doyran Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği

Karaman Deresinin yağış alanı 493.7 km^2 , $T_p = 7.75 > 2$ sa hesap kriterlerine göre DSİ ve SCS yöntemleri önerilmektedir. Hesaplanan 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debilerine bakıldığında (Çizelge 4.5) en yüksek değer Mockus birim hidrograf yöntemiyle $1481.41 \text{ m}^3/\text{s}$, en düşük değer olasılık dağılım fonksiyonları ile $30.6 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bulunmuştur. En yüksek değeri Mockus sonrasında SCS yöntemi vermiştir, DSİ ve Snyder yöntemlerinin kısmen birbirlerine yakın sonuçlar verdiği söylenebilir. D09A031 ölçülen anlık en yüksek akım $419 \text{ m}^3/\text{s}$ olduğu düşünülürse İstatistiksel yöntemler ile hesaplanan değerlerin aşırı düşük ve bağlamdan kopuk olduğu görülmektedir. Şekil 4.5’de görüldüğü üzere yöntemlerin tekerrür yıllarına göre verdiği sonuçlar paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.5. Karaman Deresi tekerrür yılına göre taşkın debileri (m^3/s)

Debi Yinelenme Süresi	Karaman Deresi				
	Mockus	SCS	Snyder	DSİ	İstatistiksel Yöntem
Q ₂	41.66	27.90	20.95	26.22	0.4
Q ₅	192.17	128.72	96.64	73.48	1.3
Q ₁₀	333.20	223.19	167.56	115.98	2.2
Q ₂₅	545.18	365.17	274.16	180.86	3.6
Q ₅₀	721.58	483.33	362.87	237.11	6.5
Q ₁₀₀	910.19	609.66	457.72	300.09	10.2
Q ₅₀₀	1309.47	877.11	658.51	479.25	16.3
Q ₁₀₀₀	1481.41	992.28	744.97	542.08	30.6



Şekil 4.5. Karaman Deresi tekerrür yılına göre taşkın debisi grafiği

Çandır, Doyran ve Karaman dereleri birleşip Boğaçay'ı oluşturmaktadır. Boğaçay Antalya Konyaaltı'ndan denize deşarj olmaktadır. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan taşkın yönetim planında Boğaçay'ın 500 yıl tekerrür süreli taşkın debisi Q_{500} 2408 m^3/s bulunmuştur. Bu çalışma kapsamında AGİ noktalarına göre oluşturulan havza sınırlarına göre DSİ ve SCS yöntemi ile elde edilen 500 yıl tekerrür süreli taşkın debileri toplamı sırasıyla 1738.2 ve 2626.5 m^3/s olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ile sonuçlar değerlendirildiğinde DSİ ve SCS yönteminin tutarlı sonuçlar verdiği bölgede yapılacak çalışmalarda kullanılabileceği 3 dereyi de içine alan bütüncül bir çalışmalar ile daha hassas sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2016).

4.2. LSTM Akım Tahmini Performans Sonuçları

Çalışma kapsamında AGİ'lerinin verileri kullanılarak akım tahmini yapmak için LSTM modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan LSTM modelinde optimizasyon yöntemi Adam, RMSprop ve SGDM; model hafızası 30, 60, 90 ve 120 gün; winsorize işlemi için %0, 2.5 ve 5 kullanılmıştır. LSTM modelinin performansı NSE, R^2 , KGE, MSE, RMSE ve MAE hata metrikleri ile değerlendirilmiştir.

LSTM modelinin performansını ölçmek için hesaplanan hata metrikleri tablo haline getirilmiştir. Tablo üzerindeki verilerin daha iyi anlaşılabilmesi için biçimlendirme uygulanmıştır. Bir AGİ istasyonu için hesaplanan her bir performans metriği kendi içerisinde gruplandırılarak en iyi değer yeşil, en kötü değer kırmızı ve ara değerler bu iki renk arasında lineer renk alacak şekilde düzenlenmiş ve ayrıca her performans metriği için en iyi ilk beş sonuç yeşile boyanmıştır. Örnek verilecek olursa Ağva Deresi için performans metriklerine bakıldığında Şekil 4.6-4.9'da görülen NSE

değerleri içerisinde bir renklendirme yapılmış ve değerler içerisindeki en iyi ilk beş sonuç yeşile boyanmıştır.

Ağva Deresi için LSTM modelinin performans sonuçlarına bakıldığında (Şekil 4.6-4.9) winsorize %0 için modelin Adam, RMSprop ve SGDM optimizasyon yöntemi ile akım tahmin sonuçlarının gerçeği yansıtmadığı ve winsorize %2.5 ile 5 sütununa bakıldığında 3 iyileştiricinin de iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bunun Ağva deresinin değer aralığının geniş ve maksimum değerlerin tahmininde yetersiz olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yukarıdan aşağı doğru yeşil renklerin azaldığı sarı renklerin arttığı görülmektedir buradan Ağva deresinde en iyi performansın Adam ve RMSprop sonrasında da SGDM ile elde edildiği çıkarılabilir.

Çizelge 4.6. Ağva Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			30					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Ağva Deresi (D08A071)	ADAM	NSE	0.5320	0.3562	0.9133	0.7588	0.9285	0.8469
		R ²	0.5264	0.4041	0.9163	0.7727	0.9284	0.8484
		KGE	0.5037	0.4904	0.9367	0.8573	0.9585	0.9132
		MSE	39.2542	43.9734	0.6903	1.0856	0.3116	0.4566
		RMSE	6.2653	6.6312	0.8308	1.0419	0.5582	0.6757
		MAE	0.9832	1.2712	0.2190	0.2635	0.1508	0.1846
	RMSprop	NSE	0.2745	0.0987	0.9147	0.7634	0.9253	0.8372
		R ²	0.3177	0.1253	0.9151	0.7662	0.9266	0.8404
		KGE	0.3113	0.1250	0.9410	0.8614	0.9418	0.9008
		MSE	60.8457	61.5593	0.6790	1.0649	0.3253	0.4858
		RMSE	7.8004	7.8460	0.8240	1.0319	0.5703	0.6970
		MAE	1.2898	1.3158	0.2142	0.2553	0.1784	0.2280
	SGDM	NSE	0.2361	0.0822	0.8794	0.6759	0.9072	0.7970
		R ²	0.2320	0.0697	0.8828	0.6864	0.9081	0.7998
		KGE	0.1455	-0.0454	0.9034	0.7908	0.9258	0.8688
		MSE	64.0690	62.6874	0.9597	1.4587	0.4044	0.6056
		RMSE	8.0043	7.9175	0.9796	1.2078	0.6359	0.7782
		MAE	1.4427	1.4362	0.2957	0.3617	0.2304	0.2904

Lejant: Model sonuçları Koyu kırmızıdan sarıya ve ardından koyu yeşile doğru iyileşmektedir.

Çizelge 4.7. Ağva Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			60					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Ağva Deresi (D08A071)	ADAM	NSE	0.5309	0.4334	0.9153	0.7872	0.9282	0.8576
		R ²	0.5268	0.4595	0.9151	0.7907	0.9269	0.8563
		KGE	0.5617	0.5922	0.9453	0.8750	0.9476	0.9109
		MSE	39.5443	38.1890	0.6762	0.9347	0.3137	0.4193
		RMSE	6.2884	6.1797	0.8223	0.9668	0.5601	0.6475
		MAE	1.1000	1.2633	0.2264	0.2555	0.1511	0.1767
	RMSprop	NSE	0.2250	0.0832	0.9147	0.7849	0.9135	0.8249
		R ²	0.3304	0.1413	0.9134	0.7814	0.9259	0.8518
		KGE	0.3310	0.1256	0.9280	0.8613	0.9538	0.9152
		MSE	65.3288	61.7911	0.6812	0.9449	0.3778	0.5158
		RMSE	8.0826	7.8607	0.8254	0.9721	0.6146	0.7182
		MAE	1.1211	0.9955	0.2271	0.2479	0.1905	0.2304
	SGDM	NSE	0.1457	0.0522	0.8828	0.7061	0.9087	0.8164
		R ²	0.2371	0.0763	0.8837	0.7104	0.9078	0.8151
		KGE	0.1595	-0.0247	0.8916	0.8026	0.9301	0.8795
		MSE	72.0184	63.8776	0.9362	1.2910	0.3990	0.5408
		RMSE	8.4864	7.9923	0.9676	1.1362	0.6317	0.7354
		MAE	1.8178	1.5751	0.3503	0.3984	0.2243	0.2638

Çizelge 4.8. Ağva Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			90					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Ağva Deresi (D08A071)	ADAM	NSE	0.5279	0.4410	0.9151	0.7853	0.9295	0.8577
		R ²	0.5335	0.4558	0.9183	0.7937	0.9302	0.8603
		KGE	0.5880	0.6157	0.9453	0.8763	0.9472	0.9118
		MSE	40.0039	38.5455	0.6801	0.9622	0.3089	0.4267
		RMSE	6.3249	6.2085	0.8247	0.9809	0.5558	0.6532
		MAE	0.9230	1.0506	0.2097	0.2356	0.1655	0.1933
	RMSprop	NSE	0.2644	0.1012	0.9150	0.7817	0.9231	0.8432
		R ²	0.2511	0.0846	0.9153	0.7861	0.9230	0.8430
		KGE	0.0923	-0.0787	0.9396	0.8710	0.9357	0.8955
		MSE	62.3309	61.9730	0.6812	0.9786	0.3369	0.4703
		RMSE	7.8950	7.8723	0.8253	0.9892	0.5804	0.6858
		MAE	1.3292	1.2838	0.2370	0.2629	0.1753	0.2097
	SGDM	NSE	0.2207	0.0730	0.8864	0.7189	0.9093	0.8175
		R ²	0.2416	0.0816	0.8827	0.7117	0.9107	0.8211
		KGE	0.1596	-0.0412	0.9016	0.8032	0.9309	0.8800
		MSE	66.0363	63.9130	0.9102	1.2599	0.3974	0.5475
		RMSE	8.1263	7.9946	0.9540	1.1224	0.6304	0.7399
		MAE	1.2948	1.2308	0.3287	0.3691	0.2195	0.2574

Çizelge 4.9. Ağva Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			120					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Ağva Deresi (D08A071)	ADAM	NSE	0.5059	0.4366	0.9118	0.7750	0.9194	0.8383
		R ²	0.5089	0.4560	0.9168	0.7919	0.9229	0.8463
		KGE	0.4865	0.4969	0.9489	0.8798	0.9503	0.9042
		MSE	42.0858	39.7632	0.7097	1.0323	0.3542	0.4964
		RMSE	6.4874	6.3058	0.8424	1.0160	0.5951	0.7045
		MAE	0.7009	0.8271	0.2601	0.2968	0.2083	0.2486
	RMSprop	NSE	0.2781	0.1085	0.9092	0.7663	0.9230	0.8428
		R ²	0.3285	0.1410	0.9132	0.7797	0.9217	0.8413
		KGE	0.3130	0.1419	0.9304	0.8620	0.9473	0.9026
		MSE	61.4942	62.9153	0.7306	1.0721	0.3382	0.4826
		RMSE	7.8418	7.9319	0.8548	1.0354	0.5816	0.6947
		MAE	1.2648	1.2487	0.2771	0.3173	0.1750	0.2098
	SGDM	NSE	0.1770	0.0583	0.8854	0.7169	0.9079	0.8160
		R ²	0.2537	0.0871	0.8839	0.7161	0.9102	0.8201
		KGE	0.2144	-0.0054	0.8890	0.8005	0.9293	0.8799
		MSE	70.1090	66.4604	0.9218	1.2987	0.4046	0.5646
		RMSE	8.3731	8.1523	0.9601	1.1396	0.6361	0.7514
		MAE	1.8827	1.7682	0.3301	0.3758	0.2177	0.2575

Ulupınar Deresi için LSTM modelinin performans sonuçlarına bakıldığında (Şekil 4.10-4.13) modelin genel olarak iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Winsorize %0 alındığı durumda model sonuçlarının gerçeği yansıttığı doğruluğun yüksek olduğu görülmektedir diğer akarsuların sonuçları ile kıyaslandığı zaman değer aralığının küçük olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Veri setinin yeterli büyüklükte olmamasından dolayı modelin yeterince eğitilemediği ve bundan dolayı test performanslarının train performansından yüksek çıktığı düşünülmektedir. Winsorize %2.5 ve 5 sütununa bakıldığında 3 iyileştiricinin de iyi sonuçlar verdiği ancak yukarıdan aşağı doğru yeşil renklerin azaldığı sarı renklerin arttığı görülmektedir buradan Ulupınar Deresinde en iyi performansın Adam ve RMSprop sonrasında da SGDM ile elde edildiği çıkarılabilir.

Çizelge 4.10. Ulupınar Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			30					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Ulupınar Deresi (E09A029)	ADAM	NSE	0.7259	0.8093	0.8848	0.9430	0.9140	0.9558
		R ²	0.7268	0.8156	0.8875	0.9454	0.9130	0.9555
		KGE	0.7884	0.8001	0.9107	0.9331	0.9155	0.9278
		MSE	0.4748	0.9631	0.1453	0.1514	0.0936	0.0848
		RMSE	0.6890	0.9814	0.3812	0.3891	0.3060	0.2912
		MAE	0.1409	0.1946	0.1246	0.1417	0.1044	0.1020
	RMSprop	NSE	0.6772	0.7448	0.8878	0.9452	0.9144	0.9552
		R ²	0.6459	0.7218	0.8883	0.9455	0.9149	0.9555
		KGE	0.6898	0.7227	0.9259	0.9505	0.9424	0.9617
		MSE	0.5591	1.2888	0.1415	0.1457	0.0932	0.0859
		RMSE	0.7477	1.1353	0.3762	0.3817	0.3052	0.2930
		MAE	0.2200	0.2930	0.1107	0.1248	0.0926	0.0951
	SGDM	NSE	0.6008	0.6848	0.8264	0.9039	0.8624	0.9171
		R ²	0.6087	0.6951	0.8322	0.9131	0.8821	0.9322
		KGE	0.6576	0.7036	0.8647	0.8752	0.9031	0.9153
		MSE	0.6916	1.5914	0.2190	0.2552	0.1498	0.1589
		RMSE	0.8316	1.2615	0.4679	0.5052	0.3871	0.3986
		MAE	0.2420	0.3416	0.1595	0.2076	0.1421	0.1735

Çizelge 4.11. Ulupınar Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			60					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Ulupınar Deresi (E09A029)	ADAM	NSE	0.7236	0.8068	0.8882	0.9442	0.9135	0.9544
		R ²	0.7287	0.8088	0.8863	0.9438	0.9130	0.9544
		KGE	0.8105	0.8184	0.9201	0.9456	0.9346	0.9534
		MSE	0.4826	1.0012	0.1421	0.1509	0.0948	0.0886
		RMSE	0.6947	1.0006	0.3769	0.3885	0.3079	0.2976
		MAE	0.1578	0.2160	0.1230	0.1365	0.1004	0.1003
	RMSprop	NSE	0.6586	0.7212	0.8877	0.9429	0.9140	0.9540
		R ²	0.6661	0.7333	0.8869	0.9437	0.9144	0.9540
		KGE	0.7253	0.7535	0.9112	0.9313	0.9471	0.9673
		MSE	0.5962	1.4447	0.1427	0.1544	0.0943	0.0894
		RMSE	0.7721	1.2020	0.3777	0.3929	0.3071	0.2990
		MAE	0.1928	0.2896	0.1081	0.1311	0.0956	0.0962
	SGDM	NSE	0.6055	0.6832	0.8411	0.9114	0.8736	0.9229
		R ²	0.5955	0.6807	0.8317	0.9109	0.8778	0.9273
		KGE	0.6425	0.6927	0.8639	0.8808	0.9003	0.9086
		MSE	0.6887	1.6415	0.2019	0.2396	0.1386	0.1497
		RMSE	0.8299	1.2812	0.4493	0.4895	0.3723	0.3870
		MAE	0.2532	0.3560	0.1503	0.1954	0.1328	0.1651

Çizelge 4.12. Ulupınar Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			90					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Ulupınar Deresi (E09A029)	ADAM	NSE	0.7222	0.8009	0.8885	0.9416	0.9172	0.9534
		R ²	0.7333	0.8067	0.8915	0.9431	0.9183	0.9537
		KGE	0.8134	0.8068	0.9261	0.9552	0.9288	0.9403
		MSE	0.4881	1.0630	0.1424	0.1616	0.0912	0.0924
		RMSE	0.6987	1.0310	0.3773	0.4020	0.3021	0.3040
		MAE	0.1660	0.2231	0.1222	0.1432	0.1144	0.1157
	RMSprop	NSE	0.7079	0.7678	0.8919	0.9421	0.9202	0.9532
		R ²	0.6676	0.7277	0.8893	0.9417	0.9197	0.9533
		KGE	0.7484	0.7823	0.9100	0.9292	0.9473	0.9621
		MSE	0.5134	1.2396	0.1380	0.1601	0.0879	0.0927
		RMSE	0.7165	1.1134	0.3715	0.4001	0.2965	0.3045
		MAE	0.1740	0.2570	0.1056	0.1323	0.1028	0.1079
	SGDM	NSE	0.6046	0.6760	0.8439	0.9073	0.8862	0.9278
		R ²	0.6040	0.6811	0.8463	0.9149	0.8869	0.9298
		KGE	0.6606	0.7051	0.8816	0.9059	0.9085	0.9197
		MSE	0.6949	1.7297	0.1994	0.2562	0.1254	0.1432
		RMSE	0.8336	1.3152	0.4465	0.5061	0.3542	0.3784
		MAE	0.2679	0.3827	0.1555	0.2120	0.1322	0.1629

Çizelge 4.13. Ulupınar Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			120					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Ulupınar Deresi (E09A029)	ADAM	NSE	0.7551	0.8166	0.8946	0.9615	0.9214	0.9679
		R ²	0.7615	0.8199	0.8968	0.9628	0.9205	0.9687
		KGE	0.8322	0.8187	0.9217	0.9497	0.9489	0.9734
		MSE	0.3979	0.9915	0.1321	0.1065	0.0858	0.0638
		RMSE	0.6308	0.9957	0.3635	0.3263	0.2930	0.2527
		MAE	0.1472	0.1974	0.1218	0.1322	0.0909	0.0943
	RMSprop	NSE	0.7102	0.7509	0.8961	0.9623	0.9231	0.9675
		R ²	0.6902	0.7346	0.8969	0.9623	0.9226	0.9677
		KGE	0.7581	0.7834	0.9297	0.9539	0.9494	0.9700
		MSE	0.4709	1.3469	0.1304	0.1043	0.0840	0.0647
		RMSE	0.6862	1.1605	0.3611	0.3229	0.2898	0.2545
		MAE	0.2151	0.2866	0.1056	0.1138	0.0975	0.0946
	SGDM	NSE	0.6359	0.6876	0.8353	0.9310	0.8928	0.9540
		R ²	0.6376	0.6944	0.8455	0.9425	0.8895	0.9533
		KGE	0.6889	0.7007	0.8793	0.9070	0.9198	0.9368
		MSE	0.5917	1.6886	0.2065	0.1910	0.1170	0.0916
		RMSE	0.7692	1.2995	0.4544	0.4371	0.3420	0.3026
		MAE	0.2357	0.3481	0.1571	0.1952	0.1233	0.1358

Çandır Deresi için LSTM modelinin performans sonuçlarına bakıldığında (Şekil 4.14-4.17) winsorize %0 için modelin Adam, RMSprop ve SGDM optimizasyon yöntemi ile akım tahmin sonuçlarının gerçeği yansıtmadığı görülmektedir. Winsorize %2.5 ve 5 sütunlarına bakıldığında hepsinin iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. En iyi sonuçlar Adam iyileştiricisi ile 60 ve 90 gün hafıza süresi olan durumlar olduğu görülmektedir. Çandır Deresinde en iyi performansın Adam ve RMSprop sonrasında da SGDM ile elde edildiği çıkarılabilir.

Çizelge 4.14. Çandır Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			30					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Çandır Deresi (D09A095)	ADAM	NSE	0.6467	0.4903	0.8636	0.7777	0.8974	0.8581
		R ²	0.6693	0.4860	0.8628	0.7849	0.8994	0.8560
		KGE	0.6705	0.5639	0.8823	0.8535	0.9116	0.9028
		MSE	8.3907	2.9518	0.6719	0.6051	0.3038	0.2957
		RMSE	2.8967	1.7181	0.8197	0.7779	0.5511	0.5438
		MAE	0.5655	0.3506	0.2774	0.2690	0.1904	0.2009
	RMSprop	NSE	0.6231	0.4373	0.8497	0.7717	0.8939	0.8517
		R ²	0.6493	0.4685	0.8509	0.7759	0.8924	0.8506
		KGE	0.7057	0.6148	0.8743	0.8388	0.9218	0.9018
		MSE	8.9498	3.2588	0.7403	0.6212	0.3140	0.3089
		RMSE	2.9916	1.8052	0.8604	0.7882	0.5604	0.5558
		MAE	0.8035	0.5770	0.2469	0.2263	0.1903	0.2037
	SGDM	NSE	0.4112	0.3621	0.8221	0.7592	0.8740	0.8381
		R ²	0.4153	0.3698	0.8206	0.7586	0.8748	0.8385
		KGE	0.4611	0.4167	0.8625	0.8251	0.9042	0.8834
		MSE	13.9841	3.6940	0.8767	0.6554	0.3728	0.3373
		RMSE	3.7395	1.9220	0.9363	0.8095	0.6106	0.5807
		MAE	0.7619	0.4495	0.3607	0.3239	0.2286	0.2361

Çizelge 4.15. Çandır Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			60					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Çandır Deresi (D09A095)	ADAM	NSE	0.6649	0.4885	0.8617	0.7892	0.8981	0.8605
		R ²	0.6643	0.4760	0.8637	0.7871	0.8984	0.8598
		KGE	0.6786	0.5856	0.8945	0.8612	0.9254	0.9138
		MSE	7.9885	3.0086	0.6831	0.5814	0.3020	0.2942
		RMSE	2.8264	1.7345	0.8265	0.7625	0.5496	0.5424
		MAE	0.5619	0.3577	0.2712	0.2601	0.1807	0.1905
	RMSprop	NSE	0.6286	0.4464	0.8504	0.7782	0.8924	0.8556
		R ²	0.6476	0.4681	0.8528	0.7821	0.8937	0.8571
		KGE	0.7198	0.6206	0.8984	0.8650	0.9304	0.9138
		MSE	8.8531	3.2562	0.7389	0.6118	0.3191	0.3047
		RMSE	2.9754	1.8045	0.8596	0.7822	0.5649	0.5520
		MAE	0.5758	0.3594	0.2745	0.2437	0.1845	0.1906
	SGDM	NSE	0.4142	0.3693	0.8163	0.7560	0.8752	0.8425
		R ²	0.4258	0.3725	0.8241	0.7636	0.8737	0.8409
		KGE	0.4772	0.4244	0.8665	0.8321	0.9069	0.8877
		MSE	13.9634	3.7096	0.9073	0.6729	0.3701	0.3322
		RMSE	3.7368	1.9260	0.9525	0.8203	0.6083	0.5764
		MAE	0.7941	0.4753	0.3825	0.3428	0.2198	0.2246

Çizelge 4.16. Çandır Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			90					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Çandır Deresi (D09A095)	ADAM	NSE	0.6627	0.4886	0.8623	0.7835	0.8980	0.8640
		R ²	0.6699	0.4893	0.8625	0.7846	0.8981	0.8621
		KGE	0.6852	0.5890	0.8952	0.8632	0.9339	0.9189
		MSE	8.0717	3.0563	0.6824	0.6054	0.3034	0.2905
		RMSE	2.8411	1.7482	0.8261	0.7781	0.5508	0.5390
		MAE	0.6533	0.4430	0.2659	0.2414	0.2108	0.2181
	RMSprop	NSE	0.6306	0.4508	0.8507	0.7795	0.8930	0.8586
		R ²	0.6405	0.4623	0.8502	0.7791	0.8934	0.8583
		KGE	0.6812	0.5959	0.8976	0.8600	0.9229	0.9083
		MSE	8.8400	3.2819	0.7399	0.6165	0.3182	0.3018
		RMSE	2.9732	1.8116	0.8602	0.7852	0.5641	0.5494
		MAE	0.6292	0.4063	0.2955	0.2657	0.1905	0.1960
	SGDM	NSE	0.4218	0.3698	0.8167	0.7594	0.8738	0.8441
		R ²	0.4005	0.3715	0.8196	0.7619	0.8769	0.8470
		KGE	0.4400	0.4157	0.8495	0.8173	0.9009	0.8843
		MSE	13.8377	3.7664	0.9080	0.6728	0.3754	0.3330
		RMSE	3.7199	1.9407	0.9529	0.8202	0.6127	0.5771
		MAE	0.9179	0.5931	0.3199	0.2731	0.2197	0.2215

Çizelge 4.17. Çandır Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			120					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Çandır Deresi (D09A095)	ADAM	NSE	0.6551	0.4791	0.8628	0.7854	0.8975	0.8636
		R ²	0.6586	0.4901	0.8596	0.7949	0.8909	0.8583
		KGE	0.7049	0.6253	0.9040	0.8774	0.9215	0.9055
		MSE	8.2855	3.1668	0.6819	0.6099	0.3057	0.2959
		RMSE	2.8785	1.7796	0.8258	0.7810	0.5529	0.5440
		MAE	0.7439	0.5268	0.2904	0.2732	0.2072	0.2128
	RMSprop	NSE	0.6071	0.4377	0.8507	0.7811	0.8924	0.8581
		R ²	0.6476	0.4675	0.8519	0.7836	0.8914	0.8573
		KGE	0.7095	0.6157	0.8994	0.8647	0.9244	0.9076
		MSE	9.4389	3.4188	0.7421	0.6222	0.3209	0.3078
		RMSE	3.0723	1.8490	0.8614	0.7888	0.5664	0.5548
		MAE	0.6071	0.3748	0.2604	0.2280	0.1878	0.1937
	SGDM	NSE	0.4213	0.3681	0.8212	0.7641	0.8757	0.8468
		R ²	0.4199	0.3721	0.8198	0.7632	0.8749	0.8463
		KGE	0.4595	0.4239	0.8646	0.8306	0.9044	0.8887
		MSE	13.9036	3.8417	0.8884	0.6704	0.3706	0.3322
		RMSE	3.7288	1.9600	0.9426	0.8188	0.6087	0.5764
		MAE	0.9312	0.6080	0.3116	0.2669	0.2408	0.2421

Doyran Deresi LSTM modelinin performans sonuçlarına bakıldığında (Şekil 4.18-4.21) winsorize %0 için Adam ve RMSprop iyileştiricilerinin kabul edilebilir değerler verdiği SGDM'nin ise gerçeği yansıtmadığı görülmektedir. Winsorize %0 için test sonuçlarının train sonuçlarına göre daha iyi olduğu ancak winsorize %2.5 ve 5'de bunun düzeldiği görülmektedir bunun sebebinin Doyran Deresindeki sıfır akımlar olduğu düşünülmektedir. Winsorize işlemi ile bu sıfır akımların dikkate alınmamasından dolayı değerlerin düzeldiği düşünülmektedir. Winsorize %2.5 ve 5 sütununa bakıldığında 3 iyileştiricinin de iyi sonuçlar verdiği ancak yukarıdan aşağı doğru bakıldığında yeşil renklerin azaldığı sarı renklerin arttığı görülmektedir buradan Doyran Deresinde en iyi performansın Adam sonra RMSprop sonrasında da SGDM ile elde edildiği çıkarılabilir.

Çizelge 4.18. Doyran Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			30					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Doyran Deresi (D09A111)	ADAM	NSE	0.6208	0.7537	0.9314	0.8988	0.9399	0.9226
		R ²	0.6341	0.7619	0.9309	0.8983	0.9381	0.9207
		KGE	0.7070	0.8295	0.9523	0.9322	0.9492	0.9324
		MSE	0.7625	0.2359	0.0752	0.0729	0.0499	0.0498
		RMSE	0.8732	0.4857	0.2743	0.2701	0.2234	0.2232
		MAE	0.1649	0.1204	0.0942	0.0884	0.0826	0.0809
	RMSprop	NSE	0.5493	0.6514	0.9251	0.8925	0.9353	0.9182
		R ²	0.5639	0.6762	0.9250	0.8909	0.9364	0.9198
		KGE	0.6170	0.7076	0.9443	0.9248	0.9354	0.9286
		MSE	0.9062	0.3339	0.0821	0.0775	0.0537	0.0527
		RMSE	0.9520	0.5778	0.2865	0.2784	0.2318	0.2295
		MAE	0.2471	0.1929	0.1014	0.0921	0.0802	0.0794
	SGDM	NSE	0.5234	0.6112	0.9070	0.8644	0.9213	0.8948
		R ²	0.5173	0.6050	0.9060	0.8629	0.9215	0.8944
		KGE	0.5935	0.6724	0.9275	0.9086	0.9376	0.9270
		MSE	0.9584	0.3724	0.1019	0.0977	0.0653	0.0678
		RMSE	0.9790	0.6102	0.3193	0.3126	0.2556	0.2603
		MAE	0.2880	0.2245	0.1228	0.1131	0.1076	0.1086

Çizelge 4.19. Doyran Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			60					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Doyran Deresi (D09A111)	ADAM	NSE	0.6338	0.7627	0.9272	0.8907	0.9383	0.9203
		R ²	0.6377	0.7630	0.9300	0.8958	0.9405	0.9224
		KGE	0.6886	0.8135	0.9408	0.9173	0.9492	0.9349
		MSE	0.7393	0.2304	0.0801	0.0798	0.0515	0.0519
		RMSE	0.8598	0.4800	0.2830	0.2825	0.2269	0.2279
		MAE	0.1626	0.1250	0.0959	0.0898	0.0866	0.0881
	RMSprop	NSE	0.5640	0.6733	0.9279	0.8945	0.9355	0.9188
		R ²	0.5588	0.6656	0.9276	0.8941	0.9367	0.9199
		KGE	0.6198	0.7102	0.9233	0.9094	0.9444	0.9339
		MSE	0.8803	0.3173	0.0793	0.0770	0.0538	0.0529
		RMSE	0.9382	0.5633	0.2816	0.2774	0.2319	0.2301
		MAE	0.2340	0.1837	0.0945	0.0872	0.0819	0.0791
	SGDM	NSE	0.5290	0.6182	0.9068	0.8630	0.9207	0.8925
		R ²	0.5207	0.6072	0.9062	0.8621	0.9216	0.8942
		KGE	0.5958	0.6718	0.9260	0.9074	0.9403	0.9277
		MSE	0.9510	0.3708	0.1025	0.1000	0.0661	0.0701
		RMSE	0.9752	0.6089	0.3202	0.3162	0.2571	0.2647
		MAE	0.2653	0.2041	0.1256	0.1180	0.1030	0.1058

Çizelge 4.20. Doyran Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			90					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Doyran Deresi (D09A111)	ADAM	NSE	0.6291	0.7548	0.9281	0.8918	0.9413	0.9241
		R ²	0.6255	0.7557	0.9294	0.8948	0.9411	0.9241
		KGE	0.6776	0.7888	0.9421	0.9228	0.9529	0.9430
		MSE	0.7520	0.2417	0.0794	0.0801	0.0491	0.0501
		RMSE	0.8672	0.4916	0.2818	0.2830	0.2216	0.2239
		MAE	0.1853	0.1489	0.1032	0.1009	0.0813	0.0824
	RMSprop	NSE	0.5596	0.6656	0.9272	0.8934	0.9356	0.9196
		R ²	0.5409	0.6352	0.9265	0.8928	0.9358	0.9188
		KGE	0.6002	0.6771	0.9466	0.9242	0.9562	0.9450
		MSE	0.8928	0.3297	0.0804	0.0788	0.0539	0.0531
		RMSE	0.9449	0.5742	0.2835	0.2808	0.2321	0.2304
		MAE	0.2398	0.1901	0.1018	0.0962	0.0854	0.0836
	SGDM	NSE	0.5178	0.6014	0.9040	0.8587	0.9218	0.8952
		R ²	0.5211	0.6072	0.9071	0.8632	0.9225	0.8960
		KGE	0.5976	0.6686	0.9187	0.8998	0.9271	0.9182
		MSE	0.9777	0.3929	0.1060	0.1046	0.0654	0.0692
		RMSE	0.9888	0.6268	0.3256	0.3234	0.2558	0.2631
		MAE	0.3016	0.2408	0.1335	0.1269	0.1002	0.1018

Çizelge 4.21. Doyran Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			120					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Doyran Deresi (D09A111)	ADAM	NSE	0.6371	0.7588	0.9299	0.8921	0.9389	0.9190
		R ²	0.6363	0.7624	0.9283	0.8898	0.9411	0.9214
		KGE	0.7096	0.8330	0.9484	0.9260	0.9540	0.9429
		MSE	0.7389	0.2413	0.0777	0.0809	0.0513	0.0542
		RMSE	0.8596	0.4913	0.2788	0.2845	0.2264	0.2328
		MAE	0.1869	0.1551	0.0978	0.0966	0.0807	0.0851
	RMSprop	NSE	0.5635	0.6710	0.9292	0.8943	0.9359	0.9162
		R ²	0.5651	0.6726	0.9274	0.8913	0.9376	0.9187
		KGE	0.6315	0.7226	0.9335	0.9174	0.9379	0.9288
		MSE	0.8887	0.3292	0.0785	0.0793	0.0538	0.0560
		RMSE	0.9427	0.5738	0.2801	0.2816	0.2320	0.2367
		MAE	0.2218	0.1708	0.0926	0.0865	0.0847	0.0851
	SGDM	NSE	0.5278	0.6135	0.9067	0.8595	0.9216	0.8917
		R ²	0.5244	0.6091	0.9077	0.8620	0.9235	0.8943
		KGE	0.5932	0.6675	0.9319	0.9098	0.9309	0.9188
		MSE	0.9614	0.3867	0.1035	0.1053	0.0658	0.0725
		RMSE	0.9805	0.6219	0.3216	0.3246	0.2566	0.2692
		MAE	0.2799	0.2224	0.1348	0.1316	0.0997	0.1026

Karaman Deresi LSTM modelinin performans sonuçlarına bakıldığında (Şekil 4.22-4.25) winsorize %0 için Adam, RMSprop ve SGDM ile elde edilen sonuçlar gerçeği yansıtmamaktadır ve test sonuçları train sonuçlarından yüksek olduğu görülmektedir. Test sonuçlarının train sonuçlarından yüksek olmasının nedeninin sıfır akımlar olduğu düşünülmektedir. Winsorize %2.5 ve 5 için model iyi performans göstermektedir. Adam ve RMSprop 60 gün hafızalı sonuçların diğerlerine nazaran daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Karaman Deresinde en iyi performansın Adam sonra RMSprop sonrasında SGDM ile elde edildiği çıkarılabilir.

Çizelge 4.22. Karaman Deresi 30 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			30					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Karaman Deresi (D09A031)	ADAM	NSE	0.4425	0.6525	0.9321	0.9377	0.9413	0.9688
		R ²	0.4480	0.6567	0.9379	0.9432	0.9419	0.9702
		KGE	0.5095	0.6878	0.9410	0.9452	0.9226	0.9322
		MSE	15.7932	2.2248	0.1866	0.2349	0.1134	0.0815
		RMSE	3.9741	1.4916	0.4319	0.4847	0.3367	0.2856
		MAE	0.4695	0.2455	0.1505	0.1326	0.1179	0.0869
	RMSprop	NSE	0.3503	0.5606	0.9361	0.9422	0.9393	0.9663
		R ²	0.3579	0.5813	0.9366	0.9423	0.9418	0.9696
		KGE	0.3848	0.5680	0.9183	0.9238	0.9297	0.9390
		MSE	18.4041	2.8132	0.1756	0.2179	0.1173	0.0883
		RMSE	4.2900	1.6773	0.4190	0.4668	0.3425	0.2971
		MAE	0.5680	0.3546	0.1243	0.0981	0.1259	0.0984
	SGDM	NSE	0.3045	0.4670	0.9017	0.9320	0.8902	0.9497
		R ²	0.3446	0.5520	0.8912	0.9239	0.9168	0.9656
		KGE	0.2744	0.4360	0.9076	0.9213	0.9081	0.9201
		MSE	19.7038	3.4130	0.2703	0.2562	0.2120	0.1316
		RMSE	4.4389	1.8474	0.5199	0.5062	0.4604	0.3628
		MAE	0.6500	0.4694	0.1771	0.1377	0.1934	0.1390

Çizelge 4.23. Karaman Deresi 60 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			60					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Karaman Deresi (D09A031)	ADAM	NSE	0.4575	0.6401	0.9344	0.9393	0.9415	0.9697
		R ²	0.4537	0.6393	0.9392	0.9424	0.9430	0.9706
		KGE	0.5408	0.7137	0.9455	0.9498	0.9176	0.9235
		MSE	15.4849	2.3766	0.1814	0.2356	0.1136	0.0817
		RMSE	3.9351	1.5416	0.4259	0.4854	0.3371	0.2858
		MAE	0.5056	0.2836	0.1389	0.1181	0.1075	0.0708
	RMSprop	NSE	0.3533	0.5663	0.9363	0.9425	0.9414	0.9692
		R ²	0.3549	0.5730	0.9361	0.9425	0.9418	0.9697
		KGE	0.3148	0.4898	0.9346	0.9405	0.9365	0.9467
		MSE	18.4608	2.8640	0.1763	0.2232	0.1138	0.0830
		RMSE	4.2966	1.6923	0.4199	0.4724	0.3373	0.2881
		MAE	0.5493	0.3155	0.1214	0.0945	0.1086	0.0718
	SGDM	NSE	0.0574	0.0777	0.9004	0.9316	0.9151	0.9642
		R ²	0.3435	0.5558	0.8752	0.9105	0.9118	0.9636
		KGE	0.3018	0.4723	0.8814	0.8987	0.9205	0.9390
		MSE	26.9069	6.0915	0.2754	0.2657	0.1648	0.0967
		RMSE	5.1872	2.4681	0.5248	0.5154	0.4060	0.3109
		MAE	1.2492	1.0923	0.1833	0.1431	0.1518	0.0947

Çizelge 4.24. Karaman Deresi 90 gün hafızalı performans istatistikleri

İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			90					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Karaman Deresi (D09A031)	ADAM	NSE	0.4504	0.6291	0.9352	0.9381	0.9426	0.9670
		R ²	0.4468	0.6491	0.9397	0.9419	0.9447	0.9700
		KGE	0.4884	0.6458	0.9254	0.9220	0.9256	0.9339
		MSE	15.8102	2.5246	0.1802	0.2473	0.1120	0.0916
		RMSE	3.9762	1.5889	0.4246	0.4973	0.3347	0.3026
		MAE	0.4746	0.2737	0.1386	0.1194	0.1228	0.0961
	RMSprop	NSE	0.3253	0.4930	0.9383	0.9421	0.9423	0.9668
		R ²	0.3575	0.5750	0.9387	0.9419	0.9443	0.9687
		KGE	0.3641	0.5365	0.9341	0.9390	0.8567	0.8617
		MSE	19.4098	3.4512	0.1716	0.2315	0.1126	0.0920
		RMSE	4.4057	1.8577	0.4142	0.4812	0.3356	0.3033
		MAE	0.7525	0.5671	0.1211	0.0965	0.1156	0.0848
	SGDM	NSE	0.3372	0.5330	0.8865	0.9188	0.9180	0.9646
		R ²	0.3477	0.5601	0.9056	0.9339	0.9193	0.9660
		KGE	0.3516	0.5284	0.9175	0.9323	0.9390	0.9591
		MSE	19.0667	3.1792	0.3160	0.3244	0.1601	0.0982
		RMSE	4.3665	1.7830	0.5621	0.5695	0.4001	0.3134
		MAE	0.5867	0.3613	0.2066	0.1683	0.1568	0.1021

Çizelge 4.25. Karaman Deresi 120 gün hafızalı performans istatistikleri

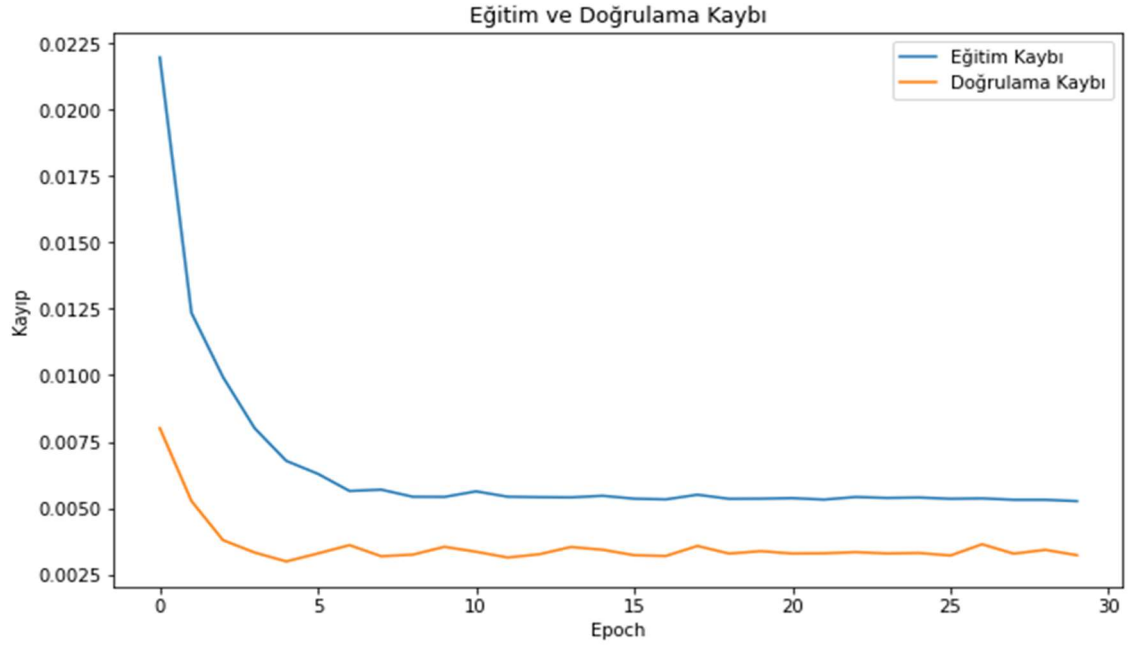
İstasyon Adı	Yöntem		Hafıza Süresi					
			120					
			Min-Max Değerlerin Sınırlandırılması					
			0%		2.5%		5%	
			Train	Test	Train	Test	Train	Test
Karaman Deresi (D09A031)	ADAM	NSE	0.4524	0.6381	0.9409	0.9421	0.9462	0.9672
		R ²	0.4480	0.6423	0.9424	0.9379	0.9480	0.9699
		KGE	0.4939	0.6379	0.9290	0.9235	0.9522	0.9627
		MSE	15.8768	2.5341	0.1651	0.2371	0.1053	0.0932
		RMSE	3.9846	1.5919	0.4064	0.4869	0.3246	0.3053
		MAE	0.4255	0.2707	0.1237	0.1061	0.1128	0.0881
	RMSprop	NSE	0.3415	0.5309	0.9370	0.9382	0.9414	0.9627
		R ²	0.3545	0.5691	0.9404	0.9406	0.9473	0.9689
		KGE	0.3659	0.5480	0.9134	0.9159	0.9503	0.9585
		MSE	19.0894	3.2850	0.1761	0.2533	0.1148	0.1061
		RMSE	4.3691	1.8125	0.4197	0.5032	0.3388	0.3257
		MAE	0.5775	0.3944	0.1344	0.1166	0.1313	0.1109
	SGDM	NSE	0.1093	0.1506	0.9062	0.9320	0.9232	0.9650
		R ²	0.2256	0.4742	0.8556	0.8793	0.9228	0.9656
		KGE	-0.9452	-1.0944	0.9514	0.9651	0.9456	0.9644
		MSE	25.8212	5.9476	0.2623	0.2788	0.1503	0.0994
		RMSE	5.0815	2.4388	0.5121	0.5280	0.3877	0.3153
		MAE	1.1820	1.0831	0.1732	0.1400	0.1515	0.1023

LSTM modeli ile akım tahmininde kullanılan AGİ'ler ile ilgi veriler ve bu verilerle ilişkili olduğu düşünülen sonuçlar Çizelge 4.26'da verilmiştir. Değerler daha iyi anlaşılması için kendi arasında kıyaslanarak iyi değerler yeşil, ara değerler sarı ve kötü değerler kırmızı olacak şekilde renklendirilmiştir. Çizelge 4.26'da görüleceği üzere model winsorize %0 için değer aralığı düşük olan Ulupınar ve Doyran derelerinde iyi sonuç vermiştir. Çandır Deresinde Ulupınar Deresine göre veri sayısı çok olmasına rağmen Ulupınar Deresinin değer aralığı az olduğu için Ulupınar Deresinin model performansı iyi çıkmıştır. Buradan aykırı değerlerin model performansını doğrudan etkilediği anlaşılmaktadır. Doyran Deresinin sadece winsorize %0 için Ulupınar ve Karaman derelerinde ise bütün değerlerde test sonuçları train sonuçlarından iyi gelmiştir. Doyran Deresine bakıldığında winsorize %0 için test değerleri train değerlerinden iyiyken %2.5 ve %5'te değerler düzelmiş train testten daha iyi olmuştur. Burada winsorize %0 için veri kümesinde bulunan sıfır değerleri sonuçları bozarken winsorize %2.5 ve %5'te veri kümesinden çıkarılan sıfır değerleri ile sonuçların düzeldiği düşünülmektedir. Karaman Deresinde ise bulunan sıfır değerlerinin fazlalığından dolayı winsorize işlemi ile sıfır olan değerlerin tamamının veri

kümesinden çıkarılamadığı bundan dolayı tüm sonuçlarda test değerlerinin train değerlerinden daha iyi olduğu düşünülmektedir. Ulupınar Deresi ile Doyran Deresi karşılaştırıldığında Ulupınar Deresinin veri sayısının az olmasından dolayı test değerlerinin train değerlerinden iyi geldiği ve test bölümünde de eğitimin devam ettiği düşünülmektedir. Şekil 4.6'da LSTM model parametrelerinden olan epoch değerine göre modeldeki kayıp miktarının değişimi görülmektedir. Modeldeki kayıp miktarı genellikle belirli bir epoch değerinden sonra çok ufak düzeylere inmektedir. Epoch parametresinin belirli bir değerden sonra sonuç üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.26. LSTM modelinin değerlendirilmesi

	Veri Sayısı	Sıfır Akım	Akım olan gün sayısı	En Büyük-En Küçük Değer	Winsorize %0 için model performansı	Test>Train
Ağva Deresi	6939	0	6939	450.93	Kötü	Yok
Ulupınar Deresi	3652	0	3652	20.55	İyi	Var
Çandır Deresi	8766	0	8766	100.96	Kötü	Yok
Doyran Deresi	7670	255	7415	37.1	İyi	Sadece w0
Karaman Deresi	4748	1531	3217	150	Kötü	Var
	Uzun	Yok	Çok	Kısa		
	Orta	Az	-	Orta		
	Kısa	Çok	Az	Uzun		



Şekil 4.6. LSTM modeli epoch değerine göre kayıp miktarındaki değişim

5. SONUÇLAR

Batı Akdeniz Havzasında bulunan Ağva ve Ulupınar; Antalya Havzasında bulunan Çandır, Doyran ve Karaman derelerinin CBS tabanlı bir program olan NetHydro ile hidrolojik havza analizi, taşkın debi hesabı ve makine öğrenmesi yolu olan LSTM modeli ile günlük verilerden akım tahmini yapılmıştır. Akarsu taşkın debileri CBS tabanlı bir program olan NetHydro kullanılarak 4 farklı yöntem ve AGİ verileri kullanılarak istatistiksel bir program aracılığıyla hesaplanmıştır. Akarsu havza alanları 10-1000 km² aralığında olup hesap kriterlerine göre DSİ sentetik ve SCS birim hidrograf yöntemleri önerilmektedir. Mockus yöntemi ile elde edilen taşkın debileri çok yüksek ve istatistiksel olarak hesaplanan taşkın debileri ise çok düşük çıkmaktadır. Çalışma alanında Mockus ve istatistiksel yöntemin kullanılamayacağı düşünülmektedir. Snyder birim hidrograf yöntemi 1000 km²'den büyük havzalarda kullanılmakta olduğundan dolayı taşkın debilerini SCS ve DSİ sentetik birim hidrograf yöntemine göre daha düşük hesaplamakta. SCS ve DSİ sentetik birim hidrograf yöntemleri ile hesaplanan taşkın debileri incelendiğinde aralarında yaklaşık $\pm\%25$ fark olduğu görülmektedir. Çalışma alanında daha önce taşkın debisi ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında DSİ sentetik ve SCS birim hidrograf yöntemleriyle elde edilen sonuçların tutarlı olduğu ve bölgede yapılacak çalışmalarda kullanılabileceği düşünülmektedir.

NetHydro içerisinde bulunan algoritma ile sayısal yükseklik modelinin oluşturulması ve akarsu havza sınırlarının çizilmesi esnasındaki ara işlemler belirli bir akış şeması neticesinde gerçekleşmektedir. İçerisinde bulunan yağış gözlem istasyonu verileri ile veri ihtiyacı büyük ölçüde ortadan kalkmakta ve hidrolojik modelleme çalışmalarını kolaylaştırıcı etkisi bulunmaktadır.

LSTM modeli ile akım tahmininde optimizasyon yöntemi Adam, RMSprop ve SGDM; hafıza 30,60, 90 ve 120 gün; winsorize %0, 2.5 ve 5 kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde genel olarak en iyi sonuçlar Adam ile sonrasında sırasıyla RMSprop ve SGDM ile elde edilmiştir. Günlük hafıza açısından bakıldığında 60 ve 90 günlük sonuçların diğerlerine kıyasla daha iyi olduğu söylenebilir ancak tam bir tutarlılık bulunmamaktadır. Günlük hafızaya göre model sonuçlarında yaklaşık ortalama %3 değişim bulunmakta olup sonraki çalışmalarda hassasiyetle ayarlanması gerektiği düşünülmektedir.

Değer aralığının fazla olduğu ve özellikle maksimum değerlerin aykırı olduğu durumlarda LSTM modeli genel olarak günlük akım verilerini doğru tahmin etse de maksimum noktadaki hatalardan dolayı modelin bütüncül olarak değerlendirilmesinin zorlaştığı düşünülmektedir. Winsorize %0 ve 2.5 arasındaki büyük performans farklılığı bunun işaretidir. Model performans ölçümünde verilerin maksimum ve minimum %5'leri ile olağan durum denebilecek %90'ın değerlendirme ölçütlerinin ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir.

LSTM modeli günlük akımların tahmininde çok iyi sonuçlar vermekte ancak maksimum değerlerin tahmininde yetersiz kalmaktadır. Modelin maksimum değerlerinin tahmininde daha iyi sonuçlar verecek şekilde hibrit modeller veya yeni yaklaşımlar ile geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Alakbar, T. ve Burgan, H. I. 2024. Regional power duration curve model for ungauged intermittent river basins. *Journal of Water and Climate Change*, 15(9): 4596-4612.
- Altunkaynak, A. ve Başakın, E. 2018. Zaman serileri kullanılarak nehir akım tahmini ve farklı yöntemlerle karşılaştırılması. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 11(1): 92-101.
- Asaad, M. 2021. Aylık ortalama akım verilerinin yapay sinir ağları kullanılarak tahmin edilmesi. Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, 25s.
- Aydın, M. ve Bağatur, T. 2016. Nakayasu sentetik birim hidrograf metodunun Türkiye havzalarında kullanılabilirliğinin incelenmesi: Göksu Nehri Havzası örneği. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(3): 377-386.
- Bakanoğulları, F. ve Günay, S. 2011. Kırklareli Vize Deresi Havzası birim hidrograf elemanlarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2): 7-13.
- Baloch M. A. ve Tanık A. 2009. Havza modelleme: Namnam Havzası'nın sınırlarının belirlenmesi ve karakterizasyonunda BASINS uygulaması. *İTÜ dergisi*, 19(1): 85-97.
- Bantchina, B. B. 2018. Nilüfer baraj havzası için sentetik birim hidrograf ve havza parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 61s.
- Bayazıt, M., 1995. Hidroloji, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası. İstanbul, 242s.
- Bayazıt, M., 2011. Hidroloji. Birsan Yayınevi, İstanbul, 220s.
- Bhunya, P.K., Ghosh, N.C., Mishra, S.K., Ojha, C.S.P. ve Berndtsson, R. 2005. Hybrid Model for Derivation of Synthetic Unit Hydrograph. *J. Hydraulic Engineering*, 10(6): 458-467.
- Bhunya, P.K., Panda, S.N. ve Goel, M.K. 2011. Synthetic unit hydrograph methods: A critical review. *The Open Hydrology Journal*, 5(1): 1-8.
- Can, M. 2012. Yapay sinir ağları ile akım tahmini: Mahmudiye göleti örneği. Yüksek lisans tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul, 128s.
- Canik, B. 1971. Yeraltı suyu bilançosu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 76(76).
- Cho, K. ve Kim, Y. 2022. Improving streamflow prediction in the WRF-Hydro model with LSTM networks. *Journal of Hydrology*, 605, 127297.

- Chow, V.T., Maidment, D.R. ve Mays, L.W. 1988. Applied Hydrology. McGraw, Inc., New York, USA.
- Çubukçu, E. A., Demir, V. ve Sevimli, M. F. 2022. Akım Verilerinin Makine Öğrenmesi Teknikleriyle Tahmin Edilmesi. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2): 257-272.
- Demir, H. N., Korkmaz, M. S. ve Arıman, S. 2023. Akım Gözlem İstasyonlarında ANFIS Yöntemi ile Günlük Ortalama Debi Tahmini: Kızılırmak Örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(4): 2565-2582.
- Dilley, M. 2005. Natural disaster hotspots: A global risk analysis, *World Bank Publications*, 5, Washington, DC.
- Dong, L., Fang, D., Wang, X., Wei, W., Damaševičius, R., Scherer, R. ve Woźniak, M. 2020. Prediction of streamflow based on dynamic sliding window LSTM. *Water*, 12(11): 3032.
- Erkek, C. ve Ağırlioğlu, N. 2013. Su Kaynakları Mühendisliği. Beta Yayınevi, 7. Baskı, İstanbul, 394s.
- Gemici, E., Ardiçlioğlu, M. ve Kocabaş, F. 2013. Akarsularda debinin yapay zeka yöntemleri ile modellenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 29(2): 135-143.
- Gerger, R., Gümüş, V. ve Dere, S. 2021. Dicle Havzasının Yağış Akış İlişkisinin Belirlenmesinde Farklı Yapay Zeka Yöntemlerinin Değerlendirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1): 300-311.
- Gevrek, İ. ve İrvem, A. 2016. Antakya'da taşkına neden olan yan derelerde hidrograf analizi ile taşkın tahmini. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3): 533-542.
- Haktanır, N. A. 2021. Snyder-Gama Sentetik Birim Hidrografın Yamula Barajı Havzasına Uygulanması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 37(2): 323-335.
- Hunt, K. M., Matthews, G. R., Pappenberger, F. ve Prudhomme, C. 2022. Using a long short-term memory (LSTM) neural network to boost river streamflow forecasts over the western United States. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(21): 5449-5472.
- İRAP. 2021. Antalya İl Afet Risk Azaltma Planı. https://antalya.afad.gov.tr/kurumlar/antalya.afad/Tasarim/IRAP/Antalya-IRAP_2022.pdf [Son erişim tarihi: 02.11.2024]
- Jain, S.K., V. P. Singh, V.P. ve Bhunya, P.K. 2006. Development of optimal and Physically Realizable unit hydrograph. *J. Hydraulic Engineering*, 11(6): 612-616.

- Kılınç, H. Ç. 2021. Uzun-Kısa Süreli Bellek Ağlarının Nehir Akım Tahmininde Farklı Optimizasyonlarla Karşılaştırılması ve Tekil Spektrum Analizinin Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23): 248-253.
- Kılınç, M., Gülbahar, N. ve Yeğnidemir M. K., 2003. Su Kaynakları Mühendisliği ve Küreselleşme. I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 22-26 Eylül, Gümüşhane, İZMİR, 17-21.
- Köyceğiz, C. ve Büyükyıldız, M. 2022. Estimation of Streamflow Using Different Artificial Neural Network Models. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(3): 1141-1154.
- Le, X. H., Ho, H. V., Lee, G. ve Jung, S. 2019. Application of long short-term memory (LSTM) neural network for flood forecasting. *Water*, 11(7): 1387.
- Nazimi, N. ve Saplıoğlu, K. 2023. Monthly Streamflow Prediction Using ANN, KNN and ANFIS models: Example of Gediz River Basin. *Teknik Bilimler Dergisi*, 13 (2): 42-49.
- NetCAD. Akış Eğri Numarası Tablosu.
<https://wiki.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=217384858> [Son erişim tarihi: 07.11.2024]
- Özdemir, H. 1978. Uygulamalı taşkın hidrolojisi. DSİ Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- Öztemel, E. 2006. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, 2. Baskı, İstanbul, 29-57.
- Prasad, T.D., Gupta, R. ve Prakash, S. 1999. Determination of optimal loss rate parameters and unit hydrograph. *J. Hydraulic Engineering*, 4(1): 83-87.
- Sheridan, J.M., Merkel, W.H. ve Bosch, D. 2002. Peak rate factors for Flatland Watersheds. *Applied Engineering in Agriculture*, 18 (1): 65-69.
- Smart, J.S., 1972. Channel network, *Advances in Hydrosience*, 8: 305-346
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. 2016. Antalya Havzası Taşkın Yönetim Planı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. 2018. Batı Akdeniz Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. 2019. Batı Akdeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Şen, Z. 2004. Innovative Hydrograph Analysis and Methodologies. Turkish Water Foundation, İstanbul, 240s.

- Tanrıverdi, O. 2021. Sentetik birim hidrograf metotlarının karşılaştırılması ve Trabzon Değirmendere Havzası örneği. Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük, 71s.
- USGS. 2017. Su Çevrimi. <https://www.usgs.gov/media/images/su-d-ng-s-water-cycle-turkish> [Son erişim tarihi: 06.11.2024]
- Usul, N. 2008. Mühendislik Hidrolojisi, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve iletişim A.Ş., Ankara, 418s.
- Uşkay, S. ve Aksu, S. 2002. Ülkemizde taşkınlar, nedenleri, zararları ve alınması gereken önlemler. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 47(4-6): 133-136.



7. EKLER

EK-1. LSTM modeli Python kodu

#Kütüphanelerin Yüklenmesi

```
import numpy as np
```

```
import pandas as pd
```

```
import math
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
```

```
from tensorflow.keras.models import Sequential
```

```
from tensorflow.keras.layers import LSTM, Dense
```

```
from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
```

```
from sklearn.metrics import mean_squared_error, mean_absolute_error, r2_score
```

```
from scipy.stats.mstats import winsorize
```

```
## (from tensorflow.keras.optimizers import RMSprop) RMSprop için eklenir
```

```
## (from tensorflow.keras.optimizers import SGD) SGDM için eklenir
```

Verilerin Yüklenmesi

```
data = pd.read_excel(r"C:\Veriler.xlsx")
```

```
data['tarih'] = pd.to_datetime(data['tarih'], format='%d-%m-%y')
```

```
dataset = data['akım'].dropna().values
```

```
if len(dataset) == 0:
```

```
    print("Veri setinde hiç veri yok.")
```

```
else:
```

```
    print(f"Veri setinde {len(dataset)} gözlem var.")
```

Verinin Winsorize edilmesi (alt ve üst sınırlamaları)

```
limits = [0.00, 0.00]
```

```
winsorized_data = winsorize(dataset, limits=limits)
```

Veriyi Ölçeklendirme

```
scaler = MinMaxScaler(feature_range=(0, 1))
```

```
scaled_winsorized_data = scaler.fit_transform(winsorized_data.reshape(-1, 1))
```

Veri Setinin Train-Test Olarak Ayrılması

```

train_size = int(len(scaled_winsorized_data) * 0.8)
train_data = scaled_winsorized_data[:train_size]
test_data = scaled_winsorized_data[train_size:]
train_dates = data['tarih'][:train_size]
test_dates = data['tarih'][train_size:]
# Giriş ve Çıkış Verilerinin Oluşturulması
def create_dataset(data, time_step=30):
    X, Y = [], []
    for i in range(len(data) - time_step - 1):
        X.append(data[i:(i + time_step), 0])
        Y.append(data[i + time_step, 0])
    return np.array(X), np.array(Y)
def build_and_train_model(time_step):
    X_train, y_train = create_dataset(train_data, time_step)
    X_test, y_test = create_dataset(test_data, time_step)
    # Verilerin 3D şekillendirilmesi
    X_train = X_train.reshape(X_train.shape[0], X_train.shape[1], 1)
    X_test = X_test.reshape(X_test.shape[0], X_test.shape[1], 1)
    # LSTM Modelinin Oluşturulması
    model = Sequential()
    model.add(LSTM(50, return_sequences=True, input_shape=(time_step, 1)))
    model.add(LSTM(50, return_sequences=False))
    model.add(Dense(25))
    model.add(Dense(1))
    model.compile(optimizer='adam', loss='mean_squared_error')
    ## model.compile(optimizer=RMSprop(), loss='mean_squared_error') RMSprop için
    eklenir
    ## model.compile(optimizer=SGD(learning_rate=0.01, momentum=0.9),
    loss='mean_squared_error') SGDM için eklenir

    # EarlyStopping Callback ile Erken Durdurma

```

```

early_stopping = EarlyStopping(monitor='val_loss', patience=15,
restore_best_weights=True)

# Modelin Eğitilmesi

history = model.fit(X_train, y_train,
                    batch_size=64,
                    epochs=100,
                    validation_split=0.2,
                    callbacks=[early_stopping],
                    verbose=1)

train_predict = model.predict(X_train)
test_predict = model.predict(X_test)
train_predict = scaler.inverse_transform(train_predict)
y_train = scaler.inverse_transform(y_train.reshape(-1, 1))
test_predict = scaler.inverse_transform(test_predict)
y_test = scaler.inverse_transform(y_test.reshape(-1, 1))

# NSE Hesaplama Fonksiyonu
def nse(true, pred):
    return 1 - (np.sum((true - pred) ** 2) / np.sum((true - np.mean(true)) ** 2))

# KGE Hesaplama Fonksiyonu
def kge(true, pred):
    r = np.corrcoef(true.flatten(), pred.flatten())[0, 1] # Pearson Korelasyonu
    alpha = np.std(pred) / np.std(true) # Varyans oranı
    beta = np.mean(pred) / np.mean(true) # Ortalama sapma oranı
    kge = 1 - np.sqrt((r - 1)**2 + (alpha - 1)**2 + (beta - 1)**2)
    return kge

# Değerlendirme Ölçütleri Hesaplama

train_mse = mean_squared_error(y_train, train_predict)
test_mse = mean_squared_error(y_test, test_predict)
train_rmse = math.sqrt(train_mse)
test_rmse = math.sqrt(test_mse)
train_mae = mean_absolute_error(y_train, train_predict)

```

```
test_mae = mean_absolute_error(y_test, test_predict)
train_r2 = r2_score(y_train, train_predict)
test_r2 = r2_score(y_test, test_predict)
train_nse = nse(y_train, train_predict)
test_nse = nse(y_test, test_predict)
train_kge = kge(y_train, train_predict)
test_kge = kge(y_test, test_predict)
return {
    'time_step': time_step,
    'train_mse': train_mse,
    'test_mse': test_mse,
    'train_rmse': train_rmse,
    'test_rmse': test_rmse,
    'train_mae': train_mae,
    'test_mae': test_mae,
    'train_r2': train_r2,
    'test_r2': test_r2,
    'train_nse': train_nse,
    'test_nse': test_nse,
    'train_kge': train_kge,
    'test_kge': test_kge,
    'model': model,
    'history': history
}

# Farklı time_step değerleri
time_steps = [30, 60, 90, 120]
results = []
for ts in time_steps:
    print(f'Processing time_step: {ts}')
    result = build_and_train_model(ts)
    results.append(result)
```

Sonuçları Yazdırma

for result in results:

```
print(f"Time Step: {result['time_step']}")
print(f"Train MSE: {result['train_mse']}")
print(f"Test MSE: {result['test_mse']}")
print(f"Train RMSE: {result['train_rmse']}")
print(f"Test RMSE: {result['test_rmse']}")
print(f"Train MAE: {result['train_mae']}")
print(f"Test MAE: {result['test_mae']}")
print(f"Train R2: {result['train_r2']}")
print(f"Test R2: {result['test_r2']}")
print(f"Train NSE: {result['train_nse']}")
print(f"Test NSE: {result['test_nse']}")
print(f"Train KGE: {result['train_kge']}")
print(f"Test KGE: {result['test_kge']}")
print()
```

ÖZGEÇMİŞ

Burak CAN

Öğrenim Bilgileri

Yüksek Lisans 2022-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2013-2017	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, İstanbul