ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Abbas Askar ASKAR

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEYHAN HAVZASI SU KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN SWAT MODELİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2020

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEYHAN HAVZASI SU KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN SWAT MODELİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mustafa Abbas Askar ASKAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 02/03/2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....	.....	.....
Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK	Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU	Doç. Dr. Havva Duygu BİLGEN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SEYHAN HAVZASI SU KAYNAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN SWAT MODELİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mustafa Abbas Askar ASKAR

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof.Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK
Yıl: 2020, Sayfa: 51
Jür : Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK
: Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU
: Doç. Dr. Havva. Duygu BİLGEN

Su kaynakları gerek ekolojik fonksiyonları korumada gerekse de sosyal ve ekonomik kalkınmayı sürdürmede önemli bir role sahiptir. Bu rol; özellikle iklim değişikliğinin Seyhan havzası gibi su kaynakları üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu, Akdeniz bölgelerinde geçerliliğini korumaktadır. Bu çalışmada, Seyhan havzasının su kaynakları üzerindeki gelecekte iklim değişikliğinin yarattığı değişimleri Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) kullanılarak ölçümlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Seyhan Havzası'ndan gelen aylık akarsu akımı SWAT modeline göre simüle edilmiştir. Model parametrelerini kalibre etmek için 1988–1997 serisinden akış ölçümleri ve 1998–2000 serisinden ölçümler model validasyonu için kullanılmıştır. SWAT modeli performansı kalibrasyon [korelasyon katsayısı (R^2) = 0.69, Nash Sutcliffe verimliliği (NSE) = 0.63,] ve validasyonda (R^2 = 0.70, NSE = 0.60) bu sonuçlar, oluşturulan modelin akım simülasyonlarına başarıyla uygulanabileceğini göstermiştir. Hidrolojik modelleme için IPSL-CM5 Modeli verileri kullanılarak beş bayas düzeltme yöntemi kullanılarak, değerlendirilmiştir. En iyi performansı gösteren dağılım haritalaması (DM) ve Yağışta Güç Dönüşümü (PT) daha ileri analizler için kullanılmıştır. Model sonuçları, Seyhan Havzasının ortalama akarsu akımının gelecek dönem için (2045-2080) RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları altında normal değerlerinden sırasıyla % 65 ve % 85' e kadar düşebileceği, verilerden elde edilen anlamlı sonuçlara göre analiz edilerek, öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: SWAT, İklim değişikliği, Seyhan Havzası, Su kaynakları

ABSTRACT

MSc THESIS

ASSESSING CLIMATE CHANGE IMPACTS ON WATER RESOURCES OF SEYHAN RIVER BASIN BY USING SWAT MODEL

Mustafa Abbas Askar ASKAR

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK
Year: 2020, Page: 51
Jury : Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK
: Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU
: Assoc. Prof. Dr. Havva. Duygu BİLGEN

Water resources play an important role in maintaining ecological functions and sustainable social and economic development. This is especially true for Mediterranean regions where climate change has a major impact on water resources such as the Seyhan basin. This study was conducted to evaluate the future of climate change, impacts on water resources of the Seyhan basin by using Soil and Water Assessment Tool (SWAT). The sequential uncertainty fitting (SUFI-2) algorithm has been applied for model calibration, validation and uncertainty analysis. The monthly streamflow from the Seyhan basin was simulated. Streamflow measurements from the 1988–1997 time series and measurements from the 1998–2000 time series were used for model calibration and validation respectively. SWAT model performance calibration [correlation coefficient (R^2) = 0.69, Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) = 0.63,] and validation (R^2 = 0.70, NSE = 0.60). These results showed that the model created can be successfully applied to current simulations. Five bias correction methods were evaluated using IPSL-CM5 Model data for hydrological modeling. The best performing distribution mapping (DM) and Power Transformation in Rainfall (PT) were used for further analysis. Model results predicted that the average streamflow of the Seyhan basin will decrease by 65% and 85% for the next period (2045-2080) under RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios, respectively.

Keywords: SWAT Model, Climate change, Seyhan basin, Water resources

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu çalışmada, iklim değişikliğinin Seyhan havzasının su kaynakları üzerindeki etkilerini iki farklı senaryo (RCP 4.5 ve RCP 8.5) altında ölçmek için Seyhan Nehri Havzası' nda bir Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) (Soil & Water Assessment Tool) modeli oluşturulmuştur.

Dijital Yükseklik Modeli (DEM), arazi kullanımı, toprak tipi ve meteorolojik verileri SWAT modeli girdileri olarak kullanılarak Seyhan Havzasının aylık akımı simüle edilmiştir. Oluşturulan modelin akım simülasyonlarına başarıyla uygulanabileceğini tecrübe edebilmek adına SWAT modelinin kalibrasyonu ve validasyonu yapılmıştır. Burada oluşturulan modelin, akış simülasyonlarına başarıyla uygulanabileceğini göstermektedir. Kalibrasyon ve validasyon için aylık ortalama gözlemlenen akım verileri (Fraktin İstasyonu) kullanılmıştır. SWAT-Cup programını, model parametrelerini kalibre etmek için 1988–1997 serisinden akış ölçümleri ve de 1998–2000 serisinden ölçümler model validasyonu için veri olarak kullanılmıştır. Simülasyon sonuçlarını değerlendirmek için Nash-Sutcliffe verim katsayısı (NSE) ve korelasyon katsayısı (R^2) kullanılmıştır. Bu parametreler için elde edilen değerler sırasıyla 0.63, 0.69 kalibrasyon ve 0.60, 0.70 validasyon ve bu sonuçlar oluşturulan modelin akış simülasyonlarına başarıyla uygulanabileceğini göstermektedir. Pierre-Simon Laplace Enstitüsünün beşinci sürümü (IPSL-CM5) modelinin sıcaklık ve yağmur projeksiyonlarını geçmiş (1981-2005) ve gelecek (2045-2080) dönemlerini simüle etmek için kullanılmıştır. IPSL-CM5 çıktılarını (sıcaklık ve yağış) SWAT modeline uygulamadan önce gözlemlenen (1981-2005) günlük verileri üzerine bayas düzeltmesi yaptırılmıştır. Sıcaklık verilerine üç farklı bayas düzeltme yöntemi (Yağış ve Sıcaklık için Dağıtım Haritalaması (DM), Yağış ve Sıcaklığın Doğrusal Ölçeklenmesi (LS) ve Sıcaklık Varyans Ölçeği (VS)) uygulanmıştır, aynı şekilde yağış verilerine de üç farklı bayas düzeltme yöntemi (Yağışların Yerel Yoğunluk Ölçeği (LOCI), Yağış ve Sıcaklık için Dağıtım Haritalaması (DM), ve

Yağışta Güç Dönüşümü (PT) yapılmıştır. Yöntemler aralarındaki en iyi şekilde gözlemlenen yağmur ve sıcaklık verilerini (1981-2005) simüle eden iki yöntemin verileri (sıcaklık için DM, yağmur için ise PT) gelecek dönemin (2045-2080) Seyhan havzasının, SWAT modelini kullanarak akarsu akımını simüle etmek için uygulanmıştır. IPSL-CM5 modelinin bayas düzeltilmiş verileri, 2045-2080 dönemi için her iki senaryo altında (RCP 4.5 Ve RCP 8.5) yağmurun azalması ve sıcaklığın artması ve dolaysıyla Seyhan Havzasının akımının düşmesi beklenmektedir. Sıcaklık sinyali genellikle, kış ilkbahar ve yaz mevsimlerinde bir artışa sahip ve bu yükseliş +5 ile +10 °C arasındaki sıcaklıkların yükselme eğilimini gösterir. Ayrıca, her iki senaryo altında da güz döneminde genel olarak maksimum ve minimum sıcaklıkta genel bir düşüş vardır. Yağışın, iki Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP 4.5 ve RCP 8.5) senaryolarının tahminlerine göre havzanın genelinde azalacağı öngörülmektedir. Arcswatla simüle edilen yağmur ve sıcaklık verileri RCP 4.5 senaryosuna göre havzadaki akımın % 65'e kadar düşmesi ve bu rakamın RCP 8.5 altında % 85'e kadar yükselmesi öngörülmektedir. İki senaryoya göre, tüm mevsimlerde Seyhan Havzasının su akımının azalması (kış, ilkbahar ve yaz) sonbahar mevsiminde ise diğer mevsimlerin aksine su akımının RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları altında sırasıyla %+32 ve %+34 bir artış göstermektedir. Ayrıca havzanın su verimi de su akımına benzer bir şekilde RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları altında sırasıyla % 74 ve %95 bir düşüş göstermektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, su yöneticilerinin iklim değişikliğinin bölgesel ve yerel ölçeklerde su kaynakları üzerindeki önemli etkilerini belirlemesi için ayrıntılı ve yerel bilgiler sunmaktadır. Bu etki tanımlama ve miktar belirleme, iklim değişikliği tehditleriyle yüzleşmek için uyum önlemleri tasarlamanın anahtarıdır. Böyle bir modelleme aracının mevcudiyetinin ve iklim kaynaklı hidrolojik değişimler bilgisinin gelecekte su kaynaklarının dağılımını ve kullanılabilirliği anlamada yardımcı olabileceğine ve makul yönetim seçeneklerinin oluşturulmasında yardımcı olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca, beni yönlendiren, kendisi ile çalışma fırsatı veren, bilimsel farkındalığımı her daim arttıran, sahip olduğu sonsuz anlayış ile motivasyonumu hep diri tutan, bu araştırmanın gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi sırasında her türlü konuda bana yol gösteren ve beni destekleyen, danışman hocam Sayın Prof. Dr. MESUT BAŞIBÜYÜK'e teşekkür ederim.

Diğer yandan bilimsel verilerini kullandığım Meteoroloji 6. Bölge Müdürlüğüne ve Devlet Su İşleri' ne de teşekkür ederim. Ayrıca metni birçok defa baştan sona okuyarak dil ve imla hataları konusunda başta olmak üzere bilimsel yazım konusunda bana yardımcı olan arkadaşım Şükrü Şimdi' ye de çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, karşılıksız sevgilerini bir an olsun eksik etmeyen sevgili annem, sevgili babam ve kız kardeşime teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Seyhan havzasında, SWAT modeli ile ilgili çalışmalar 5
2.2. Seyhan havzasında, İklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde etkileri ile ilgili çalışmalar 6
2.3. Türkiye de SWAT modeli ile ilgili çalışmalar 6
2.4. SWAT modeli kullanılarak iklim değişikliği değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar 7
3. MATERYAL VE METOD 9
3.1. Çalışma alanı 9
3.1.1. Seyhan havzası 9
3.2. SWAT modelinin giriş verileri 11
3.2.1. Dijital Yükseklik Modeli (DEM) 11
3.2.2. Arazi kullanımı ve toprak verileri 12
3.2.3. Meteorolojik ve IPSL-CM5 model verileri 15
3.2.4. Hidrolojik Veriler 16
3.3. SWAT MODELİ 16
3.4. Model Kurulumu 17

3.5. Bölgesel İklim Modelleri (RCM) tahminlerini kullanarak SWAT modellemesi 18
3.6. Bayaslı Bölgesel İklim Modelinin (RCM) simülasyonlarının düzeltilmesi. 19
3.6.1. Bayas düzeltmenin amacı 19
3.6.2. Bayas Düzeltme yöntemleri 20
3.6.2.1 Yağış ve Sıcaklığın Doğrusal Ölçeklenmesi (LS) 20
3.6.2.2. Yağışların Yerel Yoğunluk Ölçeği (LOCI) 21
3.6.2.3. Yağışta Güç Dönüşümü (PT) 22
3.6.2.4. Sıcaklık Varyans Ölçeği (VS) 23
3.6.2.5. Yağış ve Sıcaklık için Dağıtım Haritalaması (DM) 23
3.7. SWAT-CUP 'un Tanımı ve Çalışması 24
3.8. Parametre duyarlılık analizi 25
3.9. SWAT Modelinin Kalibrasyonu ve Validasyonu. 25
3.10. SWAT Model Simülasyonu 27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 29
4.1. SWAT modeli kalibrasyonu, validasyonu ve belirsizlik analizi. 29
4.2. Bayas düzeltmesi 31
4.3. İklim Değişikliği Sinyali 35
4.4. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkileri 37
4.5. İklim değişikliği uygulamasının belirsizliği ve akım üzerindeki etkileri 38
4.6. Çalışmanın kısıtlamaları 40
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 41
KAYNAKLAR 43
ÖZGEÇMİŞ 51

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Seyhan Havzası arazi kullanım sınıflandırması (italik olmalımı) 13
Çizelge 3.2. Seyhan havzasındaki toprak tipleri..... 14
Çizelge 3.3. Seçilen meteoroloji ve akış istasyonlarının coğrafi özellikleri..... 16
Çizelge 3.4. Mekansal model girdi verileri ve kaynakları..... 18
Çizelge 3.5. Seyhan Nehri Havzası analizinde kullanılan ana parametreler 27
Çizelge 4.1. Aylık akarsu akımının simülasyonunda SWAT modeli performans istatistikleri..... 31
Çizelge 4.2. Seyhan havzasının geçmiş tarih (1981-2010) aylık ortalama değerleri..... 39
Çizelge 4.3. Seyhan havzasının RCP 4.5 Senaryosu altında (2045-2080) aylık ortalama değerleri..... 39
Çizelge 4.4. Seyhan havzasının RCP 8.5 altında (2045-2080) aylık ortalama değerleri..... 40

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Seyhan Havzası'nın coğrafi haritası ve istasyonların mekânsal dağılımı 10
Şekil 3.2. Dijital yükseklik modeli 12
Şekil 3.3. Arazi kullanım haritası 13
Şekil 3.4. Toprak Haritası 14
Şekil 3.5. Çalışmanın kavramsal çerçevesi 28
Şekil 4.1. Kalibrasyondan sonra (1987-1998) Gözlemlenen akış,% 95 model belirsizliği ve en simülasyon 30
Şekil 4.2. Validasyondan sonra (1998-2000) Gözlemlenen akış,% 95 model belirsizliği ve en iyi simülasyon 30
Şekil 4.3. Ortalama aylık yağışın gözlemlenen (1981-2005) ve IPSL modelinin bayas düzeltmesi yapılmadan önceki halini göstermektedir 32
Şekil 4.4. Ortalama aylık maximum ve minimum sıcaklığın gözlemlenen (1981-2005) ve İPSL modelinin bayas düzeltilmemiş hali 33
Şekil 4.5. Ortalama aylık yağışın gözlemlenen (1981-2005) ve üç yöntemle (DM,LI ve PT) bayas düzeltmesi yapılmış halini göstermektedir 34
Şekil 4.6. Ortalama aylık maksimum ve minimum sıcaklığın gözlemlenen (1981-2005) ve üç yöntem ile (DM, LS ve VS) bayas düzeltmesi yapıldıktan sonrasını göstermektedir 35
Şekil 4.7. Gözlemlenen (1981-2010) ve RCP 4.5 ve RCP 8.5 gelecek(2045-2080) ortalama aylık sıcaklık değerleri 36
Şekil 4.8. Gözlemlenen (1981-2010) ve RCP 4.5 RCP 8.5 gelecek (2045-2080) ortalama aylık yağış değerleri 37
Şekil 4.9. Gözlemlenen (1981-2010) ve RCP 4.5 , RCP 8.5 gelecek (2045-2080) ortalama aylık Akım (m^3/s değerleri) 38

KISALTMALAR

SWAT	: Toprak ve Su Değerlendirme Aracı
ºC	: Santigrat derece
%	: Yüzde
mm	: Milimetre
w/m^2	: Metrekare Başına Watt
LS	: Yağış ve Sıcaklığın Doğrusal Ölçeklenmesi
LOCI	: Yağışların Yerel Yoğunluk Ölçeği
PT	: Yağışta Güç Dönüşümü
VS	: Sıcaklık Varyans Ölçeği
DM	: Yağış ve Sıcaklık için Dağıtım Haritalaması
HRU	: hidrolojik müdahale birimleri.
ET	: Evapotranspirasyon
Ha	: Hektar
IPSL-CM5	: Pierre-Simon Laplace Enstitüsünün beşinci sürümünün modeli
DEM	: Dijital Yükseklik Modeli
RCM	: Bölgesel İklim Modelleri
GCM	: Genel Sirkülasyon Modelleri
MGM	: Meteoroloji genel müdürlüğü
Med-CORDEX	: Koordineli Bölgesel İklim Küçültme Deneyi
95PPU	: Yüzde 95 tahmin belirsizliği
USGS	: ABD Jeolojik Etüt
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü

R^2	: korelasyon katsayısı
NSE	: Nash Sutcliffe verimliliği

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği ve su kaynakları üzerindeki etkisi, önemli çevresel ve ekonomik etkilerden dolayı tüm dünyadaki toplumların dikkatini çekmiştir (Jasperet ve ark. 2004; Zhang ve ark. 2008). Antropojenik aktivitelerden kaynaklanan CO_2 ve diğer sera gazı konsantrasyonlarının artması, iklim sisteminin radyatif enerji bütçesini değiştirerek küresel iklimin ısınmasına neden olmuştur (Houghtonetal, 2001). Su ve enerji dengesi arasındaki eşleşme nedeniyle iklimdeki herhangi bir değişiklik hidrolojik çevrimi ve yağışın mekânsal ve zamansal dağılımını ve yoğunluğunu etkileyecektir (Immerzeel, 2008). Akdeniz bölgesi, dünyadaki iklim değişikliğinden en çok etkilenen bölgelerden biri olarak kabul edilmektedir (IPCC 2007b). İklimsel modellerin ve senaryoların çoğu, Akdeniz bölgesinde, her şeyden önce yılın en sıcak altı ayı boyunca daha az yağış ve daha yüksek ortalama ve maksimum sıcaklıklar olduğunu tahmin etmektedir (IPCC 2007b). Haliyle, Seyhan havzasının su kaynakları, iklim değişikliğinden etkilenmesi beklenmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), su ile ilgili risklerde (örneğin kuraklık ve sel) bir artış olduğunu, yerel yağış ve sıcaklık gibi iklim değişiklikleriyle ilişkilendirilebileceğini bildirdi. Bu nedenle, gelecekteki su kaynaklarının iklim değişikliği altında değerlendirilmesi, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SDG) ulaşmak için daha iyi su yönetim sistemleri ve iklim adaptasyon stratejileri geliştirmek için önemlidir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Eşleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi'nin (CMIP5) beşinci aşamasında geliştirilen Genel Sirkülasyon Modelleri (GCM'ler) hem mevcut hem de gelecekteki iklim değişikliği tahminleri için şu anda mevcut olan en gelişmiş araçlardır (Wilby ve Wigley, 1997). Bununla birlikte, kaba çözünürlüklerinden (yaklaşık 150–300 km) dolayı, birleşmiş iklim hidrolojik sistemlerinin bölgesel ölçekte çalışılmasına izin vermezler (Lespinas et al., 2014) Bundan dolayı, GCM'lerin yerel veya bölgesel ölçeklerde Bölgesel İklim Modelleri (RCM'ler) ile sonuçlanan daha ince

çözünürlüklerle (genellikle 10-50 km) küçültülmeleri gerekir (Yang et al., 2010). Her ne kadar Bölgesel İklim Modelleri (RCM'ler) yerel iklimleri yansıtmada daha iyi performans gösterseler de, GCM menşeleri ile ilgili hatalar önemini korumaktadır (Chen ve diğerleri, 2013b; Durman ve diğerleri, 2001). Örneğin, Bölgesel İklim Modelleri (RCM) simülasyonlu yağış çıktıları genellikle düşük yoğunluklu yağışları fazla ve yüksek yoğunluklu yağışları küçümser (Teutschbein ve Seibert, 2012). Ayrıca, diğer model uygulamalarındaki hatalar belirsizliklere aktarılacağından, Bölgesel İklim Modelleri (RCM) çıkışlarının hidrolojik etki değerlendirme çalışmalarında doğrudan kullanımı zor olmaya devam etmektedir (Casanueva ve diğerleri, 2016; Fowler ve diğerleri, 2007). Bu nedenle, RCM çıkışlarının bayas düzeltme yoluyla düzeltilmesi önemlidir. Değişen iklim koşulları altında, bir havza hidrolojisindeki olası değişiklikleri incelemek ve iklim değişikliğinden kaynaklanan su kaynakları üzerindeki olası etkileri tahmin etmek için hidrolojik modelleme önemlidir (Singh ve Woolhiser 2002; Praskievicz ve Chang 2009). İklimdeki gelecekteki değişiklikler bölgesel hidrolojik koşulları değiştirecek ve daha sonra hem miktar hem de kalitelik bakımından bölgesel su kaynaklarını etkileyecektir (Jyrkama ve Sykes 2007). Bölgesel iklim değişikliği, havzadaki akış miktarını ve zamanlamasını büyük ölçüde değiştirebilir ve havzanın hidrolojik özellikleri üzerine önemli bir etkiye sahiptir (Ma ve ark. 2009).

Su akışı simülasyonları iklim değişikliği çalışmalarında önemli bir rol oynar. Simülasyon verileri, birçok hidrolojik problemin çözülmesinde temel teşkil edebilir. Son yıllarda, küresel olarak farklı havzalara temsili bir hidrolojik model-toprak ve su değerlendirme aracı (SWAT) uygulanmaktadır. Başarılı bir şekilde uygulanması nedeniyle, SWAT modeli, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerini değerlendirmede yaygın olarak uygulanmaktadır (Gassmann ve diğerleri, 2007; Krysanova ve White, 2015). Ayrıca SWAT modeli küresel olarak çok sayıda havzalardaki deşarjı tahmin etmek için şu ana kadar başarıyla kullanılmıştır (Abbaspour ve ark., 2007; Baker ve Miller, 2013; Grusson ve ark., 2015). Bu çalışmada SWAT modeli (Arnold ve ark. 1998; Neitsch ve ark. 2002)

Seyhan havzası nehrinin su kaynaklarını simüle etmek için uygulanmıştır. Kalibrasyon, validasyon ve belirsizlik analizi için Sıralı Belirsizlik Artırma (SUFI-2) algoritması kullanılmıştır. Abbaspour ve diğ. (2007) SUFI' yı hassasiyet analizi, kalibrasyonu ve belirsizlik analizi için bir araç olarak geliştirmiştir. Yang ve diğ. (2008), SUFI-2'nin iyi bir kalibrasyon ve tahmin belirsizliği sonuçları elde etmek için en az sayıda model çalışması gerektirdiğini tespit etmiştir. Ek olarak, SUFI-2 bir arayüz aracılığıyla SWAT (SWAT-CUP yazılımında; Abbaspour ve diğerleri 2007) ile bağlantılıdır.

Bu çalışmanın temel amacı, iklim değişikliğinin Seyhan havzasındaki su kaynakları üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Bu çalışmanın bulgularının Seyhan Nehri Havzasında iklim değişikliğine uyum çalışmaları için ve iklim değişikliğinin benzer havzalardaki su kaynakları üzerindeki genel etkilerini anlamak için bilgilendirici ve faydalı olacağı düşünülmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Seyhan havzasında, SWAT modeli ile ilgili çalışmalar

İrvem ve Sadek (2014), arazi kullanım belirsizliğinin, SWAT modelini kullanarak Seyhan Nehri havzasının simüle edilmiş akım ve tortu verimi üzerindeki etkisini değerlendirmek için çalışmalarında, toprak ve su değerlendirme aracı (SWAT) modeli ile Türkiye'de 3 farklı tipte toprak örtüsü veri seti kullanılarak Seyhan Nehri havzasından gelen akarsu akışı ve tortu veriminin simüle edilmesinin sonuçları tartışılmakta ve gözlemlenen verilerle karşılaştırılmaktadır. Akım ve tortu kalibrasyonu, 2001–2007 dönemi için aylık aralıklarla 1818 numaralı göstergede (Çatalan barajının 30 km yukarısında) yapılmıştır. Sonuçlar, SWAT modelinin arazi kullanım duyarlılığının, farklı uzaysal çözünürlüklere ve farklı zaman aralıklarına sahip veri kümelerine duyarlılığının, Seyhan Nehri havzasındaki aylık akış ve tortu simülasyonlarında çok düşük olduğunu göstermektedir.

Sadek ve İrvem (2018), Seyhan Nehri Havzası için Akarsu Simülasyonunun SWAT Modeli ile Değerlendirilmesini araştırdıkları çalışmalarında; Türkiye'de bulunan Seyhan nehri havzasından gelen hidrolojik su dengesini modellemek için Toprak ve Su Değerlendirme Aracı modelini (SWAT) kullanılmışlardır. Model duyarlılık analizi ve otomatik kalibrasyon, Sıralı Belirsizlik Uydurma (SUFI-2), Genelleştirilmiş Olabilirlik Belirsizlik Tahmini (GLUE) ve Parametre Çözümü (ParaSol) algoritmaları kullanılarak dört yerde (Üçtepe, Himmetli, Korkun ve Zamantı) gerçekleştirilmiştir. Akarsu akışı kalibrasyonu 2001-2007 dönemi için aylık bir zaman adımında yapılmıştır. Sonuçlar ParaSol' ün Nash Sutcliffe Verimliliği (NSE) açısından SUFI-2 ve GLUE tarafından elde edilenlerden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Tüm kalibre edilmiş bölgeler ve çeşitli kalibrasyon algoritmaları arasında, model ParaSol algoritması kullanılarak Zamantı için kalibre edildiğinde en yüksek NSE (0.74) değeri elde edilmiştir.

2.2. Seyhan havzasında, İklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde etkileri ile ilgili çalışmalar

Fujihara ve Ark (2007), İklim Değişikliğinin Seyhan Nehri Havzasının Su Kaynakları Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi çalışmasında; Ham genel sirkülasyon modellerinin (GCM'ler) ve nehir havzası hidrolojik modellerinin çıktılarını bağlamak için yalancı ısınma olarak adlandırılan dinamik bir ölçek küçültme yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar, (1) yıllık ortalama sıcaklık değişiminin MRG'de + 2.0 °C ve CCSR'de + 2.7 °C olduğunu ve ortalama yıllık yağış değişikliğinin MRG'de –159 mm ve CCSR'de –161 mm olduğunu; (2) azalan yağış miktarı, önemli ölçüde azalmış bir akışa neden olacaktır; (3) küresel ısınmanın etkilerinden dolayı su çekme oranı artacaktır ve (4) küresel ısınmanın etkileri ve üst havzadaki artan su talebi, Alt Seyhan Sulama Projesi'nde (LSIP) su kıtlığına yol açacaktır.

2.3. Türkiye de SWAT modeli ile ilgili çalışmalar

Argunhan ve ark (2018), "Batı Türkiye'deki bir maden alanında su bütçesinin belirlenmesi için SWAT modelinin uygulanması" adlı çalışmalarında; SWAT, Türkiye'nin batısındaki Uşak'taki bir maden sahasındaki şarj miktarını tahmin etmek için kullanılmıştır. Analiz sonuçları, modelin akış hesaplaması ve toprak derinliği için atanan eğri sayısına oldukça duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu model uygulaması, SWAT'ın maden bölgelerindeki su bütçesini tahmin etmek için yararlı bir araç olabileceğini göstermektedir.

Duru ve ark (2017), "Modeling stream flow and sediment yield using the SWAT model: a case study of Ankara River basin, Turkey" adlı çalışmalarında; Bu çalışmanın genel amacı SWAT'ın performansını ve uygulanabilirliğini değerlendirmek ve toprak erozyonu haritası oluşturmaktı. Günlük akış için Nash Sutcliffe etkinliği (NSE), bağıl hata (RE) ve R^2 (tayin katsayısı) sırasıyla 0.61, −0.55 ve 0.78 olarak hesaplandı; ve kalibrasyon sırasında aylık akış için 0.79, -0.58 ve 0.89 olarak verilmiştir. Sonuçlar SWAT tatmin edici bir şekilde simüle edilmiş

hidroloji ve tortu verimidir ve benzer özelliklere sahip bir havzada su kaynakları planlaması için karar almada bir araç olarak kullanılabilir.

Koycegiz ve Buyukyildiz (2019), "Calibration of SWAT and Two Data-Driven Models for a Data-Scarce Mountainous Headwater in Semi-Arid Konya Closed Basin" adlı çalışmalarında; SWAT modeli, Konya Kapalı Havzası'nda bulunan Çarşamba Nehri'nin ana suyunda akarsu akışını simüle etmek için kullanılmaktadır. SWAT modeli kalibrasyon aşamasında iyi bir performans sergilemiştir, yani belirleme katsayısı (R^2) = 0.787 ve Nash-Sutcliffe verimlilik katsayısı (NSE)) = 0.779 ve validasyon aşamasında nispeten daha düşük değerler yani R^2 = 0.508 ve NSE = 0.502.

Vanolya (2017), "Hydrologic and water quality modeling of the Ergene River Basin of Turkey by SWAT" adlı çalışmasında; çalışmanın amacı, Ergene Nehri Havzasının yönetimini değerlendirmek için dağıtılmış yüzey akışı ve kirletici taşınımının modellenmesidir. Model, beş yıl boyunca 11 hidroloji parametresi ve 3 besin taşınımı parametresi dikkate alınarak kalibre edilmiş ve üç yıllık bir süre için valide edilmiştir. Aylık akış için model sonuçları R^2 = 0.75 ile iyidir, ancak günlük akış (R^2 = 0.40) için zayıftır.

2.4. SWAT modeli kullanılarak iklim değişikliği değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar

Yingdong ve ark (2018), "Effect of climate change on water resources in the Yuanshui River Basin:a SWAT model assessment" adlı çalışmalarında; havzadaki su kaynaklarının iklim değişikliğine tepkisini analiz etmek için SWAT modeli kullanılmıştır. Sonuçlar, artmış hava sıcaklığı ve azalan yağış ile birlikte akışın azaldığını ve yağışların akış üzerinde etkilerinin hava sıcaklığından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Aynı temel koşullar altında, iklim değişikliğinin akım üzerindeki etkileri en çok kuru aylarda belirgindir.

Narsimlu ve ark (2013), Assessment of Future Climate Change Impactson Water Resources of Upper Sind River Basin,India Using SWAT Model" adlı

çalışmalarında; yukarı Sind Nehri Havzası su kaynakları üzerindeki gelecekteki iklim değişikliği etkilerini değerlendirmek için SWAT modeli kullanılmıştır. Model sonuçlarından, ortalama yıllık akarsu akışının orta yüzyılda % 16.4 ve son yüzyılda% 93.5 oranında önemli bir artış olabileceğini göstermiştir.

Roth ve ark (2018), "Effects of climate change on water resources in the upper Blue Nile Basin of Ethiopia" adlı çalışmalarında; Bu çalışma, iklim değişikliğinin Mavi Nil Havzası'ndaki (BNB) su kaynakları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. İklim değişikliği senaryoları, yağışların % 7'den % 48'e yükseleceğini ve BNB'den gelen akımın % 21'den% 97'ye yükselebileceğini göstermektedir.

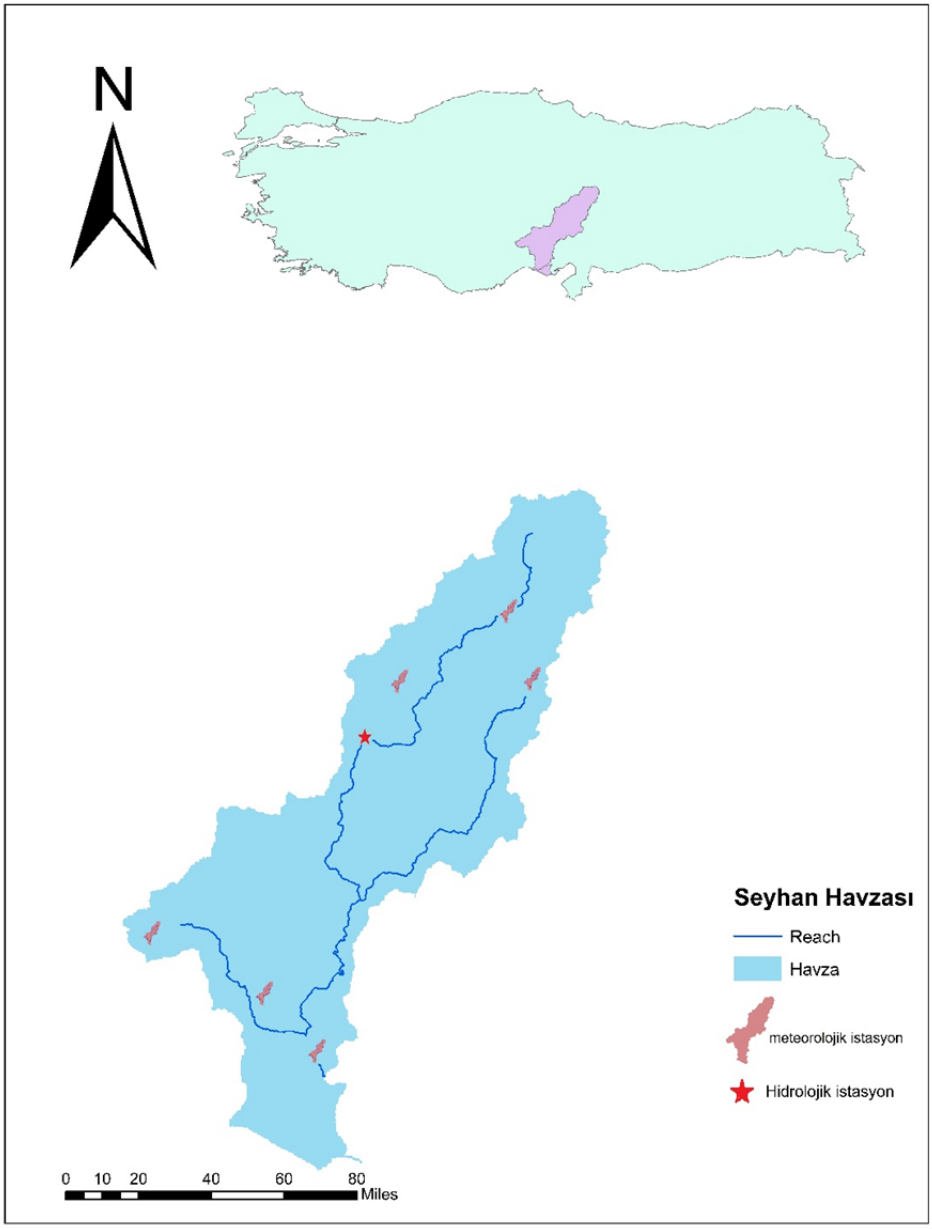
Näschen ve ark (2019), "Impact of Climate Change on Water Resources in the Kilombero Catchment in Tanzania" adlı çalışmalarında; gelecekteki potansiyel iklim senaryolarının Doğu Afrika havzası için zaman ve mekandaki su miktarı üzerindeki etkisini göstermektedir. RCP 4.5 (temsili konsantrasyon yolları) ve RCP 8.5 senaryolarına göre. SWAT modeli tüm senaryolara göre su kaynakları üzerindeki etkilerin analizinde kullanılmıştır. Sonuçlar, yıllık su verimi ve yüzeysel akış ortalamalarının sırasıyla% 61.6 ve% 67.8'e yükseldiğini göstermektedir

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma alanı

3.1.1. Seyhan havzası

Seyhan Nehri havzası (21700 km^2), Türkiye'nin güneyinde (Şekil 3.1) 34.25-37.0E ve 36.5-39.25N aralığında yer almaktadır. Seyhan Nehri'nin ana su kaynağı Toros dağlarındandır. Zamantı ve Göksu nehirlerinin birleşmesinden sonra Seyhan Nehri, Çukurova Ovası'na boşaltır ve Akdeniz'e deşarj eder. Akdeniz'e akan ülkedeki en uzun nehir olarak bilinir. Havzanın Seyhan Nehri ve yan kolları boyunca 4 barajı vardır: Havzanın güneyinde bulunan Seyhan Barajı, Çatalan Barajı ve Nergizlik barajı ile havzanın kuzeyindeki Bahçelik Barajı**.** Alt havzaya Akdeniz iklimi hâkimdir, orta ve üst havzalar ise karasal iklimden etkilenir.



Şekil 3.1. Seyhan havzası'nın coğrafi haritası ve istasyonların mekânsal dağılımı

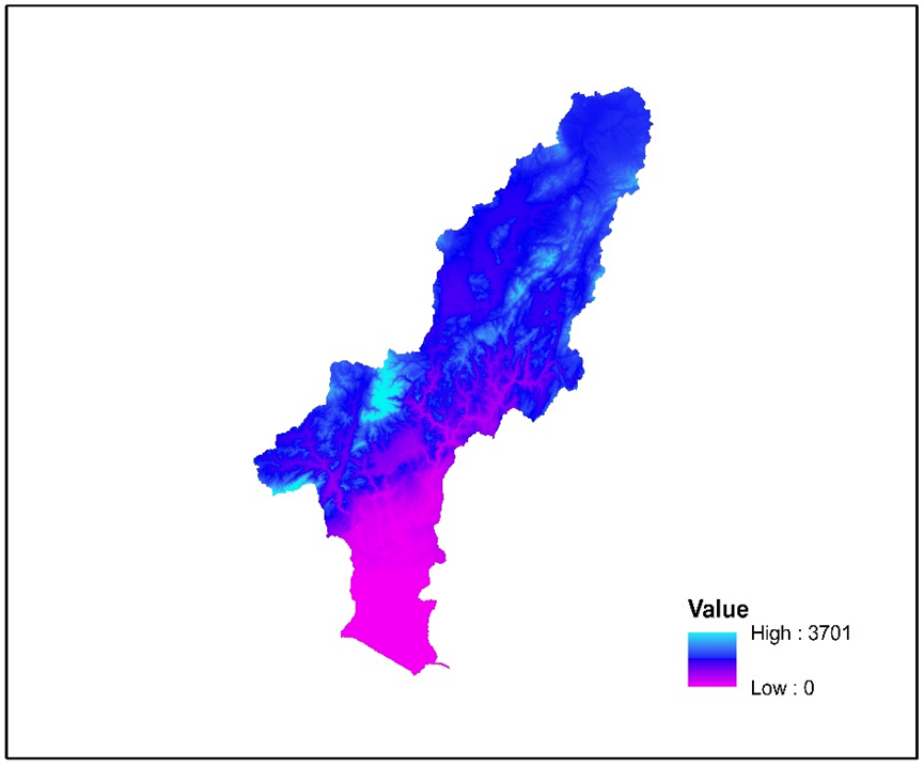
3.2. SWAT modelinin giriş verileri

SWAT modelini çalıştırmak için, uzamsal olarak dağıtılmış birkaç veri seti hazırlamak gerekmektedir. ArcSWAT arayüzü, Dijital Yükseklik Modeli (DEM), toprak verisi, arazi kullanım verileri ve iklim verilerini gerektirir. Son olarak, ölçülen yağış ve akış verileri kalibrasyon ve validasyon için kullanılmıştır**.** Modelin tanımlaması ve çalışma prensipleri aşağıda verilmektedir.

3.2.1. Dijital Yükseklik Modeli (DEM)

Topografya, Gelişmiş Boşluklu Termal Emisyon ve Yansıma Radyometresi (ASTER) 30x30m çözünürlükte bir Dijital yükseklik modeli (DEM) kullanılarak tanımlanmıştır (Şekil 3.2). DEM, havzayı tanımlamak ve drenaj kalıplarını analiz etmek için kullanılmaktadır. Nehir ağı, Coğrafi Bilgi Sistemi (ArcGIS) arayüzü kullanılarak oluşturulmuştur. Dijital yükseklik modeli (DEM) ayrıca eğim gradyanlarını; eğim uzunluğu; kanal eğimi, uzunluk ve genişlik ve su havzalarını tanımlamak için kullanılmaktadır. DEM dahil tüm haritalar bu şekilde önceden işlenmiştir:

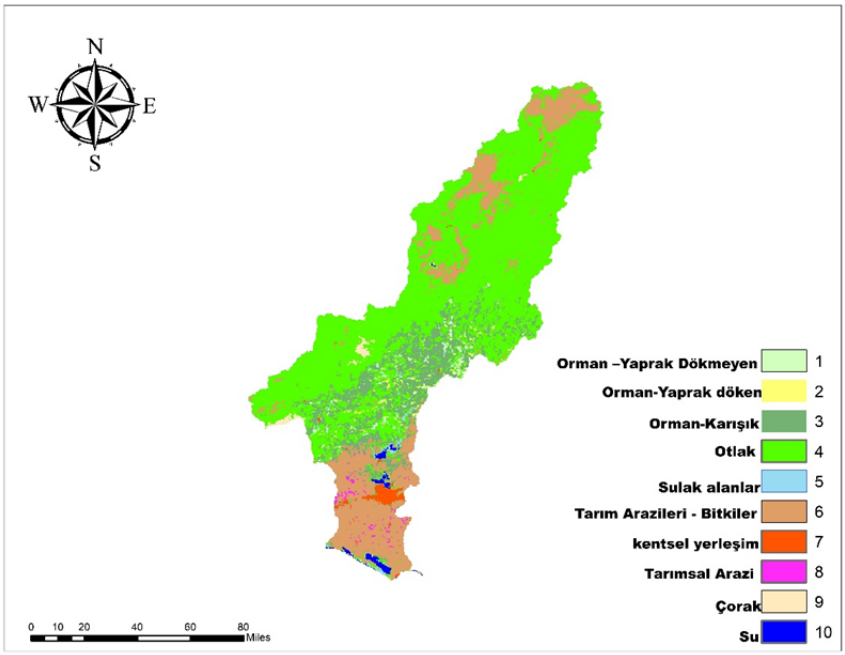
- Haritaların birleştirilmesi (gerektiğinde).
- Verilerin uygun Evrensel Enlem Merkatörü koordinat sistemi (UTM) bandına yeniden yansıtılması.



Şekil 3.2. Dijital yükseklik modeli

3.2.2. Arazi kullanımı ve toprak verileri

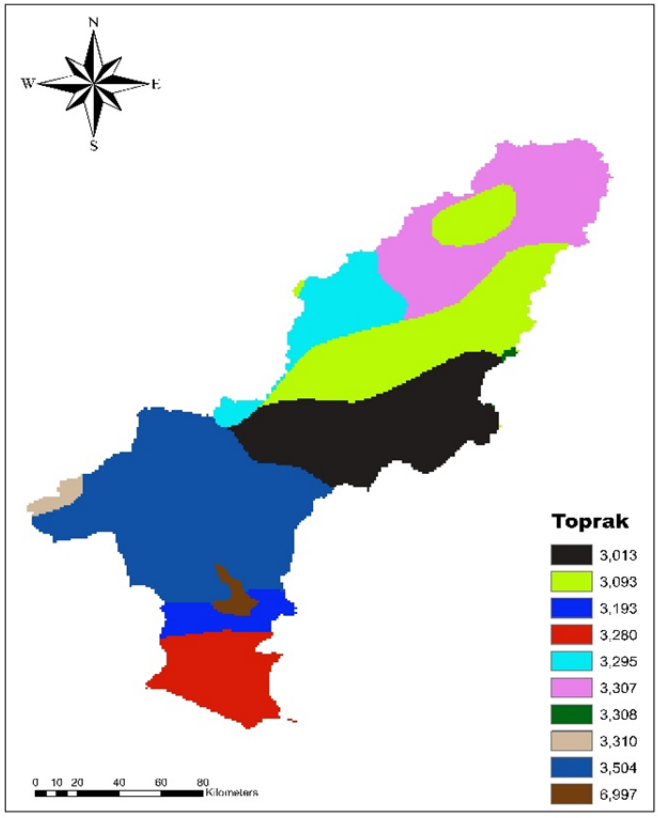
SWAT, hidrolojik bileşenlerde yükleri simüle etmek için toprak özellikleri ve arazi kullanım bilgisi gerektirir. Toprak haritası Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün web sitesinden elde edilmiştir. (FAO, 1995). 10 km uzamsal çözünürlükte Seyhan havzası için 10 toprak tipi farklılaştırılmıştır (Şekil 3.4 ve çizelge 3.2). Arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritası, ABD Jeolojik Etüt (USGS) Küresel Arazi Örtüsü Karakterizasyonu veri tabanı sürüm 2.0'dan, 1000 m uzamsal çözünürlükte elde edilmiştir (Loveland vd., 2000). Orijinal 17 kategori, SWAT'ın arazi kullanım veri tabanını eşleştirmek için 10 kategoriye yeniden sınıflandırılmıştır. (Şekil 3.3 ve çizelge 3.1).



Şekil 3.3. Arazi kullanım haritası

Çizelge 3.1. Seyhan Havzası arazi kullanım sınıflandırması

Arazi kullanım tipi	SWAT kodu	Alan(ha)	toplam alanın% 'si
Orman –Yaprak Dökmeyen	FRSE	25513.4227	1.31
Orman-Yaprak döken	FRSD	15447.1519	0.79
Karışık orman	FRST	255747.4918	13.13
Otlak	PAST	1345423.2893	69.09
Sulak alan	WETL	10401.6461	0.53
Tarım Arazileri - Sıra Bitkileri	AGRR	263023.7121	13.51
Kentsel Konut-Yüksek Yoğunluk	URHD	9404.5757	0.48
Tarımsal Arazi Jenerik	AGRL	1308.8367	0.07
Çorak	BARR	13664.4399	0.70
Su	WATR	7364.8344	0,38



Şekil 3.4. Toprak Haritası

Çizelge 3.2. Seyhan havzasındaki toprak tipleri

Toprak tipi	Alan(ha)	toplam alanın% 'si
Be115-2-3-3013	375848.6248	19.30
I-Be-c-3093	388189.3512	19.93
I-Be-E-c-3504	614365.1208	31.55
Lc76-3b-3193	31225.2322	1.60
Vc56-3a-3280	4177.0714	0.21
WATER-6997	20061.1491	1.03
Xh47-2ab-3295	150115.3597	7.71
Xk53-2-3b-3307	342653.4268	17.60
Xk54-3ab-3308	2135.6322	0.11
Xk56-2-3a-3310	18528.4324	0.95

3.2.3. Meteorolojik ve IPSL-CM5 model verileri

Bu çalışmada gözlemlenen günlük yağışlar, maksimum ve minimum sıcaklıklar, rüzgar hızı, nispi nem ve Bölgesel İklim Modelleri (RCM) ile simüle edilmiş günlük yağışlar, maksimum ve minimum sıcaklıklar kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonları Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilmektedir. Gözlemlenen meteorolojik veriler, 6 meteoroloji istasyonundan toplanmıştır ve Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden elde edilmiştir (Çizelge 3.3)**.** IPSL-CM5'in Bölgesel İklim Modelleri (RCM) simülasyonu, meteorolojik veri setleri Med-CORDEX' ten (https://www.medcordex.eu) elde edilmiştir. CORDEX'in veri setleri birçok araştırmacı tarafından kullanılmaktadır (Dosio ve diğerleri, 2015; Jacob ve diğerleri, 2014; Pinto ve diğerleri, 2018). Bu RCM çıkışları, 25 km uzamsal çözünürlüğe sahiptir. 1981'den 2004'e kadar olan dönem için gözlemlenen verilerle düzeltilmiştir. Ardından, 2045–2080 dönemi için gelecek iklimini projeksiyonları için düzeltilmiş parametreler uygulanmıştır. Gelecekteki Temsilci Konsantrasyon Yolu (RCP) emisyon senaryoları, orta ve yüksek emisyon senaryolarını temsil eden RCP 4.5 ve RCP 8.5 dikkate alınmıştır**.** Bu RCP senaryoları, 2100 için yayılan zorlayıcı hedef seviyesine göre isimlendirilmiştir. RCP 4.5 senaryosu, 2100'den sonra stabilizasyonda aşınma yolu olmadan 4.5 W/m^2'ye (~ 650 ppm CO_2) kadar stabilizasyonu açıklamaktadır (Clarke ve diğ. 2007). RCP 8.5 senaryo, 2100'e kadar (Riahi ve diğ., 2007) 8.5 W/m^2'ye (~ 1370 ppm CO_2) yol açan yükselen radyasyona zorlama yoluna karşılık gelir. İklim politikası temelsiz ve nispeten yüksek sera gazı emisyonları olmayan bir senaryoya tekabül eder. Genellikle, bölgesel iklim modellerinin çıktıları, hesaplanan değişkenler sistematik olarak gözlemlenenlerden farklı olabileceğinden, etki değerlendirmesi için doğrudan kullanılamaz. Bu nedenle, bayas düzeltmesi (bias correction), küçültülmüş değişkenlerin ortalamasını küçümseme ya da küçümseme eğilimini telafi etmek için uygulanmıştır.

Çizelge 3.3. Seçilen meteoroloji ve akış istasyonlarının coğrafi özellikleri

ID	İstasyon Adı	Açıklama	Yükseklik (m)	Enlem (N)	Boylam (E)
17351	Adana	meteoroloji istasyonu	23	37.0041	35.3443
17802	Pınarbaşı	meteoroloji istasyonu	1542	38.7224	36.3924
17837	Tomarza	meteoroloji istasyonu	1402	38.4522	35.7912
17840	Sarız	meteoroloji istasyonu	1599	38.4781	36.5035
17906	Ulukışla	meteoroloji istasyonu	1453	37.5480	34.4867
17936	Karaisalı	meteoroloji istasyonu	240	37.2505	35.0628
1822	Zamantı Nehri-Fraktın Köprüsü	Hidroloji istasyonu	1270	38.2458	35.6264

3.2.4. Hidrolojik Veriler

Zamantı Nehri-Fraktin Köprüsü 1818 ölçüm istasyonundaki aylık gözlemlenen deşarj verileri, SWAT Kalibrasyon ve Belirsizlik Programlarındaki (SWAT-CUP) model parametrelerini kalibre etmek ve SWAT gözlemine dayalı simülasyon sonuçlarını doğrulamak için kullanılmıştır. Akım debisi ölçüm istasyonları Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından işletilmektedir (Çizelge 3.3).

3.3. SWAT MODELİ

SWAT modeli, Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) ve Texas A&M Üniversitesi tarafından geliştirilen, fiziksel temelli, mekansal olarak yarı dağıtılmış bir hidrolojik modeldir (Arnold et al., 1998). SWAT, hidrolojik modelleme için en yaygın kullanılan simülatörlerden biridir (Arnold vd., 2012). Bu kısmen, SWAT kalibrasyonu ve belirsizlik ya da duyarlılık analiz programları -

SWAT CUP gibi çeşitli eklentiler içeren açık kaynaklı bir araç olduğundan dolayıdır (Abbaspour vd., 2007). Model, gelecekteki iklim tahminlerine dayanarak iklim parametrelerini değiştirerek gelecekteki hidro-iklimsel değişiklikleri incelemek için kullanılabilir. SWAT modelinde, bir havza çeşitli alt havzalara bölünür bunlar daha sonra benzersiz arazi kullanımı, eğim ve toprak özelliklerinden oluşan hidrolojik müdahale birimlere (hydrologic response units (HRU)) ayrılırlar. İlk Hidrolojik çevrimin simülasyonu hidrolojik müdahale birimleri (HRU) seviyesinde meydana gelir ve fazla deşarj daha sonra HRU'larda toplanır. Her HRU' da SWAT modeli, su dengesi denklemini kullanarak hidroloji döngüsünü aşağıdaki gibi hesaplar:

$$SWt = SWo + \Sigma\ (Rday - Qsurf - Ea - wseep - Qgw)$$

SWt, nihai toprak suyu içeriği (mm H_20) olduğunda, SWo, i (mmH_2O) günündeki ilk toprak suyu içeriğidir, t, zaman (gün), Rday, i (mmH_20) günündeki yağış miktarıdır, Qsurf, i (mm H_20) günündeki yüzey akış miktarı, Ea, i (mm H_20) günündeki buharlaşma miktarını, wseep, i (mm H_20) günündeki toprak profilinden vadoz bölgesine giren su miktarıdır ve Qgw, i (mm H_20) günündeki geri dönüş akışının miktarıdır.

3.4. Model Kurulumu

Modeli çalıştırmak için gerekli mekansal veri katmanları ve veri tabanları hazırlanmıştır. Dijital Yükseklik Modeli (DEM), havza yapılandırması ve topografik parametre eştirme için kullanılmıştır. Havzanın yüksekliği (Şekil 3.2) 0 m ile 3701m arasında değişmektedir. Benzer şekilde, 10 farklı arazi kullanım sınıfı (Şekil 3.3) ve 10 farklı toprak tipi tanımlanmış ve bunların nispi veri tabanları SWAT modeli tarafından istenildiği şekilde hazırlanmıştır. Havza, 19.472,99 Km^2'lık eşik alanlı bir modelleme çalışması için 7 alt havzaya bölünmüştür. Hidrolojik müdahale birimlerini (HRU'ları) tanımlamak için, Dijital Yükseklik

Modelinden (DEM'den) bir eğim haritası çıkarılmış ve % 5,% 10,% 15 ve% 20 aralıklar vererek 4 sınıfa ayırılmıştır. Strauch ve ark. (2015) tarafından önerildiği gibi, arazi kullanımı, eğim ve toprak için sırasıyla %10, % 10 ve % 10 eşiklerini kullanılmıştır**.** Bu toplam 69 HRU vermiştir. Günlük meteorolojik veriler daha sonra modele beslenmiştir. Meteoroloji genel müdürlüğü (MGM) tarafından kaydedilen 6 istasyondan günlük yağış, nisbi nem, rüzgar hızı ve maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır (Şekil 3.1**)**. Mevcut arazi kullanım özelliklerinin, gelecek simülasyon dönemleri için aynı olduğu varsayılmıştır, çünkü gelecekteki arazi kullanım özelliklerini farklı ekstrapolasyon yöntemleri ile tahmin etmek çok zordur. İlk 3 yıllık simülasyon modeli dengelemek için bir ısınma süresi olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 3.4. Mekansal model girdi verileri ve kaynakları

Veri tipi	**Açıklama**	**Çözünürlük**	**Kaynak**
Topoğrafik harita	Dijital Yükseklik Haritası (DEM)	30m	NASA
Arazi kullanım haritası	Arazi kullanım sınıflandırması	30m	NASA
Toprak haritası	Toprak Çeşitleri haritası		FAO
İklim verileri	Günlük yağış Günlük sıcaklık Günlük rüzgar hızı Günlük nisbi nem	7 istasyon	MGM
Hidroloji Verileri	Aylık deşarj	1 istasyon	DSİ
İklim değişikliği	Yağış ve sıcaklık verileri	25X25 Km	Med-Cordex

3.5. Bölgesel İklim Modelleri (RCM) tahminlerini kullanarak SWAT modellemesi

Gelecekteki iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisini analiz etmek için, en basit yaklaşım iklim değişikliğindeki hidrolojik sonuçları elde etmek

için gelecekteki iklim verilerini hidrolojik bir modelde çalıştırmaktır (Steele-Dunne vd., 2008). Bu çalışmada, iklim değişikliğinin nehir deşarjları üzerindeki etkileri gelecek (2045–2080) ve geçmiş Tarih (1981–2005) arasındaki bayas düzeltmelerden sonraki farklar incelenerek tahmin edilmiştir. Gelecekteki emisyon senaryoları altındaki hidrolojik süreçleri tahmin etmek için, iklim değişikliği sinyalleri SWAT modelinin sürüş iklimine eklenmiştir.

3.6. Bayaslı Bölgesel İklim Modelinin (RCM) simülasyonlarının düzeltilmesi

3.6.1. Bayas düzeltmenin amacı

İklim modelleri, genellikle düzeltme prosedürlerini gerekli kılan, gözlemlenen zaman serilerinin (Şekil 3.2 ve 3.3) bayaslı temsillerini sağlar. bayas düzeltme prosedürlerinde RCM çıkışını ayarlamak için bir dönüşüm algoritması kullanılır. Temel fikir, gözlemlenen ve simüle edilen iklim değişkenleri arasındaki olası bayasların belirlenmesidir; bayas düzeltme yöntemlerinin sabit olduğu varsayılır, yani düzeltme algoritması ve mevcut iklim koşulları için parametre eştirilmesi gelecekteki koşullar için de geçerlidir. IPSL-CM5 modelinden elde edilen iklim değişkenlerinin hem çıkarılması hem de düzeltilmesi için kullanılabilen hidrolojik modelleme (CMhyd) için İklim Modeli verileri aracı kullanılmıştır (Rathjens ve Ark,2016). Hidrolojik modelleme için İklim Modeli verileri aracı CMhyd, SWAT modeli ile iklim değişikliği etki çalışmaları için simülasyonlu iklim değişkenleri hazırlamak üzere hazırlanmıştır. Bölgesel İklim modeli (RCM) simülasyonlarını düzeltmek için aşağıdaki bayas düzeltme yöntemleri uygulanmıştır: (1) doğrusal ölçeklendirme, (2) yerel yoğunluk ölçeklendirmesi, (3) güç dönüşümü, (4) varyans ölçeklendirmesi, (5) dağıtım transferi ve (6) delta değişim yaklaşımı. İkinci yöntem, RCM simülasyonlarını ayarlamadığı, ancak gözlemleri ve sadece RCM değişim sinyalini kullandığı için diğerlerinden farklıdır. Bu, delta-değişim yönteminin kontrol çalışması için değerlendirilemediği anlamına gelir çünkü gözlemlenen iklime karşılık gelir ve bu nedenle tanım gereği mükemmel simülasyonlar verir. Bu çalışmada yağış ve

sıcaklık verileri için toplamda beş farklı bayas düzeltme yöntemi (LS, LOCI, PT, VS ve DM) uygulanmıştır. 1981-2010 döneminde günlük veriler kullanılarak hesaplanan istasyonlardaki yıllık ortalama yağış 650 mm'dir. Benzer şekilde, ortalama yaz yağışı 60.2 mm idi - kış ortalamasından (176.2 mm) daha düşüktü. Ayrıca, havzanın yıllık ortalama sıcaklığı 7.54°C emiştir.

3.6.2. Bayas Düzeltme yöntemleri

3.6.2.1 Yağış ve Sıcaklığın Doğrusal Ölçeklenmesi (LS).

Yağış süresi serileri için, gözlemlenen aylık yağışların uzun vadeli ortalamasının RCM simülasyonlarınınkine oranı olarak tanımlanmıştır. Oran daha sonra ilgili ayın günlük benzetim yağışını çarpmak için kullanıldı (Lenderink Ve Ark, 2007).

$$P_{con,\,cor(d)} = P_{con(d)} \times \left(\frac{P_{obs(m)}}{P_{con(m)}}\right) \tag{3.1}$$

$$P_{sec,\,cor(d)} = P_{sec(d)} \times \left(\frac{P_{obs(m)}}{P_{con(m)}}\right) \tag{3.2}$$

Buradaki Pcon, cor (d), kontrol periyodu boyunca karşılık gelen ayda düzeltilmiş günlük yağıştır; Psec, cor (d) gelecek dönemde aynıdır; Pcon (d) kontrol periyodu boyunca karşılık gelen aydaki düzeltilmemiş günlük yağıştır; Psec (d) gelecek dönemde aynıdır; Pobs (m) kontrol döneminde karşılık gelen ayda gözlemlenen aylık ortalama yağıştır; Pcon (m), gelecek dönemde ilgili aydaki simüle edilen aylık ortalama yağıştır.

Bununla birlikte, sıcaklık süresi serileri için, ilave bir terim, gözlemlenen aylık sıcaklığın uzun vadeli ortalaması ile RCM simülasyonlarınınki arasındaki fark olarak tanımlanır. İlave terim daha sonra ilgili ayın simüle edilmiş günlük sıcaklığına eklenmiştir (Lenderink ve Ark, 2007).

$$T_{con,\,cor}(d) = T_{con(d)} + (T_{obs}(m) - T_{con(m)}) \quad (3.3)$$

$$T_{sec,\,cor}(d) = T_{sec}(d) + (T_{obs}(m) - T_{con(m)}) \quad (3.4)$$

Burada, Tcon, cor (d) kontrol periyodu boyunca karşılık gelen ayda düzeltilmiş günlük sıcaklıktır; Tsec, cor (d) gelecek dönemde aynıdır; Tcon (d) kontrol periyodu boyunca ilgili aydaki günlük ham sıcaklıktır; Tsec (d) gelecek dönemde aynıdır; Tobs (m) kontrol döneminde karşılık gelen ayda gözlemlenen aylık ortalama sıcaklıktır; Tcon (m), gelecek dönemde ilgili aydaki simüle edilen aylık ortalama sıcaklıktır**.**

3.6.2.2. Yağışların Yerel Yoğunluk Ölçeği (LOCI)

Bölgesel İklim modeli (RCM) simülasyonlarının çiseleme günlerinin sayısını fazla tahmin etme eğilimi olduğu ve RCM simülasyonu yağış süresi serisinin ıslak-gün sıklığının gözlemlenen yağışa göre daha yüksek olacağı yaygın olarak bildirilmektedir (Berg, ve Ark, 2012). LS yöntemi sadece ortalamayı ayarlayabildiğinden, ıslak gün frekanslarını daha fazla ayarlamak için bir ıslak gün eşiği kullanılarak LOCI yöntemi geliştirilmiştir (Schmidli, 2006). Bu yöntemde, genellikle üç adım tanımlanmıştır. İlk olarak, ıslak gün eşiği, yağışın RCM simülasyonlarında seçilen bir eşik değerinden küçük olduğu günler hariç gün sayısı, yağışın 0 mm'yi aştığı zaman gözlemlenen ıslak günlerle aynı olacak şekilde belirlenmiştir. LOCI yönteminin ana denklemleri (Teutschbein ve ark, 2012):

$$P1con,(d) = \begin{cases} 0, & \text{If } Pcon,(d) < Pthres \\ Pcon,(d), & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$P1\,sec,(d) = \begin{cases} 0, & \text{if } Psec,(d) < Pthres \\ Psec,(d), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.6)$$

burada P1con, (d) kontrol periyodu boyunca geçici günlük yağıştır; P1sec, (d) gelecekte aynı dönemi; Pcon, (d) kontrol süresi boyunca orijinal günlük yağıştır; Psec, (d) gelecek dönemde aynıdır; Pthres eşiktir.

İkinci olarak, bir ölçeklendirme faktörü, gözlemlenen yağış zaman serisi ile RCM simülasyonları arasındaki ıslak gün yoğunluğunun bir oranı olarak hesaplanmış ve daha sonra kabul edilen yağış eşiği kullanılarak ayarlanmıştır (Schmidli ve ark, 2006):

$$S=\frac{\mu\left(\mathrm{Pobs,m,}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{Pobs}}\mathrm{,m,d}>0\right)-0}{\mu\left(\mathrm{Pcon,m,}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{Pcon}}\mathrm{,m,d}>\mathrm{Pthres}\right)-\mathrm{Pthres}} \quad (3.7)$$

Son olarak, düzeltilmiş günlük yağış, geçiş günlük yağış ile çarpılan bir ölçeklendirme faktörü kullanılarak hesaplanmıştır:

Pcon,cor(d) = s X P1con,(d)

Psec,cor(d) = s X P1sec,(d)

burada Pcon, cor (d), kontrol süresi boyunca düzeltilmiş günlük yağıştır; Psec, cor (d) gelecek dönemde aynıdır; s ve P1sec, (d) Denklemler (5) - (7) 'de aynıdır.

3.6.2.3. Yağışta Güç Dönüşümü (PT)

LS ve LOCI yöntemlerinin varyanstaki sapmaları ayarlayamadığı yaygın olarak kabul edilmektedir (Teutschbein ve ark, 2012). Bu nedenle, RCM simülasyonlarının standart sapmasını (Fang, G.H.ve ark, 2015) daha fazla ayarlamak için üstel bir P + = aPbm formu kullanan, güç dönüşümü (PT) olarak da adlandırılan doğrusal olmayan bir yöntem de test edilmiştir. Bu itibarla, genellikle iki aşama izlenmiştir. İlk olarak, RCM varyans katsayısının aylık gözlemlerle aynı olmasını sağlamak için bir ölçeklendirme faktörü bm hesaplanmıştır (Teutschbein ve ark, 2012):

f(bm) = 0 = CVm(Pobs(d)) - CVm(Pbm con(d))

Daha sonra Pbmcon (d) ve Pbmsce (d) 'ye LS yöntemiyle aynı prosedür uygulanır. Böylece aylık ortalama yağış RCM simüle edilmiş ve gözlemlenen yağış zaman serisi arasında aynı olacaktır.

3.6.2.4. Sıcaklık Varyans Ölçeği (VS)

PT, yağış süresi serilerinin hem ortalama hem de varyansını düzeltmek için etkili bir yol olmakla birlikte, yöntem, sıcaklık normalde dağıtıldığı için sıcaklık zaman serilerinin varyansını ayarlamak için kullanılamaz (Terink, .ve ark, 2010). Bu nedenle, sıcaklık zaman serilerini (Teutschbein, C.ve ark, 2012) saptırmak için başka bir yöntem varyans ölçeklemesi (VS) uygulanır ve (Fang, ve ark, 2015) olarak verildi:

$$=\mathrm{Tcor, m, d} = [\mathrm{Tcon, m, d} - \mu(\mathrm{Tcon, m})]X\ \frac{\sigma(\mathrm{Tobs,m})}{\sigma(\mathrm{Tcon,m})} + \mu(\mathrm{Tobs, m})$$

burada Tcor, m, d düzeltilmiş günlük sıcaklıktır; Tcon, m, d, kontrol süresi boyunca ilgili ayda düzeltilmemiş günlük sıcaklıktır; s (Tobs, m), gözlemlenen sıcaklık zaman serisinin ilgili ayda standart sapmasıdır; s (Tcon, m), ilgili ayda RCM sıcaklık zaman serisinin standart sapmasıdır; m (Tobs, m) karşılık gelen ayda gözlenen aylık ortalama sıcaklıktır.

3.6.2.5. Yağış ve Sıcaklık için Dağıtım Haritalaması (DM)

Dağıtım haritalaması (DM), çok sayıda iklim değişikliği çalışmasında kullanılan popüler bir bayas düzeltme yöntemidir (Berg ve ark.2012, Olsson ve ark.2015, Mbaye ve ark.2016, Tschoke ve ark.2017). Temel ilke, RCM-simüle edilmiş verilerin transfer fonksiyonlarının parametrelerini, aylık ortalama değere göre gözlemlenen verilere göre ayarlamaktı. Tipik olarak, iklim verilerini tanımlamak için iki transfer fonksiyonu uygundur: sırasıyla yağış ve sıcaklık için Gamma ve Gauss dağılımları. Yağış için ilk olarak, rasgele yağış yoğunluğu

belirtilmiş ve simüle edilmiş yağışın kümülatif olasılığını belirlemek için kullanılmıştır. Daha sonra, kümülatif olasılığa dayanarak, düzeltilmiş yağış değeri seçilir. Sıcaklık için, simüle edilmiş sıcaklık verilerinin kümülatif olasılığı belirlenebilir. Daha sonra, olasılığa göre, düzeltilmiş sıcaklık değeri seçilebilir.

3.7. SWAT-CUP 'un Tanımı ve Çalışması

Havza süreçleri çok sayıda parametreden etkilenir, bu da dağıtılmış hidrolojik modellerin dikkate alınmazsa çok sayıda belirsizliğe maruz kalmasına neden olur (Rostamian ve ark., 2008). Bu nedenle, araştırmacılar Markov zinciri Monte Carlo (MCMC) yöntemi gibi çeşitli belirsizlik analizi teknikleri geliştirmişlerdir (Hastings, 1970; Geyer, 1992); genelleştirilmiş olabilirlik belirsizlik tahmini (GLUE) (Beven ve Binley, 1992); parametre çözümü (ParaSol) (van Griensven ve Meixner, 2006); ve bu tür belirsizlikleri açıklamak için ardışık belirsizlik uydurma versiyon 2 (SUFI-2) (Abbaspour ve diğerleri, 2007) (Rostamian ve diğerleri, 2008; Manaswi ve Thawait, 2014; Narsimlu ve diğerleri, 2015). Bu teknikler SWAT ile bir pakete arayüzlenmiştir SWAT kalibrasyon belirsizlik prosedürü (SWAT-CUP) olarak bilinir (Rostamian ve diğerleri, 2008; Narsimlu ve diğerleri, 2015). SWAT-CUP Abbaspour ve ark. Tarafından geliştirilen ücretsiz bir programdır. (2007) SWAT modelinin optimizasyonu için farklı algoritmaların (SUFI-2, GLUE, MCMC ve ParaSol) kullanımına izin verir. Bu, çeşitli hidrolojik parametrelerin duyarlılık analizi, kalibrasyon, validasyon ve belirsizlik analizine izin verir (Mamo ve Jain, 2013; Manaswi ve Thawait, 2014; Szezesniak ve Piniewski, 2015). SUFI-2 algoritması, model kavramsallaştırma, parametreler ve gözlemlenen verilerden kaynaklanan farklı türdeki belirsizlikleri açıklamak için kullanılır (Singh ve ark. 2013; Khalid ve ark., 2016). Girdi parametresi belirsizliği tekdüze bir dağılım ile temsil edilirken, çıktı belirsizliği% 95 tahmin belirsizliğinde (95PPU) hesaplanmaktadır (Szezesniak ve Piniewski, 2015). Bir çıktı değişkeninin kümülatif dağılımı,% 2.5 ve 97.5 tahmin limitinde hesaplanan Latin hiperküp örnekleme yöntemiyle elde edilir (Abbaspour, 2015).

3.8. Parametre duyarlılık analizi

Hidrolojik modellerde giriş parametrelerinin hassasiyetini değerlendirmek için birkaç yöntem vardır. SWAT modelinde, giriş parametreleri SWAT modelinde manuel olarak ayarlanabilir veya SWAT-CUP 'ta erişilebilir. SWAT-CUP, SWAT modellerinin kalibrasyonu için bir bilgisayar programıdır ve programlar SUFI-2 algoritmalarını SWAT'a bağlar. SWAT modellerinin hassasiyet analizini, kalibrasyonunu, validasyonunu ve belirsizlik analizini sağlar. SUFI-2'de parametre belirsizliği, sürüş değişkenlerindeki belirsizlik, kavramsal model, parametreler ve ölçülen veriler gibi tüm belirsizlik kaynaklarını açıklar. Tüm belirsizliklerin dikkate alınma derecesi,% 95 tahmin belirsizliği (95PPU) ile parantez içinde ölçülen verilerin yüzdesi olan P faktörü olarak adlandırılan bir ölçü ile ölçülür. Bir kalibrasyon / belirsizlik analizinin gücünü ölçen bir başka ölçüm, 95PPU bandının ortalama kalınlığı olan ölçülen verilerin standart sapmasına bölünen R faktörüdür. SUFI-2, bu nedenle ölçülen verilerin çoğunu mümkün olan en küçük belirsizlik bandıyla desteklemeyi amaçlamaktadır. 95PPU, Latin hiperküp örneklemesi yoluyla elde edilen bir çıktı değişkeninin kümülatif dağılımının% 2.5 ve% 97.5 seviyelerinde hesaplanır ve çok kötü simülasyonların% 5'ine izin verilmez (Abbaspour,2012). Teorik olarak, P faktörünün değeri% 0 ile% 100 arasında değişirken, R faktörünün değeri 0 ile sonsuz arasında değişmektedir. 1'in bir P faktörü ve sıfırın R faktörü, ölçülen verilere tam olarak karşılık gelen bir simülasyondur. Her seferinde bir hassasiyet yöntemi (ONE-AT-A-TIME), diğer tüm parametreler bir değerde sabit tutulursa, bir değişkenin bir parametredeki değişikliklere duyarlılığını gösterir. En uygun giriş değerini ve toplam belirleme katsayısını elde etmek için her bir giriş parametresi için on iterasyon gerçekleştirilmiştir.

3.9. SWAT Modelinin Kalibrasyonu ve Validasyonu.

Su akımı simülasyonu için en etkili parametreler, modelin kalibrasyonu yapılmadan önce hassasiyet analizi ile tahmin edilmiştir (Çizelge 3.5). ArcSWAT

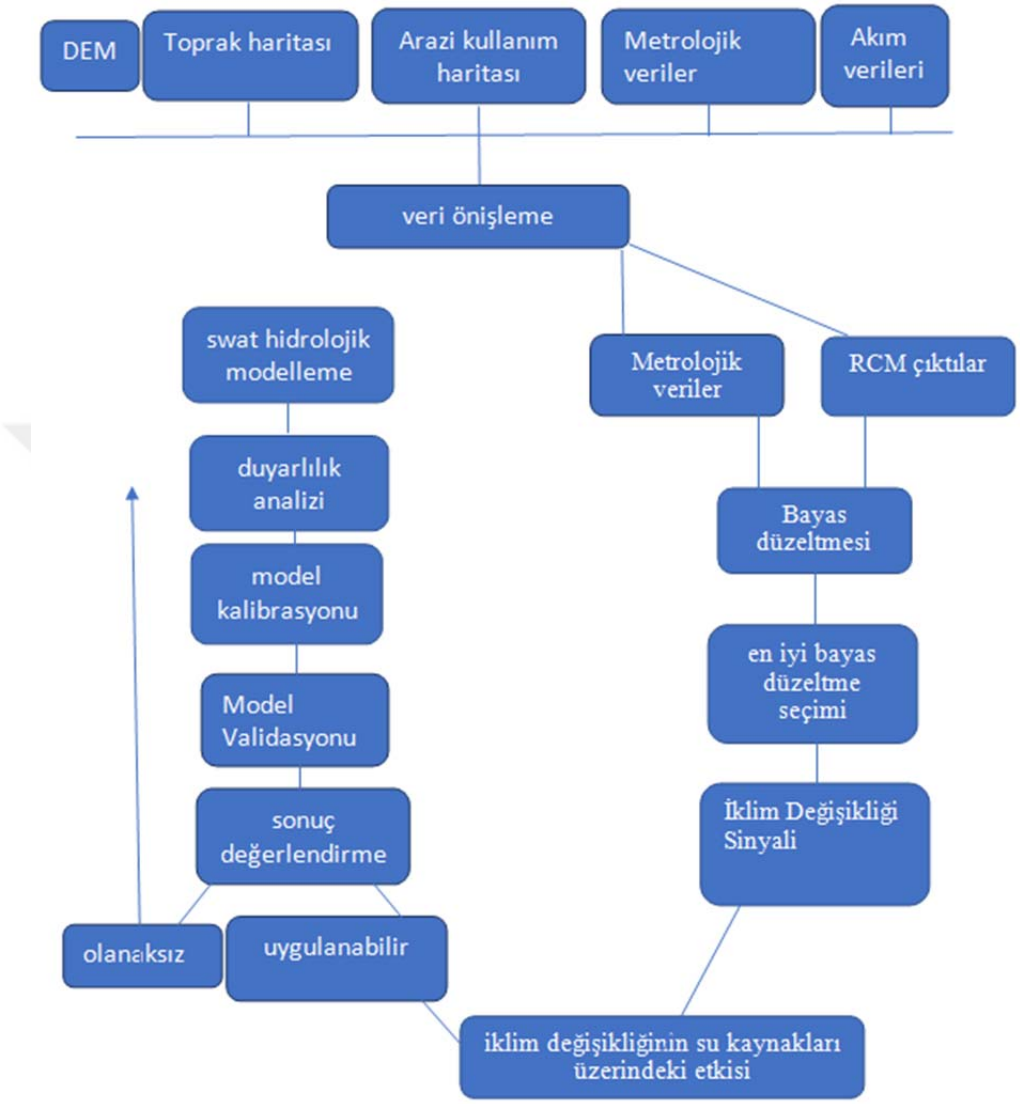
çok sayıda hidrolojik parametre içerdiğinden ve hepsi model çıktısına önemli bir katkıda bulunmayabileceğinden, su akışı simülasyonu için önemli giriş parametrelerinin tanımlanması gerekir. Bu alıştırma, sadece kalibrasyon için parametre sayısını azaltmaya yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda belirli bir parametreyi ne kadar hassas bir şekilde ele almamız gerektiğini de önerir. ArcSWAT modeli SUFI-2 optimizasyon tekniği kullanılarak kalibre ve valide edilmiştir. Model kalibrasyonu için 1988'den 1997'e kadar gözlenen aylık akış verileri ve model validasyonu için 1998'ten 2000'e kadar olan veriler kullanılmıştır. 1985-1987 verileri, modelin durum değişkenlerinin makul başlangıç değerlerini başlatmasını ve buna yaklaşmasını sağlayan ısınma süresi olarak tutulmuştur. Geçmiş çalışmalardan, çeşitli çalışmalarda SWAT'ın ısınma süresi olarak 3 yıldan az veya daha az olan bölgeye özgü havza modelleri geliştirmek için kullanıldığı ve sonuçlarının oldukça tatmin edici olduğu rapor edilmiştir (örn. Stehr ve ark. 2008; Kalogerophoulous ve Chalkias 2012; Joh ve ark.2011). Bu nedenle, bu çalışmada kullanılan 3 yıllık ısınma süresi makul olarak değerlendirilebilir. Kalibrasyon ve validasyon sırasında geliştirilen modelin performansı seçilen istatistiksel göstergeler (yani belirleme katsayısı (R^2) ve Nash Sutcliffe verimliliği (NSE)) ve grafik göstergeler kullanılarak değerlendirildi. Ek olarak, kalibrasyon ve validasyon sırasında modelin performansını daha da değerlendirmek için P ve R faktörü de SWAT-CUP kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.5. Seyhan Nehri Havzası analizinde kullanılan ana parametreler

Değişken	Parametre açıklaması	Aralık Min-Max	Son parametre değeri
CN2	Akıntı eğrisi numarası	-40-10	5.85
SOL_AWC	Toprak tabakasının mevcut su kapasitesi	-50-0	229.0
OV_N		50-350	-5.75
HRU_SLP	Ortalama eğim dikliği	-20-10	-21.15
SMTMP	Kar erime sıcaklığı	1-28	9.343
SFTMP	Kar yağışı sıcaklığı	0-2	1.646
SMFMN	Yıl boyunca kar için minimum erime oranı	-10-20	-3.67
SMFMX	Yıl boyunca kar için maksimum erime oranı	-10-2	-6.676

3.10. SWAT Model Simülasyonu

Kalibre edilmiş ve valide edilmiş SWAT modeli, Temel süre (1981-2005), ve gelecek (2045-2080) dönemlerinde Seyhan Nehri Havzası'nın hidrolojik bileşenlerini simüle etmek için uygulanmıştır. IPSL-CM5 çıktılarından gelecek iklim senaryolarına dayalı olarak üretilen hava, gelecekteki hidrolojik koşulların simülasyonunda kullanılmıştır. İklim değişikliği tespiti için, IPSL-CM5'in başlangıç dönemine ait simüle edilmiş hava koşulları, gözlemlenen geçmiş iklim durumu verilerini kullanmak yerine kullanılmıştır. Tüm hidrolojik simülasyonlarda, üretilen hava durumu verileri kullanılmıştır, çünkü üretilen hava koşullarında her iki durumda da tutarlı olacak bir sapma varsa ve bu nedenle iklim değişikliğinin tahmini daha gerçekçi olacaktır**.**

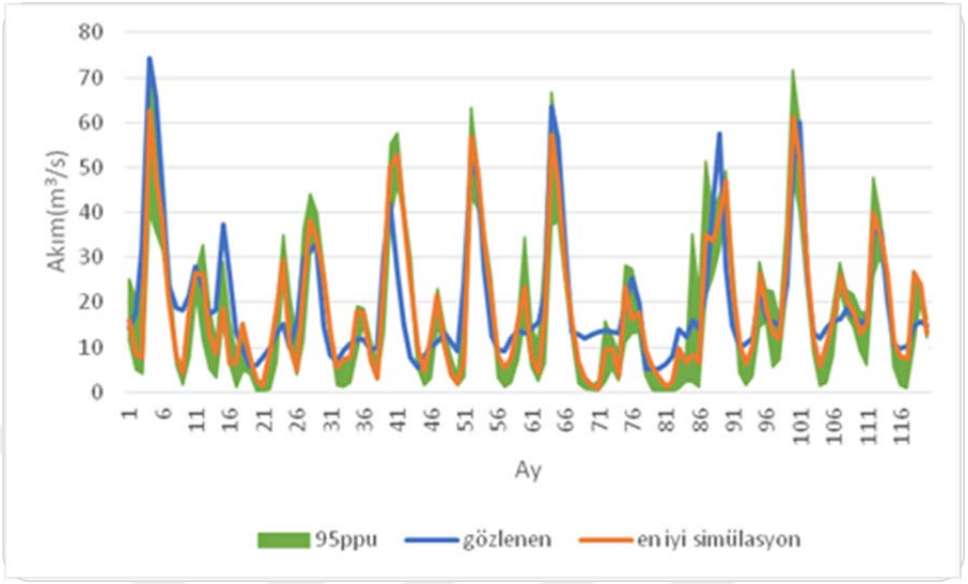


Şekil 3.5. Çalışmanın kavramsal çerçevesi

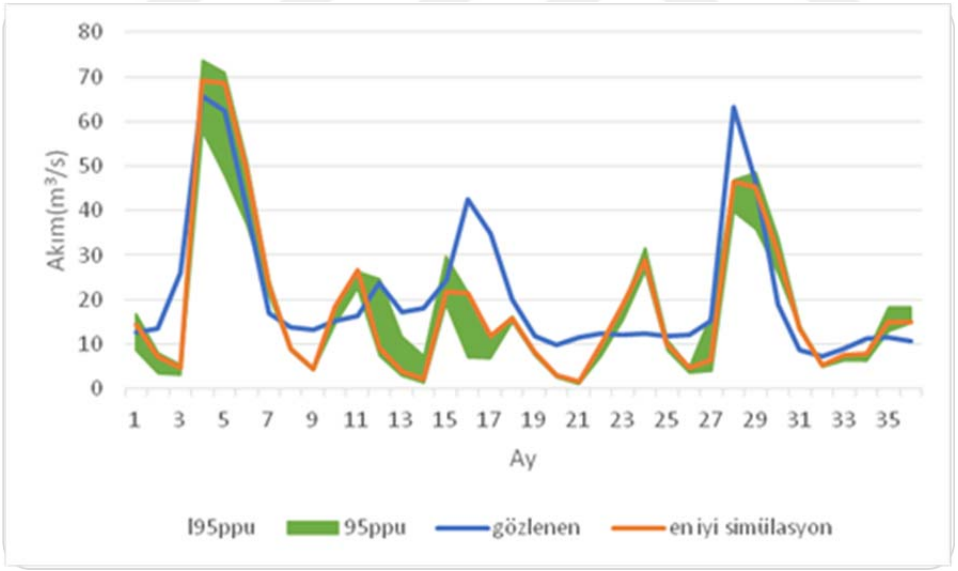
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. SWAT modeli kalibrasyonu, validasyonu ve belirsizlik analizi.

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2, hem kalibrasyon hem de validasyon periyotları için gözlenen ve simüle edilmiş akış hidrograflarının neredeyse benzer dağılımını göstermektedir. Kalibrasyon ve validasyon periyotları sırasında (çizelge 4.1) NSE (Nash-Sutcliffe Verimliliği) değerleri sırasıyla 0.63 ve 0.60'dir, bu da model performansının aylık zaman adımında oldukça tatmin edici olduğunu gösterir. Benzer şekilde, daha yüksek R^2 değerleri (kalibrasyon ve validasyon için sırasıyla 0.69 ve 0.70), gözlemlenen ve simüle edilen akışlar arasında iyi bir korelasyon olduğunu doğrular. Ayrıca, model sonuçları için% 95 Tahmin Belirsizlik bandı (95PPU, çıktı değişkenlerinin kümülatif dağılımının% 2.5 ve% 97.5 seviyelerinde hesaplanmıştır), Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de gösterilmektedir; burada gölgeli yeşil bölgeler simülasyon ile% 95 tahmin belirsizliğini (95PPU) gösterir. Kalibrasyon için modelin gücü, P faktörü ve R faktörü olmak üzere iki farklı istatistik kullanılarak ölçülmüştür. P faktörü,% 95 tahmin belirsizliği (95PPU) ile parantez içinde ölçülen verilerin yüzdesi olarak tanımlanırken, R faktörü, 95PPU bandının ortalama kalınlığının, ölçülen verilerin standart sapmasına bölünmesiyle elde edilir. P faktörünün (Aralık =% 0-100) değeri% 100 veya birliğe eşittir ve sıfıra yakın R faktörünün (Aralık = 0 - ∞) değeri, gözlemlenen ve simüle edilen sonuçların tam olarak eşleştiği ideal bir durumu gösterir (Abbaspour, 2011). Çizelge 4.1'deki model performans metrik değerleri ve P faktörü ve R faktörü, modelin Seyhan Havzası akımını simüle etmede güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, model kalibrasyonu için bu çalışmada kullanılan SUFI-2 tekniğinin, hem kalibrasyon hem de validasyon periyotları boyunca gözlemlenen akımın tatmin edici bir şekilde yakaladığını göstermektedir.



Şekil 4.1. Kalibrasyondan sonra (1987-1998) Gözlemlenen akış,% 95 model belirsizliği ve en simülasyon



Şekil 4.2. Validasyondan sonra (1998-2000) Gözlemlenen akış,% 95 model belirsizliği ve en iyi simülasyon

Çizelge 4.1. Aylık akarsu akımının simülasyonunda SWAT modeli performans istatistikleri

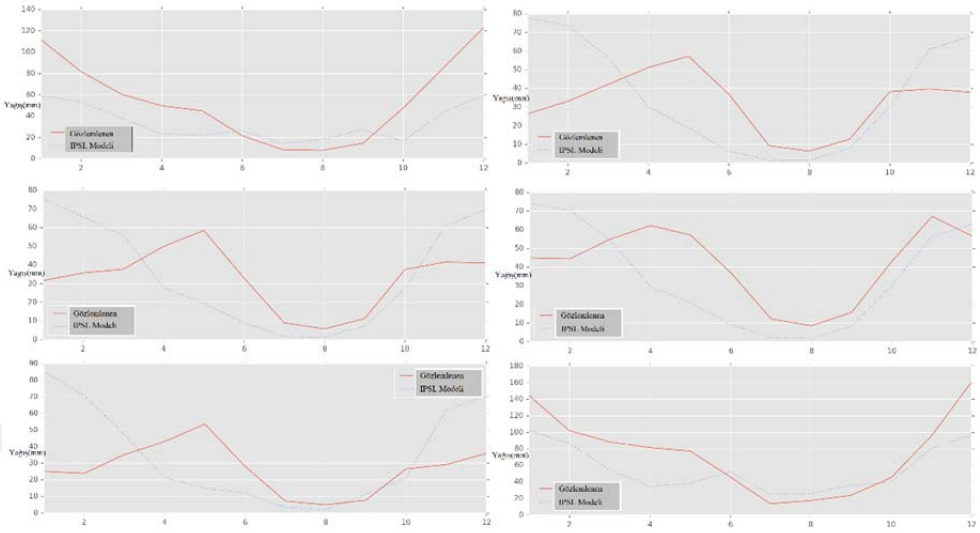
İstatistiksel göstergeler	Kalibrasyon(1988-1997)	Validasyon(1998-2000)
Korelasyon katsayısı(R2)	0.69	0.70
Nash ve Sutcliffe katsayısı	0.63	0.60
PBIAS	6.6	14.8
RSR	0.61	0.63
P- faktörü	0.82	0.78
R-faktörü	1.82	1.67

4.2. Bayas düzeltmesi

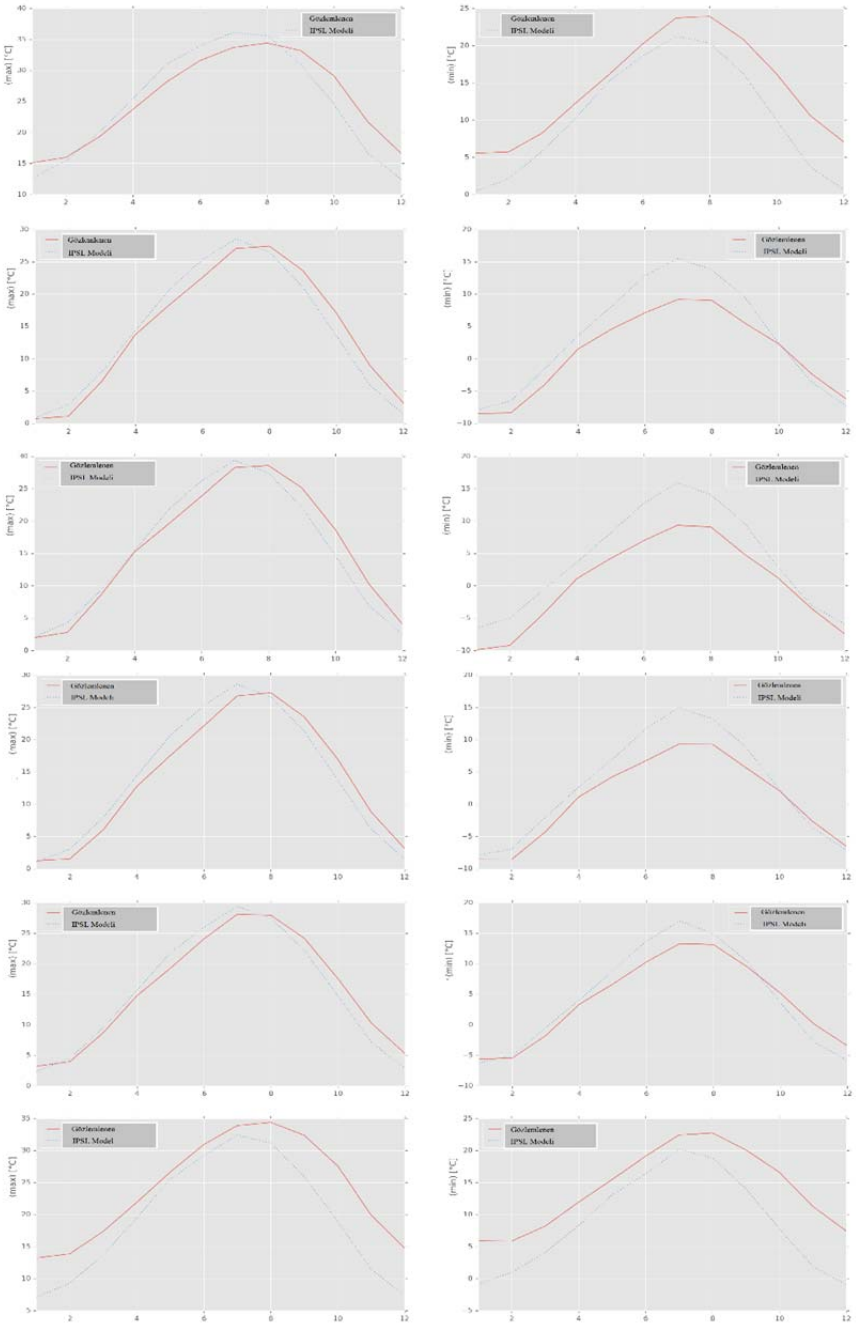
Sıcaklık ve yağış verilerinin her biri için üçer tane farklı bayas düzeltme yöntemi kullanılmıştır (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Standart sapma ve aylık ortalama yağış ve sıcaklık sonuçlarına dayanarak aralarındaki en iyi iki yöntem seçilmiştir. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da belirtildiği gibi her 5 yöntemde nerdeyse hepsi çok iyi aylık ortalama sonuçları vermişlerdir. Standart sapma sonuçları, yağış için PT yönteminin ve sıcaklık için ise DM yöntemi kullanımın uygun olduğu görülmüştür.

Altı meteoroloji istasyonunun ve tarihi modelin kullanılan bölgesel iklim modelli (IPSL-CM5) için yapılan bayas düzeltmesi çok iyi sonuçlar vermektedir. Şekil 4.3,4.4,4.5 ve 4.6 (1981–2005) dönemindeki tüm istasyonlar için ortalama bayas düzeltmesi yapılmadan önce ve yapıldıktan sonraki halini gösterir. Bayas düzeltmesi yapılmamış veriler ve gözlenen aylık yağışlar arasındaki sapma, özellikle yağmur mevsimi (Aralık-Mart) zirvesinde belirgindir. Bu sapmaların aksine (Şekil 4.5), bayas düzeltmeden sonra ortalama aylık yağış için hiç sapma göstermemektedir.

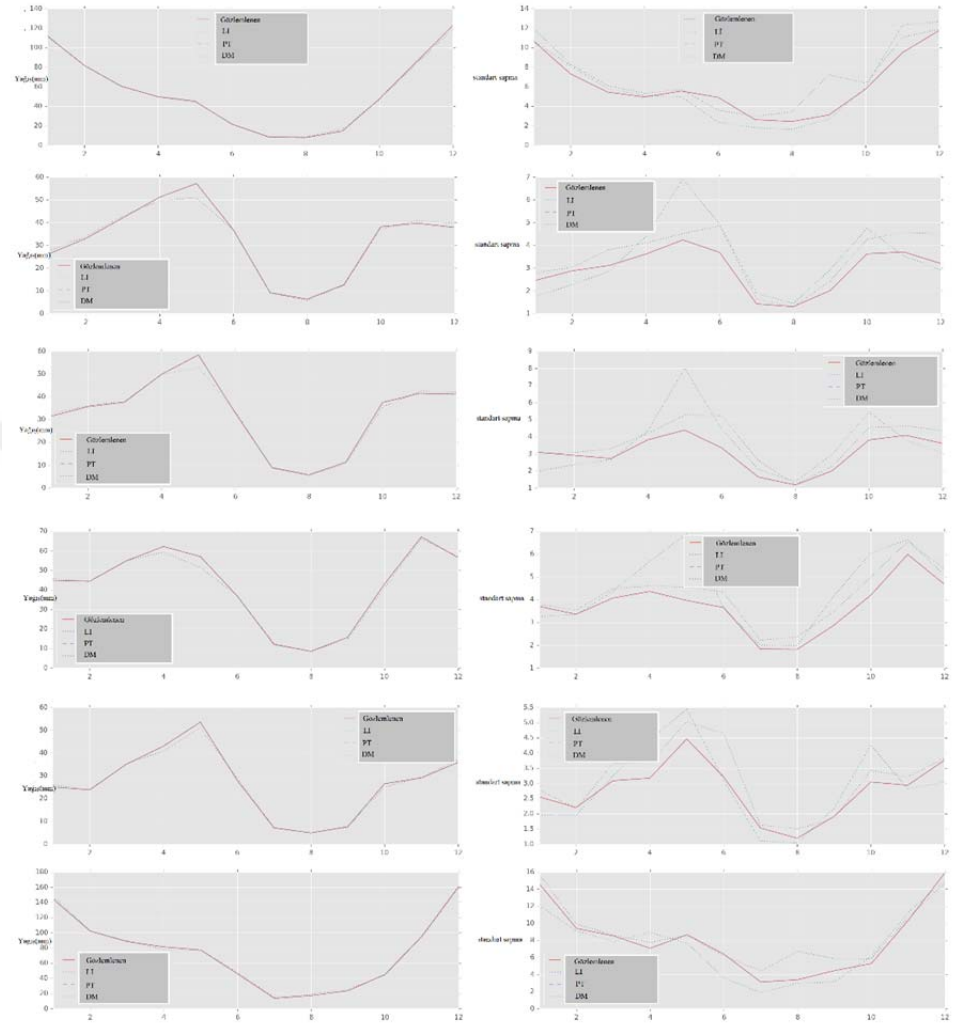
Benzer bir durum (Şekil 4.6) bayas düzeltmesinden sonraki sıcaklık için gözlemlenebilir. Şekil 4.4 gösterildiği gibi 6 istasyonun maksimum ve minimum sıcaklıklarının arasındaki sapmanın birbirine yakın olduğunu ve yağıştaki sapmaya göre çok daha az olduğunu göstermektedir.



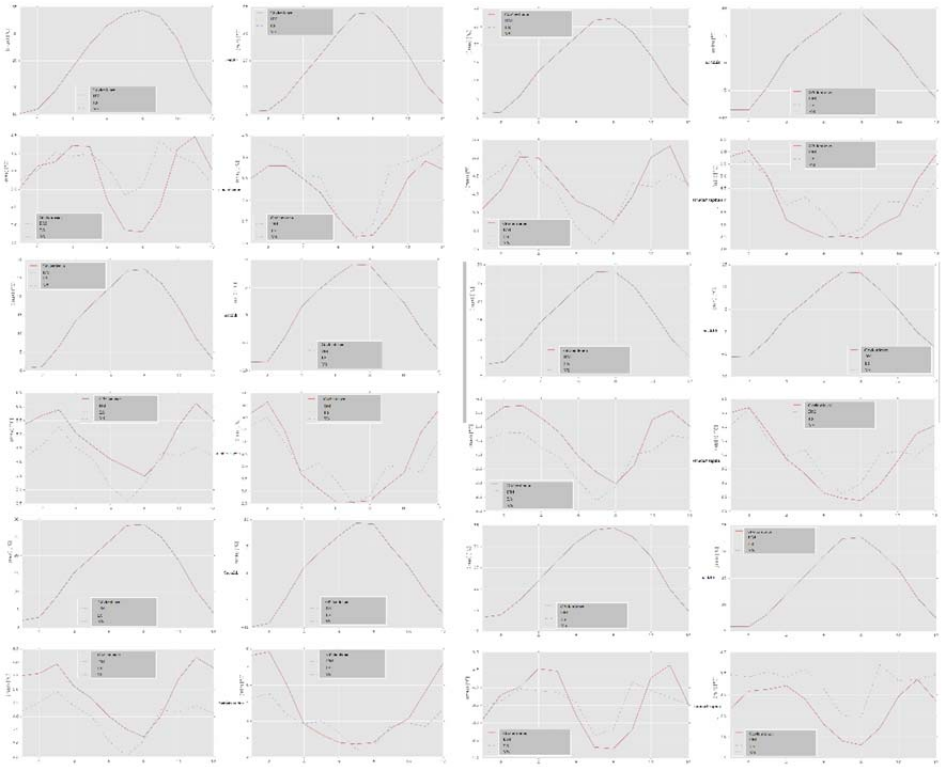
Şekil 4.3. Ortalama aylık yağışın gözlemlenen (1981-2005) ve IPSL modelinin bayas düzeltmesi yapılmadan önceki halini göstermektedir



Şekil 4.4. Ortalama aylık maksimum ve minimum sıcaklığın gözlemlenen (1981-2005) ve İPSL modelinin bayas düzeltilmemiş hali



Şekil 4.5. Ortalama aylık yağışın gözlemlenen (1981-2005) ve üç yöntemle (DM,LI ve PT) bayas düzeltmesi yapılmış halini göstermektedir



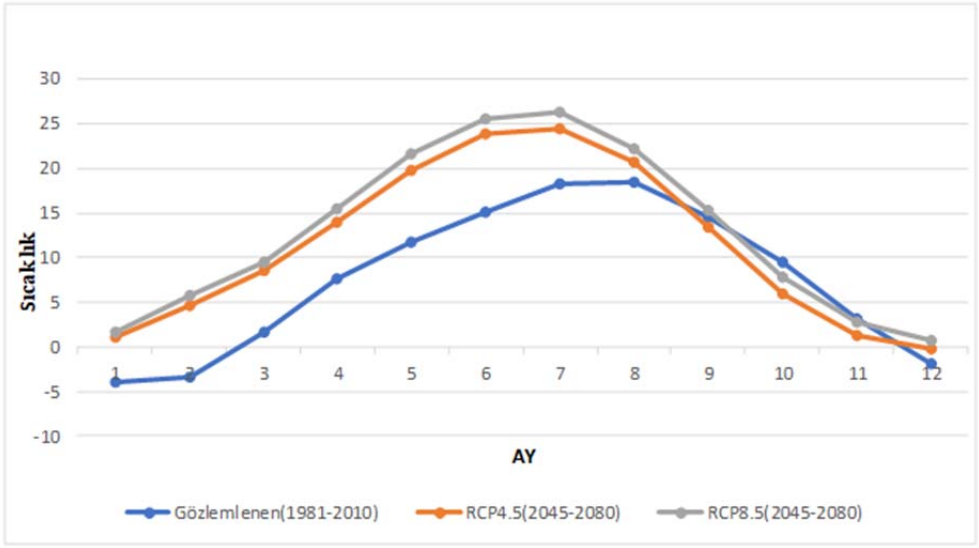
Şekil 4.6. Ortalama aylık maksimum ve minimum sıcaklığın gözlemlenen (1981-2005) ve üç yöntem ile (DM, LS ve VS) bayas düzeltmesi yapıldıktan sonrasını göstermektedir

4.3. İklim Değişikliği Sinyali

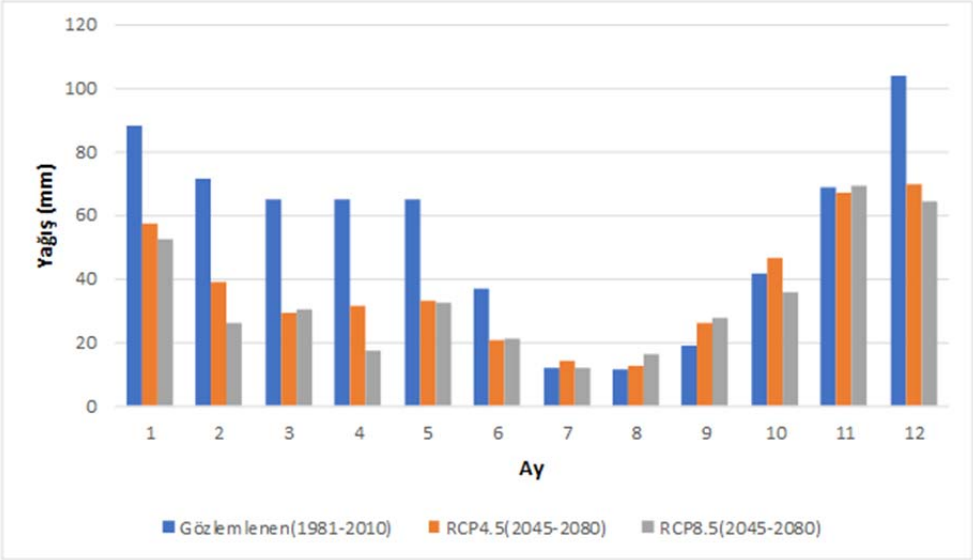
Med-Cordex tarafından RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları altında simüle edilen 2045–2080 gelecek periyodu için aylık ortalama maksimum ve minimum sıcaklıklar ve karşılık gelen simüle edilmiş temel süreç 1981–2005 Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

İklim değişikliği etkilerinin hidrolojik modellenmesinde en önemli ve yaygın olarak kullanılan iklim parametrelerinden ikisi yağış ve sıcaklıktır. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8, her iki parametrenin iklim değişikliği sinyalini, bayas düzeltilmiş tarihsel model çalışmalarını aylık zaman çözünürlüğünde RCP senaryolarına dayanan bayas düzeltilmiş projeksiyonlarla karşılaştırarak göstermektedir. Sıcaklık

sinyali (Şekil 4.7) genellikle, Aralık ile Ağustos ayları arası en yüksek artışa sahip 5 ile 10 °C arasındaki sıcaklıkların yükselme eğilimini göstermektedir. Ayrıca, her iki senaryo altında Ekim ve Kasım aylarında genel olarak maksimum ve minimum sıcaklıkta genel bir düşüş göstermektedir. Yağışların (Şekil 4.8) iki RCP senaryosundaki tüm modellerin yağış değişiminin ortalama değişmesine göre azalacağı tahmin edilmektedir. Yıllık mevsimde yağış deseni kuru mevsimde etkilenmez. En yüksek düşüş, nisan ayında -47 mm (RCP 8.5), en yüksek artış ise eylül ayında +8.5 mm'dir (RCP 8.5). Yağış mevsiminde yağış değişimleri sıcaklık sinyaline göre daha karmaşık görünse de, bazı desenler açıkça görülebilir.



Şekil 4.7. Gözlemlenen (1981-2010) ve RCP 4.5 ve RCP 8.5 gelecek (2045-2080) ortalama aylık sıcaklık değerleri

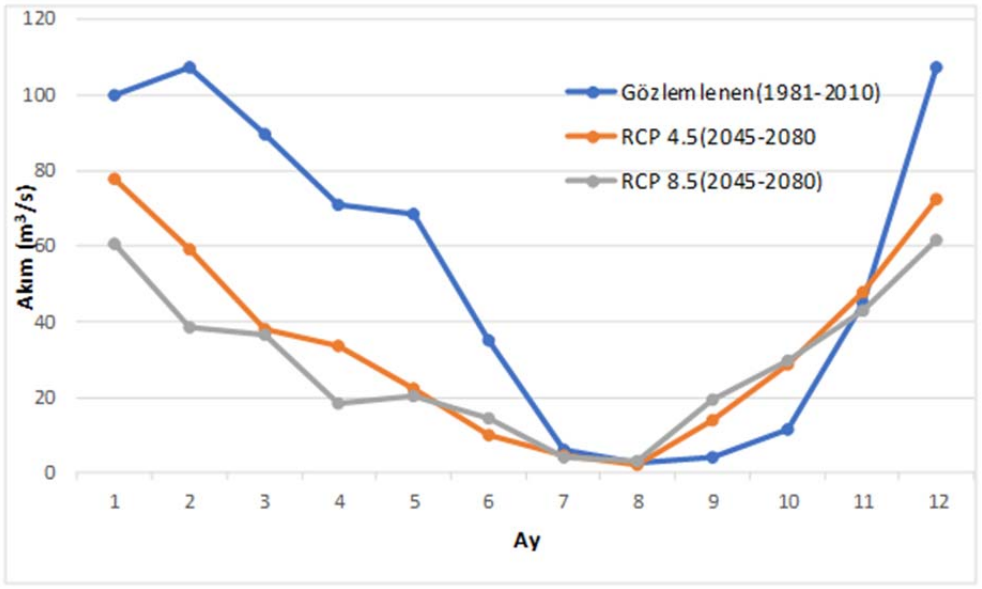


Şekil 4.8. Gözlemlenen (1981-2010) ve RCP 4.5 RCP 8.5 gelecek (2045-2080) ortalama aylık yağış değerleri

4.4. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkileri

Bu çalışmada, IPSL-CM5 modelinin verilerini kullanarak, iklim değişikliği senaryoları (RCP 4.5 ve RCP 8.5) SWAT modeli ile Seyhan Nehri Havzası için değerlendirilmiştir; bu, aylık akıştaki değişikliklerin değerlendirilmesini içermekteydi. 2045-2080 dönemi için beklenen yağmur miktarının azalması ve sıcaklığın artması olumsuz etkiler yaratır. Dolayasıyla Seyhan havzasının su kaynaklarının azalmasına yol açar. Arcswatla simüle edilen yağmur ve sıcaklık verileri RCP 4.5 senaryosu altında havzadaki akımın % 65e kadar düşmesi ve bu rakamın RCP 8.5 altında % 85e kadar yükselmesi öngörülmektedir. Şekil 4.9, aylık ortalama akımın güz mevsiminde (Eylül, Ekim ve Kasım) diğer mevsimlerin aksine artacağını göstermektedir. Bununda nedeni bu aylarda yağmurun artışı ve sıcaklığın düşmesinden kaynaklıdır. Ayrıca su veriminin gelecek dönem için (2045-2080), geçmiş zamanla (1981-2010) kıyasladığımız da RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryoları altında sırasıyla %-74 ve %-95 bir değişiklik göstermektedir. Seyhan

havzasının ortalama aylık değerleri (geçmiş tarih RCP 4.5 ve RCP 8.5) detaylı bir şekilde Çizelge 4.2,Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 de gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Gözlemlenen (1981-2010) ve RCP 4.5, RCP 8.5 gelecek (2045-2080) ortalama aylık Akım (m^3/s değerleri)

4.5. İklim değişikliği uygulamasının belirsizliği ve akım üzerindeki etkileri.

Hidrolojik modelleme neredeyse her zaman belirsizlik içerir. Bu özellikle (1) kaydedilmiş alan verilerinin belirsizliğinden (Abbaspour ve diğerleri, 1997) ve (2) uygulanan hidrolojik modelin kendisinin belirsizliğinden kaynaklanmaktadır (Adem ve diğerleri, 2016). İklim değişikliği modelleri uygulanırken, (3) iklim sisteminin iç değişkenliği, (4) iklim sisteminin gelişimi ve (5) bu değişikliklerin GCM içinde uygulanması da dahil olmak üzere ek belirsizlikler ortaya çıkmaktadır (Bates, 2008). Bu şekilde, mevcut araştırmanın belirgin kısıtlamaları vardır. Yukarıdaki belirsizlik kaynaklarının her biri geçerlidir ve bunların tümü ölçülemez. Bu nedenle, sonuçlar uygun bir dikkatle ele alınmalıdır**.**

Çizelge 4.2. Seyhan havzasının geçmiş tarih (1981-2010) aylık ortalama değerleri

Ay	Yağmur (mm)	Kar yağışı (mm)	Yüzey akış (mm)	Yanal akış (mm)	Su verimi (mm)	Et (mm)
1	88.19	11.14	41.48	5.33	51.89	16.9
2	71.88	11.24	29.14	4.96	43.38	19.78
3	64.9	8.16	24.65	3.95	38.87	31.59
4	64.89	1.62	17.92	3.43	29.79	37.49
5	65.33	0.14	18.79	3.12	29.24	45.53
6	36.83	0	8.54	1.87	14.49	54.05
7	12.05	0	1.17	0.78	2.93	42.09
8	11.32	0	0.41	0.56	1.26	20.63
9	19.33	0	0.93	0.9	2.02	15.65
10	41.83	0.42	3.29	1.88	5.17	20.05
11	69.09	6.02	16.08	3.54	19.12	20.69
12	104.35	10.37	43.67	5.87	50.99	17.01

Çizelge 4.3. Seyhan havzasının RCP 4.5 Senaryosu altında (2045-2080) aylık ortalama değerleri

Ay	Yağmur(mm)	Kar yağışı(mm)	Yüzey akış (mm)	Yanal akış (mm)	Su verimi (mm)	Et(mm)
1	57.65	13.55	21.47	3.96	31.40	15.93
2	38.99	5.41	10.40	2.48	20.47	18.67
3	29.45	0.73	5.13	1.79	14.45	25.76
4	31.60	0.23	6.74	1.58	13.24	26.88
5	33.23	0.00	4.61	1.95	9.52	33.57
6	20.92	0.00	1.90	1.34	4.83	35.14
7	14.21	0.00	0.77	0.89	2.37	25.66
8	12.85	0.00	0.47	0.55	1.28	15.51
9	26.34	0.10	4.82	0.93	5.74	13.92
10	46.56	1.46	9.97	2.01	12.11	18.96
11	67.26	9.41	16.27	3.35	19.63	16.82
12	69.90	14.89	23.76	4.33	30.58	14.56

Çizelge 4.4. Seyhan havzasının RCP 8.5 altında (2045-2080) aylık ortalama değerleri

Ay	Yağmur (mm)	Kar yağışı (mm)	Yüzey Akış (mm)	Yanal akış (mm)	Su verimi (mm)	Et (mm)
1	52.81	8.11	15.57	3.54	24.51	17.53
2	25.90	2.31	5.66	1.67	13.41	19.49
3	30.43	1.01	8.13	1.42	14.58	24.68
4	17.72	0.00	2.71	1.05	7.04	23.53
5	32.49	0.00	5.90	1.74	9.40	29.21
6	21.34	0.00	3.30	1.51	6.64	29.64
7	11.83	0.00	0.68	0.63	2.41	19.00
8	16.38	0.00	0.66	0.72	1.81	15.58
9	27.85	0.00	8.53	0.99	8.92	15.04
10	35.63	0.36	10.93	1.49	13.53	16.10
11	69.51	5.24	14.65	2.82	17.50	16.35
12	64.78	9.33	19.91	4.36	25.72	16.87

4.6. Çalışmanın kısıtlamaları

Hidrolojik bileşenlerin gelecek için öngörüleri, aynı arazi kullanımı ve mevcut toprak özelliklerinin kullanımına dayanmıştır. Bu çalışmada, sulama ve elektrik gibi gelecekteki gelişim projeleri de dikkate alınmamıştır. Bu gelecekteki projeler belki de çalışma alanının hidrolojisini değiştirebilir. Bu nedenle, öngörülen sonuçların araştırma çalışmalarının bu bölgelerini koruduğu göz önünde bulundurulmalıdır

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, iklim değişikliğinin havzanın su kaynakları üzerindeki etkilerini farklı zamansal ve mekânsal ölçeklerde ölçümü gerçekleştirmek için Seyhan Nehri Havzası'nda bir Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) modeli oluşturulmuş, kalibre edilmiş ve validasyonu yapılmıştır (doğrulanmıştır). Dijital yükseklik modeli (DEM), arazi kullanımı, toprak tipi ve meteorolojik veriler dahil edilerek, bu bölgedeki aylık akışı simüle etmek için SWAT modeli Seyhan Nehri Havzası'na uygulanmıştır. SWAT modeli, R^2 ve NSE değerleri 0.6'dan daha yüksek olan havza için aylık ölçeklerde hidrolojik modelleme için iyi performans göstermiştir. Oluşturulan SWAT modeli, bayas düzeltilmiş CORDEX Akdeniz projeksiyonları çıktılarını kullanarak gelecekteki iklim değişikliklerinin (yani sıcaklık ve yağış değişiklikleri) havzadaki akış üzerindeki etkilerini araştırmak için kullanılmıştır. Sonuçlar, genel olarak, yağış akışının etkisinin hava sıcaklığından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Artan sıcaklık veya yağışlardaki azalma, akışta azalmaya neden olur.

Ortalama aylık minimum ve maksimum sıcaklıktaki artış ve yağıştaki düşüş, ortalama evapotranspirasyon'nın (ET) azalması, ortalama toprak suyu içeriği ve yeraltı suyu şarjının azalmasına neden olmuştur. Sıcaklığın artması ve yağmurun düşüşü, kış, bahar ve yaz mevsimlerinde ortalama toplam su veriminde ve akışında bir azalmaya neden oldu, ancak güz mevsiminde arttığını göstermektedir. Gelecek dönemde (2045-2080) evapotranspirasyon (ET) beklenen azalma bitki örtüsünün büyümesini, gelişmesini ve dağılımını etkileyecektir. Ayrıca, kıyısal ekosistemlerin kalitesi, ekolojik akışların altındaki akış akışlarının sıklığı nedeniyle bozulacaktır.

Bu çalışmanın sonuçları, su yöneticilerinin iklim değişikliğinin bölgesel ve yerel ölçeklerde su kaynakları üzerindeki önemli etkilerini belirlemesi için ayrıntılı ve yerel bilgiler sunmaktadır. Bu etki tanımlama ve miktar belirleme, iklim değişikliği tehditleriyle yüzleşmek için uyum önlemleri tasarlamanın anahtarıdır.

Böyle bir modelleme aracının mevcudiyetinin ve iklim kaynaklı hidrolojik değişimler bilgisinin gelecekte su kaynaklarının dağılımını ve kullanılabilirliği anlamada yardımcı olabileceğine ve makul yönetim seçeneklerinin oluşturulmasına yardımcı olacağına inancı kanıtlamaktadır.

KAYNAKLAR

Abbaspour KC (2011) SWAT calibration and uncertainty programs: a user manual. Swiss federal institute of aquatic science and technology. Eawag, Dubendorf

Abbaspour KC, Yang J, Maximov I, Siber R, Bogner K, Mieleitner J, Zobrist J, Srinivasan R (2007) Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. J Hydrol 333:413–430. doi:10.1016/j.bbr.2011.03.031

Abbaspour, K.C., 2015. SWAT-CUP 2012: SWAT Calibration and Uncertainty Programs – a User Manual. Eawag Aquatic Research, Switzerland.

Abbaspour, K.C., et al., 2007. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. J. Hydrol. 333 (2–4):413–430. http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.09.014.

Abbaspour, K.C., van Genuchten, M.T., Schulin, R., Schläppi, E., 1997. Asequential uncertainty domain inverse procedure for estimating subsurface flow and transport parameters. Water Resour. Res.33 (8), 1879–1892.

Adem, A., Tilahun, S.A., Ayana, E.K., Worqlul, A.W., Assefa, T.T., Dessu, S.B., Melesse, A.M., 2016. Climate change impact on sediment yield in the Upper Gilgel Abay catchment, Blue Nile Basin, Ethiopia. In: Melesse, A.M., Abtew, W. (Eds.), Landscape Dynamics, Soils and Hydrological Processes in Varied Climates. Springer International Publishing, pp.615–642 (Ch. 28).

Arnold JG, Srinivasan R, Muttiah RS, Williams JR (1998) Large area hydrologic modeling and assessment:Part I Model development. J Am Water Resour Assoc 34(1):73–89

Arnold, J.G., et al., 2012. SWAT:model use, calibration, and validation. Am. Soc. Agric. Biol.Eng. 55 (4), 18.

Baker, T.J., Miller, S.N., 2013. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to assess land use impact on water resources in an East African watershed. J. Hydrol. 486,10 https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.01.041.

Bates, B., Kundzewicz, Z., Wu, S., Palutikof, J., 2008. Climate Change and Water. Tech. rep. http://www.citeulike .org /group /14742 /article /8861411 %5Cn. http://www.ipcc .ch /publications _and _data /publications _and _data _technical _papers .shtml #.UREVW6X7Uy4.

Berg, P.; Feldmann, H.; Panitz, H.J. Bias correction of high resolution regional climate model data. J. Hydrol. **2012**, 448, 80–92. [CrossRef]

Beven, K.J., Binley, A., 1992. The future of distributed models: model calibration and uncertainty prediction. Hydrol. Process. 6, 279–298.

Casanueva, A., Kotlarski, S., Herrera, S., Fernández, J., Gutiérrez, J.M., Boberg, F., et al., 2016.Daily precipitation statistics in a EURO-CORDEX RCM ensemble: added value of rawand bias-corrected high-resolution simulations. Clim. Dyn. 47, 719–737. https://doi.org/10.1007/s00382-015-2865-

Chen, J., Brissette, F.P., Chaumont, D., Braun, M., 2013b.Performance and uncertaintyevaluation of empirical downscaling methods in quantifying the climate changeimpacts on hydrology over two North American river basins. J. Hydrol. 479,200–214.

Clarke L, Edmonds J, Jacoby H, Pitcher H, Reilly J, Richels R (2007) Scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations. Department of Energy, Office of Biological & Environmental Research. The U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington, 7DC USA

Dosio, A., Panitz, H.-J., Schubert-Frisius, M., Lüthi, D., 2015. Dynamical downscaling of CMIP5 global circulation models over CORDEX-Africa with COSMO-CLM: evaluation over the present climate and analysis of

the added value. Clim. Dyn. 44, 2637–2661. https://doi.org/10.1007/s00382-014-2262-x.

DSİ,2019,DSİ Akım Gözlem.Alınan yer(http://www.dsi.gov.tr/faaliyetler/akim-gozlem-yilliklari)

Durman, C., Gregory, J.M., Hassell, D.C., Jones, R., Murphy, J., 2001.A comparison of ex-treme European daily precipitation simulated by a global and a regional climatemodel for present and future climates. Q. J. R. Meteorol. Soc. 127, 1005–1015.

Fang, G.H.; Yang, J.; Chen, Y.N.; Zammit, C. Comparing bias correction methods in downscaling meteorological variables for a hydrologic impact study in an arid area in china. Hydrol. Earth Syst. Sci. **2015**,19, 2547–2559. [CrossRef]

Fang, G.H.; Yang, J.; Chen, Y.N.; Zammit, C. Comparing bias correction methods in downscaling meteorological variables for a hydrologic impact study in an arid area in china. Hydrol. Earth Syst. Sci. **2015**, 19, 2547–2559. [CrossRef]

FAO, 1995. The Digital Soil Map of the World and Derived Soil Properties. FAO, Rome.

Fowler, H.J., Blenkinsop, S., Tebaldi, C., 2007. Linking climate change modelling to impactsstudies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modelling. Int.J. Climatol. 27, 1547–1578.https://doi.org/10.1002/joc.1556.

Friedl, M., Sulla-Menashe, D. (2019). *MCD12Q1 MODIS/Terra+Aqua Land Cover Type Yearly L3 Global 500m SIN Grid V006* [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. Accessed 2019-09-25 from https://doi.org/10.5067/MODIS/MCD12Q1.006

Gassman, P.W., Reyes, M.R., Green, C.H., Arnold, J.G., 2007. The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions. Trans.ASABE 50 (4), 1211–1250.

Geyer, C.J., 1992. Practical Markov chain Monte Carlo. Stat. Sci. 7, 473–511.

Golmohammadi, G., Prasher, S., Madani, A., Rudra, R., 2014. Evaluating three hydrological distributed watershed models: MIKE-SHE, APEX, SWAT. Hydrology 1, 20–39.

Grusson, Y., Sun, X., Gascoin, S., Sauvage, S., Raghavan, S., Anctil, F., et al., 2015. Assessing the capability of the SWAT model to simulate snow, snow melt and streamflow dynamics over an alpine watershed. J. Hydrol. 531, 574–588. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.070.water resources. Int. J. Water Resour. D 28 (2), 343–354.

Hastings, W.K., 1970. Monte Carlo sampling methods using Markov chains and their applications. Biometrika 57, 97–109.

Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C., 2001. Climate Change 2001:The Scientific Basis, vol. 881. Cambridge University Press, Cambridge.

Immerzeel, W.W., 2008. Historical trends and future predictions of climate variability in the Brahmaputra basin. Int. J. Climatol.28 (2), 243–254.impact studies: Review and evaluation of different methods. J. Hydrol. **2012**, 456, 12–29. [CrossRef]

IPCC (2007a) Climate change 2007: the physical science basis; Summary for policymakers. Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 17 April 2007, 18 p

IPCC (2007b) Summary for Policymakers. In Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA

IPCC, 2007b. Climate change 2007: the physical science basis. S.Solomon, et al., eds. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press

Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L.M., et al., 2014.EURO-CORDEX: newhigh-resolution climate change projections for European impact research. Reg. Environ. Chang. 14, 563–578. https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2.

Jasper, K., Calanca, P., Gyalistras, D., Fuhrer, J., 2004. Differential impacts of climate change on the hydrology of two alpine river basins. Clim. Res. 26, 113–129. https://doi.org/10.3354/cr026113.

Joh HK, Lee JW, Park MJ, Shin HJ, Yi JE, Kim GS, Kim SJ (2011) Assessing climate change impact on hydrological components of a small forest watershed through SWAT calibration of evapotranspiration and soil moisture. Trans ASABE 54(5):1773–1781

Jyrkama MI, Sykes JF (2007) The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the Grand River watershed (Ontario). J Hydrol 338(3–4):237–250. doi:10.1016/j.jhydrol.2007.02.036

K. C. Abbaspour, User Manual for SWAT-CUP, SWAT Calibration and Uncertainty Analysis Programs, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag, Duebendorf, Switzerland, 2012.

Kalogerophoulous K, Chalkias C (2012) Modelling the impacts of climate change on surface runoff in small Mediterranean catchments: empirical evidence from Greece. Water Environ J. doi:10.1111/j.1747-6593

Khalid, K., Ali, M.F., Abd Rahman, N.F., Mispan, M.R., 2016. Application on one-at-a-time sensitivity analysis of semi-distributed hydrological model in tropical watershed.IACSIT Int. J. Eng. Technol. 8, 132–136

Krysanova, V., White, M., 2015. Advances in water resources assessment with SWAT—an overview. Hydrol. Sci. J. 60 (5), 771–783.

Lenderink, G.; Buishand, A.; van Deursen,W. Estimates of future discharges of the river rhine using two scenario methodologies: Direct versus delta approach. Hydrol. Earth Syst. Sci. **2007**, 11, 1145–1159. [CrossRef]

Lespinas, F., Ludwig, W., Heussner, S., 2014. Hydrological and climatic uncertainties asso-ciated with modeling the impact of climate change on water resources of small Med-iterranean coastal rivers. J. Hydrol. 511, 403–422.https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.01.033

Ma X, Xu J, Luo Y, Agarwal SP, Li J (2009) Response of hydrological processes to landcover and climate changes in Kejie watershed, Southwest China. Hydr Procs 23(8):1179–1191. doi:10.1002/hyp.7233

Mamo, K.H.M., Jain, M.K., 2013. Runoff and sediment modeling using SWAT in Gumera catchment, Ethiopia. Open J. Mod. Hydrol. 3, 196–205.

Manaswi, C.M., Thawait, A.K., 2014. Application of soil and water assessment tool for runoff modeling of Karam River basin in Madhya Pradesh. Int. J. Sci. Eng. Technol. 3,529–532.

Narsimlu, B., Gosain, A.K., Chaha, B.R., Singh, S.K., Srivastava, P.K., 2015. SWAT model calibration and uncertainty analysis for streamflow prediction in the Kunwari River basin, India, using sequential uncertainty fitting. Environ. Processes 2, 79–95.

NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems, and U.S./Japan ASTER Science Team (2001). *ASTER DEM Product* [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. Accessed 2020-09-20 from https://doi.org/10.5067/ASTER/AST14DEM.003.

Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry J, Srinivasan R, Williams JR (2002) Soil and water assessment tool user manual. Texas Water Resources Institute, College Station, TWRI Report TR-192

Pinto, I., Jack, C., Hewitson, B., 2018. Process-based model evaluation and projections over southern Africa from coordinated regional climate downscaling experiment and coupled model intercomparison project phase 5 models. Int. J. Climatol. 38,4251–4261. https://doi.org/10.1002/joc.5666.

Praskievicz S, Chang H (2009) A review of hydrological modelling of basin scale climate change and urban development impacts. Pro in Phy Geog 33(5):650–671. doi:10.1177/0309133309348098

Rathjens, H.; Bieger, B.; Srinivasan, S.; Chaubey, I.; Arnold, J.G. CMhyd User Manual Online olarak mevcut: http://swat.tamu.edu/software/cmhyd/

Riahi K, Grübler A, Nakicenovic N (2007) Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. Technol Forecast Soc Change 74:887–935. https ://doi.org/10.1016/j.techf ore.2006.05.026

Rostamian, R., Jaleh, A., Afyuni, M.J., Mousavi, S.F., Heidarpour, M., Jalalian, A.,Abbaspour, K.C., 2008. Application of a SWAT model for estimating runoff and sediment in two mountainous basins in central Iran. Hydrol. Sci. J. 53, 977–988.

Schmidli, J.; Frei, C.; Vidale, P.L. Downscaling from gc precipitation: A benchmark for dynamical and statistical downscaling methods. Int. J. Climatol. **2006**, 26, 679–689. [CrossRef]

Shukla, R.; Khare, P.D.; Deo, R. Statistical downscaling of climate change scenarios of rainfall and temperatureover indira sagar canal command area in madhya pradesh, India. In Proceedings of the2015 IEEE 14thInternational Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA), Miami, FL, USA, 9–11 December2015; pp. 313–317.

Singh VP,Woolhiser DA (2002) Mathematical modeling of watershed hydrology. J Hydrol Eng 7(4):270–292.doi:10.1061/(ASCE)1084-0699(2002)7:4(270)

Singh, V., Bankar, N., Salunk, S.S., Bera, A.K., Sharma, J.R., 2013. Hydrological streamflow modelling on Tungabhadra catchment: parameterization and uncertainty

Stehr A, Debels P, Romero F, Alcayaga H (2008) Hydrological modelling with SWAT under conditions of limited data availability: evaluation of results from a Chilean case study. Hydrol Sci J 53(3):588–601

Strauch, M., Otto, R., Volk, M., 2015. HRU Aggregation and Its Effects on Model Outputs,2015 International SWAT Conference, Sardinia, June 24–25.

Szezesniak, M., Piniewski, M., 2015. Improvement of hydrological simulations by applying daily precipitation interpolation schemes in meso-scale catchment. Water 7,747–779.

Terink, W.; Hurkmans, R.T.W.L.; Torfs, P.J.J.F.; Uijlenhoet, R. Evaluation of a bias correction method applied to downscaled precipitation and temperature reanalysis data for the rhine basin. Hydrol. Earth Syst. Sci. **2010**, 14, 687–703. [CrossRef]

Teutschbein, C.; Seibert, J. Bias correction of regional climatemodel simulations for hydrological climate-change

Van Griensven, A., Meixner, T., 2006. Methods to quantify and identify the sources of uncertainty for river basin water quality models. Water Sci. Technol. 53, 51–59.

Wilby, R.L., Wigley, T., 1997.Downscaling general circulation model output: a review ofmethods and limitations. Prog. Phys. Geogr. 21, 530–548.

Yang J, Reichert P, Abbaspour KC, Yang H (2008) Comparing uncertainty analysis techniques for a SWAT application to Chaohe Basin in China. J Hydrol 358:1–23. doi:10.1016/j.jhydrol.2008.05.012

Zhang, Q., Xu, C.-Y., Zhang, Z., Ren, G., Chen, Y., 2008. Climate change or variability? The case of Yellow river as indicated by extreme maximum and minimum air temperature during 1960–2004. Theor. Appl. Climatol. 93, 35–43. https://doi.org/10.1007/s00704-007-0328-y.

ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Bağdat'a doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kerkük'te tamamlamıştır. 2012 yılında girdiği Kerkük Teknik Üniversitesi mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında Çevre Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2018 yılında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.