

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOMŞU HAVZALARIN HİDROLOJİK VE MORFOLOJİK OLARAK
KARŞILAŞTIRILMASI**



DOKTORA TEZİ

Arzu KÜTÜKCÜ

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

ARALIK 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOMŞU HAVZALARIN HİDROLOJİK VE MORFOLOJİK OLARAK
KARŞILAŞTIRILMASI**



DOKTORA TEZİ

**Arzu KÜTÜKCÜ
(501092611)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Şinasi KAYA

ARALIK 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501092611 numaralı Doktora Öğrencisi Arzu KÜTÜKCÜ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KOMŞU HAVZALARIN HİDROLOJİK VE MORFOLOJİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Şinasi KAYA**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. M.Sedat KABDAŞLI**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Cem GAZİOĞLU
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Bülent BAYRAM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **24 Ekim 2016**

Savunma Tarihi : **5 Aralık 2016**



ÖNSÖZ

Çalışmamda, seçilen komşu havzaların morfolojik olarak karşılaştırılması sonucu havzaların hidrolojik karakteristiklerinin önceden belirlenmesine ilişkin analiz ve değerlendirmeler sunulmaktadır. Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve destek olan değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Şinasi KAYA başta olmak üzere, değerli hocalarım sayın Prof.Dr. Sedat KABDAŞLI ve sayın Prof.Dr. Cem GAZİOĞLU'na teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Aralık 2016

Arzu KÜTÜKCÜ
Bilgisayar Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	5
1.2 Literatür Araştırması	6
1.3 Tanımlar	11
2. KULLANILAN MATERYALLER VE METODOLOJİ.....	15
2.1 Giriş.....	15
2.2 Çalışma Alanı.....	15
2.3 Kullanılan Veriler.....	16
2.4 SWAT/ArcGIS/ArcSWAT.....	18
2.5 WGN Excel Makro.....	20
2.6 Model Çalışma Yöntemi	20
2.7 Model Yazılımı İncelemesi	22
2.7.1 Althavza	23
2.7.2 Hidrolojik birimler	23
2.7.3 Akarsu/ana kanal	24
2.7.4 Akarsu kolu kanalları	24
2.7.5 Göletler/sulak alanlar/rezervuarlar	24
2.7.6 Noktasal kaynaklar	25
2.7.7 Model tarafından kullanılan veri yapısı	25
3. HAVZALARIN MORFOLOJİK İNCELEMESİ.....	29
3.1 Lineer Morfometrik Parametreler	30
3.1.1 Akarsu ağının mertebelenendirilmesi/hiyerarşisi	30
3.1.2 Ortalama yüzeysel akış uzunluğu	31
3.1.3 Çatallanma oranı	32
3.1.4 Kıvrımlılık indeksi	33
3.2 Alansal Morfometrik Parametreler.....	35
3.2.1 Havza alanı.....	35
3.2.2 Havza çevresi	35
3.2.3 Havza uzunluğu.....	36
3.2.4 Drenaj yoğunluğu.....	36
3.2.5 Akarsu sıklığı	36
3.2.6 Havza şekli/ form faktör	36
3.2.7 Dairesellik oranı	37

3.2.8 Uzama/uzunlaşma oranı	37
3.2.9 Tekstür oranı	37
3.3 Rölyef Morfometrik Parametreleri	39
3.3.1 Toplam havza rölyefi	39
3.3.2 Rölyef oranı.....	39
3.3.3 Engebelilik değeri	40
3.3.4 Hipsometrik eğri.....	41
3.3.5 Akarsu eğimi	45
4. MODELİNİN ÇALIŞTIRILMASI.....	47
4.1 Yüzey Akışı.....	51
4.2 Sediment Verimi.....	53
4.3 Pik Debi	54
4.4 Su verimi	55
4.5 Buharlaşma	55
4.6. Sızma	56
4.7 Althavza ve Hidrolojik Birimlerin (HB) Çıkarılması.....	57
4.8 Meteoroloji Verileri.....	66
4.9 Model Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi	67
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	113

KISALTMALAR

ArcGIS	: Geographic Information Systems
ARS	: Agricultural Research Service
ASCII	: American Standard Code for Information Interchange
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CFRG	: Coarse Fragment Factor
CFSR	: Climate Forecast System Reanalysis
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
CREAMS	: Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems
DEM	: Digital Elevation Model
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
DSWM	: Digital Soil Map Of The World
DTM	: Digital Terrain Model
EPIC	: Erosion-Productivity Impact Calculator
EN	: Eğri Numarası
FAO	: Food and Agriculture Organization
GLEAMS	: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems
HB	: Hidrolojik Birim
HBP	: Hidrolojik Benzerlik Parametreleri
HRU	: Hidrologic Response Unit
HSPF	: Hydrological Simulation Program
HWSD	: Harmonized World Soil Database
IHDM	: Institute of Hydrology Distributed Model
IIASA	: International Institute for Applied Systems Analysis
KDK	: Katyon değişim kapasitesi
MUSLE	: Modified Universal Soil Loss Equation
NWS	: National Weather Service
QGIS	: Quantum Geographic Information System
PAP	: Paralel Araç Platformu
PRMS	: Precipitation Runoff Modeling System

ROTO	: Routing Outputs to Outlets
SAM	: Aralıklı Sayısal Arazi Modeli
SCS	: Soil Conservation Service
SHE	: Systeme Hydrologique Europeen
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
SSARR	: Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation
STH	: Sayısal Toprak Haritası
SWAT	: Soil and Water Assesment Tool
SWAT-CUP	: SWAT Calibration Uncertainty Programs
SWMM	: Storm Water Management Model
SWRRB	: Simulator for Water Resources in Rural Basins
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TOPMODEL	: TOPographic MODEL
UDTV	: Uyumlaştırılmış Dünya Toprak Veritabanı
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
USLE	: Universal Soil Loss Equation
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGN	: Weather Generator Data
YAİTS	: Yeniden Analiz İklim Tahmin Sistemi

SEMBOLLER

ΣS	: Toplam Segment Sayısı
ΣL	: Segment Uzunluğu
A	: Havza Alanı
L	: Havza Uzunluğu
SW_0	: Başlangıç toprak su içeriği (mm)
SW_t	: Nihai toprak su içeriği (mm)
R_{day}	: Yağış miktarı (mm)
Q_{surf}	: Yüzey akımı (mm)
E_a	: Buharlaşma (mm)
w_{seep}	: Toprak profilinden vadoz bölgesine giren su miktarı (mm)
Q_{gw}	: Geri dönüş akımı miktarı (mm)
Q_{surf}	: Yüzey akışı (mm)
R_{day}	: O günkü yağış miktarı (mm)
I_a	: yağıştan önce absorbe edilen başlangıç su miktarı (mm)
Q_{surf}	: yüzey akışı (mm/ha)
q_{peak}	: pik debi (m^3/s)
$area_{hru}$: HB alanı (ha)
K_{USLE}	: USLE Toprak Aşınım Faktörü
C_{USLE}	: USLE Bitki Yönetim/ amenajman Faktörü
P_{USLE}	: USLE Toprak koruma faktörü
LS_{USLE}	: USLE Topografya faktörü
q_{peak}	: Pik debi (m^3s^{-1})
C	: Akış katsayısı
i	: yağış şiddeti (mm/hr)
$Alan$: Althavza alanı (km^2)
T_c	: Akım Toplanma Zamanı
L_1	: Ana akarsu uzunluğu (m)
S_1	: Havza eğimi (m/m)

$w_{perc,ly}$: Hesaplanan gün için alt katmana sızan su miktarı (mm)
$SW_{ly,excess}$: Hesaplanan gün için topraktaki drene edilen su miktarı (mm)
SW_{ly}	: Hesaplanan gün için toprak katmanında bulunan su kapsamı (mm)
$-\Delta t$: Zaman aralığı (saat)
TT_{perc}	: Sızma süresi (saat)
FC_{ly}	: O toprak katmanındaki su tutma kapasitesi (mm)
SURQ	: Yüzey Akımı (mm)
LATQ	: Lateral (yüzey altı) Akışı (kg N/ha)
GWQ	: Akışa Yer Altı Suyu Katkısı (mm)
TLOSS	: Kanal İletim Kayıpları (m^3/s)
sed	: sediment verimi (metrik ton)
CFRG	: Toprak kaybının miktarını azaltan kaba kaya parçaları tarafından kapsanan yüzey alanı miktarı
S	: Akış başladıktan sonraki maksimum su tutma miktarı (mm)
E_a	: Buharlaşma (mm)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: “Output.hru” çıktı dosyası bazı değişkenlerinin SWAT versiyonlarına göre durumu	19
Çizelge 2.2: Model için kullanılan veriler.....	21
Çizelge 2.3: CORINE arazi kullanım verisi ile SWAT arazi kullanım verisi eşleştirmesi.....	22
Çizelge 2.4: Modelde kullanılan girdi dosyaları	25
Çizelge 3.1: Lineer morfometrik parametreler.....	33
Çizelge 3.2: Kıvrımlılık indeksi, kullanılan diğer parametre değerleri	35
Çizelge 3.3: Alansal morfometrik parametreler	38
Çizelge 3.4: Büyük Menderes ve Gediz havzası toplam havza rölyef değerleri	39
Çizelge 3.5: Havza rölyef oranları	40
Çizelge 3.6: Havza engebелilik değerleri	40
Çizelge 3.7: Büyük Menderes havzası alt havzaları engebелilik değerleri	40
Çizelge 3.8: Gediz havzası alt havzaları engebелilik değerleri	41
Çizelge 3.9: Ana akarsu eğimleri	45
Çizelge 4.1: Akım toplanma zamanları.....	55
Çizelge 4.2: Büyük Menderes havzası 2010 Ocak ayı model sonuçları.....	67
Çizelge 4.3: Gediz havzası 2010 Ocak ayı model sonuçları.....	67
Çizelge 4.4: Büyük Menderes havzası eşit yağış durumunda 2010 Ocak ayı model sonuçları.....	68
Çizelge 4.5: Gediz havzası eşit yağış durumunda 2010 Ocak ayı model sonuçları.....	68
Çizelge 4.6: Büyük Menderes havzası 26 yıllık periyot için model sonuçları	70
Çizelge 4.7: Gediz havzası 26 yıllık periyot için model sonuçları.....	71
Çizelge 4.8: Havza bazında yeraltısuyu potansiyeli, 2013-2014.....	73
Çizelge 4.9: Gediz ve Büyük Menderes havzası akım verileri karşılaştırılması.....	74
Çizelge 4.10: Büyük Menderes havzası ölçülen ve tahmin edilen aylık akım değerleri.....	76
Çizelge 4.11: Gediz havzası ölçülen ve tahmin edilen aylık akım değerleri.....	79



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Türkiye için tanımlı akarsu havzaları ve sınırları.....	3
Şekil 1.2: Büyük Menderes ve Gediz havzaları konumu	3
Şekil 1.3: Horton (a) ve Strahler (b) tarafından geliştirilen akarsu mertebelenendirme metodları.....	8
Şekil 1.4: Havzaların şekline göre hidrograf görünüşleri	9
Şekil 1.5: Hidrolojik su çevrimi	11
Şekil 1.6: Havza ve havza sınır çizgileri görünümü	12
Şekil 2.1: Büyük Menderes ve Gediz havzaları konumu	16
Şekil 2.2: Büyük Menderes ve Gediz havzaları detay gösterimi.....	16
Şekil 2.3: SWAT modeli tarafından kullanılan yöntem	20
Şekil 3.1: Strahler akarsu mertebelenendirme metodu.....	30
Şekil 3.2: Büyük Menderes havzası için çıkartılan akarsu ağı	31
Şekil 3.3: Gediz havzası için çıkartılan akarsu ağı	31
Şekil 3.4: Büyük Menderes (a) ve Gediz nehirleri (b) ana kanal görünümü	34
Şekil 3.5: Kıvrımlılık indeksi parametreleri için referans şekil.....	34
Şekil 3.6: Hiprometrik eğri durum gösterimleri	42
Şekil 3.7: Gediz ve Büyük Menderes havzaları hipsometrik eğrileri.....	42
Şekil 3.8: Gediz havzası için belirlenen aşağı ve yukarı bölümleri.....	43
Şekil 3.9: Büyük Menderes havzası için belirlenen aşağı ve yukarı bölümleri.....	44
Şekil 3.10: Gediz ve Büyük Menderes aşağı ve yukarı havzaları hipsometrik eğrileri	45
Şekil 4.1: Hidrolojik Döngünün şematik gösterimi.....	49
Şekil 4.2: HB/Althavza komut döngüsü	51
Şekil 4.3: Büyük Menderes havzası için oluşturulan 9 adet althavza.....	57
Şekil 4.4: Gediz havzası için oluşturulan 7 adet althavza	58
Şekil 4.5: Büyük Menderes havzası arazi kullanım haritası.....	59
Şekil 4.6: Gediz havzası arazi kullanım haritası.....	60
Şekil 4.7: Gediz ve Büyük Menderes havzaları arazi kullanım oranları	61
Şekil 4.8: Büyük Menderes havzası toprak haritası.....	61

Şekil 4.9: Gediz havzası toprak haritası.....	64
Şekil 4.10: Büyük Menderes havzası HB'lerin görünümü	64
Şekil 4.11: Gediz havzası HB'lerin görünümü	65
Şekil 4.12: Büyük Menderes ve Gediz havzaları tahmin edilen akım değerleri.....	73
Şekil 4.13: Büyük Menderes havzası tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri	75
Şekil 4.14: Gediz havzası tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri	78
Şekil 4.15: Büyük Menderes ve Gediz havzaları için elde edilen su verimi	82
Şekil 4.16: Büyük Menderes ve Gediz havzaları için tahmin edilen sediment verimi.....	83



KOMŞU HAVZALARIN HİDROLOJİK VE MORFOLOJİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Su havzalarının karakteristiklerinin belirlenmesi, havzalardan maksimum düzeyde yararlanma olanaklarının yaratılması açısından son derece önemlidir. Havza yapılarının ve morfolojik özelliklerinin hidrolojik süreç üzerinde oluşturduğu etkinin bilinmesi havza üzerinde yapılacak birçok çalışma için önemli parametrelerdir. Ayrıca havzalar üzerinde yapılan morfolojik analizler, niceliksel bilgiler elde etmemizi, bu bilgiler yardımıyla da incelenen havzaların hidrolojik yapısı hakkında bilimsel anlamda fikir sahibi olabilmemizi sağlarlar. Bu çalışmada, uzun bir vadi boyunca uzanan ve Ege denizine dökülen Büyük Menderes ve Gediz havzaları çalışma alanı olarak seçilmiştir. Kullanılan Soil and Water Assessment Tool (SWAT) yazılımı ile her iki havza morfolojik özellikleri açısından incelenmiş olup morfolojik karakteristiklerinin havzalar üzerindeki hidrolojik etkileri ve komşu havzaların havza benzerlik parametreleri incelenerek karşılaştırılması yapılmıştır.

İncelenen Büyük Menderes ve Gediz havzaları isimlerini havza içinde etkili olan Büyük Menderes ve Gediz nehirlerinden almaktadırlar. Havzalar bölge için önemli su kaynaklarına sahip olup su yönetimi bu havzalar için önem arz etmektedir. Arazi şekline bağlı olarak, havzaların morfolojik özelliklerinin hidrolojik karakteristikleri üzerindeki etkisi kaçınılmazdır. Bu sebeple, seçilen Büyük Menderes ve Gediz Havzalarının morfolojik özellikleri hesaplanmıştır. Hesaplanan morfometrik parametreler havzaların hidrolojik karakteristikleri hakkında önceden bilgi sahibi olunmasına katkı sağlamıştır. Model yazılımı kullanılarak; arazi kullanım, toprak ve eğim verilerinin üst üste çakıştırılması sonucu aynı hidrolojik tepkilere sahip tekil hidrolojik birimler belirlenmiştir. Modele yağış, sıcaklık, nem, güneş ışınması gibi meteorolojik veriler dahil edilerek akım, su ve sediment verimi simüle edilmiştir. Çalışmada ağırlıklı olarak belirlenen çalışma alanı için web üzerinden sunulan veriler kullanılmış ve bu verilerin durumu değerlendirilmiştir.

Çalışmada 10 m Sayısal Yükseklik Modeli verisi kullanılarak Büyük Menderes ve Gediz Havzaları için Lineer (Akarsu Hiyerarşisi, Çatallanma Oranı, Ortalama Yüzeysel Akış Uzunluğu, Ana Kanal Uzunluğu, Kanal İndeksi, Vadi İndeksi, Hidrolik Kıvrımlılık İndeksi, Topografik Kıvrımlılık İndeksi, Standart Kıvrımlılık İndeksi); Alansal (Havza alanı, Havza uzunluğu, Havza çevresi, Form faktörü, Dairesellik oranı, Uzama oranı, Tekstür oranı, Akarsu sıklığı, Drenaj Yoğunluğu) ve Rölyef (Havza Rölyefi, Engebellik Değeri, Dere Eğimi, Hipsometrik İndeks) morfometrik parametreleri hesaplanmış ve bu parametrelere göre havzaların hidrolojik reaksiyonları değerlendirilmiştir. Havzalara ait drenaj ağının çıkartılabilmesi için 10 m Sayısal Yükseklik Modeli verisi model arayüzünde girdi olarak kullanılmış, havzalar için çıkartılan drenaj ağı Strahler numaralandırma yöntemine göre mertebelendirilmiştir. Önemli morfolojik parametreler arasında yer alan çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı gibi parametreler çıkartılan drenaj ağları kullanılarak hesaplanmıştır. Bunun dışında diğer lineer, alansal ve rölyef morfometrik parametreleri de hesaplanarak havzalara ilişkin morfometrik analizler yapılmıştır.

Model hidrolojik hesaplamaları oluşturulan Hidrolojik Birimler bazında yapılmıştır. Tüm havza için bu hesaplamalar toplanıp nihai sonuçlar elde edilmiştir. Oluşturulacak Hidrolojik Birimler için gerekli toprak ve arazi kullanım verilerinin doğruluğu ve ölçeği önem arz etmektedir. Model tarafından hesaplanan akım değerinin doğruluğu bu birimlerin doğru hesaplanmasına bağlıdır. Model dağınık bir dosya yapısı kullanmaktadır. Meteoroloji verilerinin modele dahil edilmesi gibi bazı işlemler model dışında farklı araçlar kullanılarak yapılmıştır. Model FAO-UNESCO toprak sınıflandırma sistemini kullanmaktadır. Arazi kullanım verileri için sınıflandırma sistemi ise CORINE arazi kullanım sınıflandırmasından farklıdır.

Çalışmada seçilen iki havza incelenerek morfolojik yapının hidrolojik yapı üzerinde etkisi ve birbirine komşu iki havzanın gösterdiği tepkiler analiz edilmiştir. Elde edilen akım değerleri Büyük Menderes havzası için ölçülen akım değerlerinden yüksek, Gediz havzası için ise genellikle düşük hesaplanmıştır. Model toprak koruma faktörü değeri varsayılan olarak "1" değerini almaktadır. Buna göre hesaplamalar yapıldığında sediment verimi her iki havza için ölçülenden yüksek hesaplanmıştır. Bu değer düşürülerek hesaplamalar yapıldığında ölçülen sediment verimi değerlerine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Hesaplanan morfolojik parametreler ile model simülasyon sonuçları uyumlu hesaplanmıştır. Ancak ölçülen değerler ile tahmin edilen değerler arasında farklılıklar bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında seçilen komşu iki havzada birbirine benzer hidrolojik tepki veren alanlar belirlenmiştir. Ayrıca hesaplanan morfometrik parametrelerden yararlanarak arazi hakkında önceden hidrolojik değerlendirmelerin yapılabilmesinin çalışmalardaki etkinliği ve verimliliği artıracakları ortaya konmuştur. Büyük Menderes ve Gediz havzası için yapılan bu hesaplama ve değerlendirmelerin tüm havzalar için kullanılması, yeni parametrelerin de eklenerek geliştirilmesinin havza yönetimi çalışmaları için yararlı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

COMPARISON OF ADJACENT BASINS IN TERMS OF MORPHOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS

SUMMARY

Defining the characteristics of a basin is extremely important in terms of creating maximum utilization rate from a basin. Recognizing the impact of the structure of a basin on the hydrological process and its morphological characteristics is essential parameters for conducting a research on a basin. Morphological analyses carried out on basins enable us to acquire quantitative data and thus to gain scientific insight about the hydrological structure of the basin studied. In this study, the Büyük Menderes River Basin and Gediz River Basin, which extend across a long valley and flow into the Aegean Sea, were selected as the research field. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) software was used to examine important morphological characteristics of the two basins and the hydrological effects of morphological characteristics on the basins and similarity parameters between the adjacent basins were reviewed and compared.

The Büyük Menderes Basin and Gediz River Basin are named after the Büyük Menderes River and Gediz River which have the biggest impact on the basin area. The basins bear significant water resources for the region and; in this context, water management of the basins is attached great importance. Depending on the landform, the morphological characteristics of the basins have an indispensable effect on the hydrological characteristics. To this end, the morphological characteristics of the Büyük Menderes Basin and Gediz Basin were identified and accordingly morphological parameters were calculated with a view to obtaining preliminary information on the hydrological characteristics of the basins. By using the model software; single hydrological units, which have the same hydrological reactions, have been defined by overlaying land use, soil and slope parameters. For the hydrological simulation in model software, meteorological data play an important role. Flow, water and sediment efficiency have been simulated by including meteorological data such as rainfall, temperature, humidity and solar radiation. In this study, for the stations located in the Buyuk Menderes River and Gediz River Basins, 26 years (1988 - 2014) of data were downloaded. While these data can be used in text format, required database table for the model is available by downloading Excel Macro file found in model home page.

Morphometric parameters such as Linear (Stream Order, Bifurcation Ratio, Length of Overland Flow, Length of Main Channel, Channel Index, Valley Index, Hydraulic Sinuosity Index, Topographic Sinuosity Index, Standard Sinuosity Index); Areal (Basin Area, Basin Length, Basin Perimeter, Form Factor, Circularity Ratio, Elongation Ratio, Texture Ratio, Stream Frequency, Drainage Density); Relief (Relief Ratio, Ruggedness Number, River Gradient, Hypsometric Index) morphometric parameters were calculated and hydrological reactions of the basins were evaluated from these parameters. To calculate the drainage network, Digital Elevation Model data at 10 m spatial resolution was used as an input in the model interface, and the obtained drainage network was ordered according to the Strahler's stream ordering method. The important parameters such as bifurcation ratio, drainage density and stream frequency were calculated by using the extracted drainage networks. Bifurcation ratio plays an important role in forecasting the hydrological regimes of the drainage basins. It provides information about the shape of the basin and its flow characteristics. If this ratio ranges between 3 and 5, this means that the geology of the basin is homogeneous.

The Buyuk Menderes and the Gediz River Basins have relatively similar bifurcation ratios and indicate the characteristics of the this group.

The model's hydrological calculations were carried out based on the Hydrological Units. Final results were obtained by summing up all the calculations for all the basin. The accuracy and scale of necessary soil and land use data bear importance for Hydrological Units to be obtained. The accuracy of flow value calculated by the Model depends on the accurate calculation of these units. Model uses a dispersed file structure. Some of the calculations such as including the meteorological data in the model were made with different tools than the model itself. The Model uses FAO-UNESCO soil classification system. However, the classification system used for the land use is different than CORINE (Coordination of Information on the Environment) Land Cover.

In this study, the two basins were examined and the effect of the morphological characteristics on the hydrological structure as well as the reactions in the two adjacent basins were analyzed. In these morphologic analyses, the following results were obtained;

The Buyuk Menderes River Basin which has lower drainage density has a higher level of infiltration capacity compared to the Gediz River Basin.

The time of concentration is shorter in the Gediz River Basin. The Gediz River Basin, which has a higher stream frequency parameter, has lower permeability than the Buyuk Menderes River Basin.

Due to the fact that both basins are narrow and elongated, the time of concentration is longer in each basin. The Gediz River Basin, whose texture ratio parameter is high, is less permeable. Because the Gediz River Basin has a high value of ruggedness number, it has a higher probability of peak flow. The Buyuk Menderes River Basin is more sloping and therefore the velocity of the flow of water is higher.

The obtained flow values were higher than the flow values calculated for the Büyük Menderes River Basin, whereas they were lower than those of the Gediz River Basin. The Model is run with the default value "1" for the factor affecting the soil conservation. When the calculations were made according to this, for both of the basins the sediment efficiency were calculated higher than the obtained calculations. When the calculations were made after the default value was reduced, the obtained results were closer to the calculated value of sediment efficiency. The calculated morphological parameters and model simulation results were compatible. However, there are differences between the calculated values and estimated values.

As a result of the study, it has been determined that Büyük Menderes Basin whose drainage intensity is lower than Gediz Basin have a good penetration feature. Accordingly, it is considered that its concentration time will be longer than Gediz Basin. It was seen that morphometric parameter of stream frequency took a high value in Gediz Basin and this supports the idea that ground of Gediz is not permeable. Again, when these two basins were analyzed in terms of texture parameter, it is inferred that Gediz basin whose texture parameter is high is less permeable than another one. When topography for basins was analyzed, it was determined that topography value of Gediz is higher than another. Accordingly, possibility of peak flow is higher in Gediz Basin. Specified parameters and results of other morphometric parameters calculated were also verified by running the SWAT model. Especially, equal amount of rainfall was provided for both basins by manipulating the rainfall data and in this case, reactions of the basins verified the pre-information taken from morphometric parameters

calculated. One of the results calculated by using model is that permeability of Gediz Basin is low and amount of water collected on the surface is higher than of Büyük Menderes. When it was evaluated with underground water reserves, this data was verified with the help of the information that annual reserves of underground water of Büyük Menderes Basin is double the amount of Gediz Basin. With the help of the study, effects of morphological structure on hydrological structure and different reactions coming from these two basins which are neighbor to each other by analyzing these two basins.

Similar areas of hydrological reaction have been identified for the two adjacent basins examined within the scope of the study. It is also observed that conducting pre-evaluations on hydrological characteristics of the land by means of using the morphological parameters would promote the efficacy and efficiency of the related studies. In addition, it is assumed that using all the calculations and evaluations obtained from this study on the Büyük Menderes Basin and Gediz Basin for all other basins would benefit the development and improvement of new parameters.



1. GİRİŞ

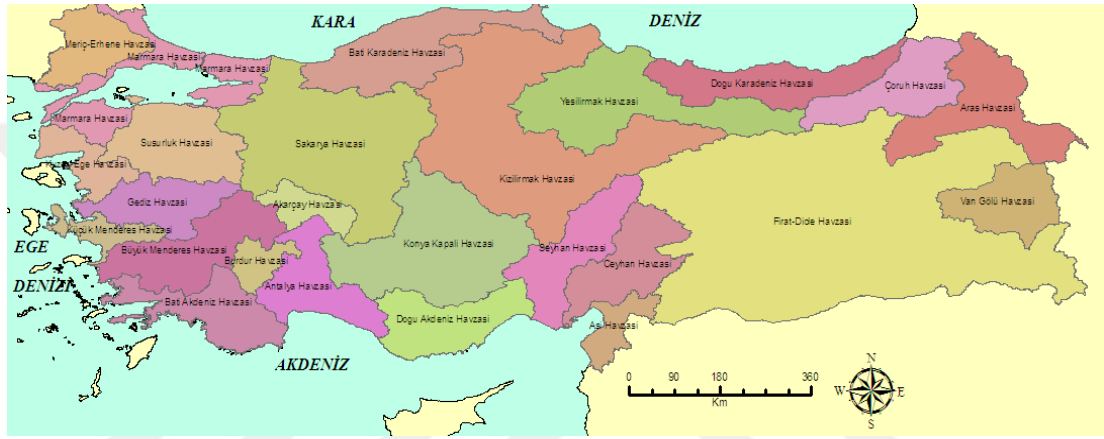
Morfoloji, Yunanca bir kelime olup şekil anlamına gelen “morfo” ve bir çalışma alanını ifade eden “loji” kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Yerçekillerinin incelenmesini ifade eden jeomorfoloji terimi ise eski yunanca yer (jeo) ve şekil (morfo) anlamlarına gelen kelimelerin birleşimi ile oluşmaktadır (Goudie, 2014). Jeoloji ile fiziksel coğrafya bilimleri arasında yer alan, yerkabuğunun yapısı yani morfolojisi ile oluşum süreçlerinin tarihçesini inceleyen bir bilim dalıdır. Böyle bir inceleme için de yerçekillerinin özellikleri, dağılımları, çevresindeki diğer yerçekilleri ve başka olaylarla ilişkileri, oluş nedenleri ve gelişmelerinin bilinmesi gerekmektedir (Erol, 1993). Davis tarafından aşınım döngüsü olarak adlandırılan ya da jeomorfik çevrim olarak isimlendirilen teoriye göre yerkabuğu aşınmaya bağlı olarak jeomorfik bir evrim geçirmektedir. Davis bu evrimi yerkabuğunun gençlik, olgunluk ve yaşlılık evreleri olarak tanımlamıştır (Davis, 1899). Genç evrede akarsu kolları sarp ve dik ve akarsular okyanusa doğru ilerlerken yataklarını aşındırır. Olgunluk evresinde akarsu, hafif kavisli bir şekilde suyu ve sedimenti taşımaktadır. Yaşlılık evresinde ise özellikle suyun okyanusa ulaştığı mansab kısmına yakın yerlerde neredeyse su düz bir ovada okyanusa doğru ilerlemektedir. Davis, yeryüzü şekillerinin oluşmasında akarsuların büyük etkisi olduğunu savunmakta ve topografyanın akarsu süreçleri ile oluştuğunu belirtmektedir. Bununla birlikte fluvial jeomorfoloji, fluvial süreçlerle ve akarsu etkileri ile oluşan yeryüzü şekilleri ile ilgilenmekte olup hidrolik, ekoloji ve jeoloji bilimlerinden gelen girdilerden yararlanarak özellikle akarsu havzalarında sediment taşınımı ve taşkın yatağı morfolojisi konularını kapsar (Kaya ve Tüysüz, 2015). Tüm bu bilim dallarında gerçekleştirilen ilerlemeler günümüz modelleri ile yapılan analizlere katkı sağlar.

Akarsular, bir yatağa bağlı olarak yeryüzünün eğimi boyunca akan suları ifade etmekte olup yağış suları yeryüzüne düştüğünde topografyanın eğimi ve yerçekimi etkisi ile çizgisel bir şekilde ya da kanalize olmadan yüzeysel bir şekilde akışa geçerler. Deniz seviyesi üstünde bulunan kara parçasında akışa geçen sular bu şekilde ilerlerken akışa geçen diğer sularla da birleşerek denize doğru akmaya çalışırlar. Yüzey ve yeraltı sularını içeren ve tüm yüzey sularının dereler, nehirler

aracılığı ile taşınarak tek bir nehir ağzı, delta veya haliçten denize ulaştığı kara parçası havza veya nehir havzası adını alır. Havzalar açık ve kapalı olmak üzere ayrılır. Açık havzalar, suyun su ayırım çizgisinden denize aktığı noktaya kadar olan su toplama alanını ifade etmektedirler. Bazı durumlarda ise, ilerleyen yüzey suları denize çıkışı olmayan göl veya doğal çukurlarda son bulmaktadır. Bu tür havzalar ise kapalı havza olarak isimlendirilmektedirler.

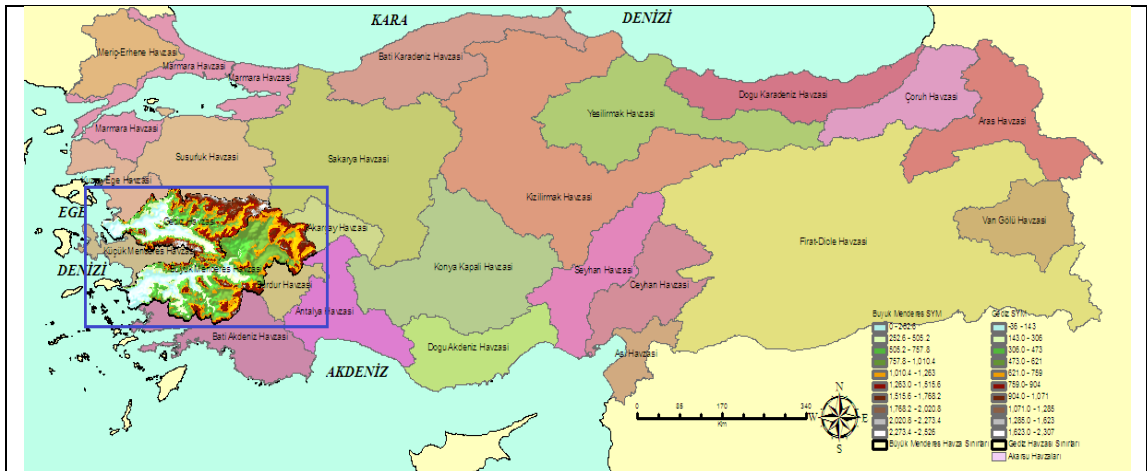
Özetle havza, suların yerçekimi ile toplandığı ve boşaldığı doğal coğrafi sınırlarla tanımlanmış olan bölgedir. Alt havzalar ise, havzada bulunan ana akarsuyu besleyen bağlı kollar veya göller için su toplama alanını ifade etmektedir. Havza içinde ilerleyen yüzeysel sular arazinin morfolojik yapısının şekillenmesini sağlar. Akarsu ağının sıklığı, yatakta taşınan su kütlesinin debisi ve enerjisi bu şekillenmeye etki eden faktörlerdendir. Hidrolojik ve jeomorfik süreçler arasındaki bağlantıyı içeren disiplinler arası bilim dalı olan hidrojeomorfoloji (Sidle ve Onda, 2004) Scheidegger'in (1973) tanımıyla su etkisi ile oluşan kara formlarını inceleyen bir çalışma alanıdır. Hidroloji ise Amerika Birleşik Devletleri Bilim ve Teknoloji Federal Konseyi Bilimsel Hidroloji Komisyonu tarafından 1962 yılında önerilen tanımıyla; yerküresinde suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilimdir (Kaya ve Tüysüz, 2015). Bu nedenle hidrojeomorfoloji bilimi hidroloji ve jeomorfoloji arasındaki ilişkiyi, suyun davranışı ile yerkabuğu üzerinde gerçekleşen değişikliklerle ilgili çalışmaları düzenlemekte olup jeomorfoloji biliminin ayrılmaz bir parçasıdır. Akarsu akımı ya da debisi, şekillenmede önemli bir parametre olup akarsuyun herhangi bir noktasındaki kesitinden birim zamanda geçen suyun hacmini ifade etmektedir. Yüzeysel akışın şiddeti üzerinde en önemli etken yağış olmakla birlikte havzanın büyüklüğü, bitki örtüsü, toprak yapısı ve arazi yüzeyinin engebeli olup olmaması gibi havza özellikleri de akım üzerinde etkili olur. Bu şekilde, bir taraftan akım yerküreyi değiştirirken diğer taraftan değişen yerküre yapısı da akımın karakteristiğini dolayısıyla da havzanın hidrolojik karakteristiğini etkilemektedir. Jeomorfometri, jeomorfoloji biliminin bir alt dalı olup yerküre geometrisinin tanımlanmasını sağlar. Topografyaya bağlı olarak havzaların geometrik yapısı jeomorfometrik parametreler ile ifade edilir. Bu çalışmada kısaca morfometrik parametreler şeklinde de ifade edilen bu parametreler incelenen havzanın morfolojik özelliklerini göstermektedirler.

Yukarıda belirtildiği üzere, akarsu havzasına düşen yağış, buharlaşmadığı takdirde aynı havzadan nehre veya denize dökülmekte ya da aynı havza içinde kalır. Bu bağlamda, akarsu havzalarının önemli hidrolojik birimler olduğunu söylemek mümkündür. Havzaların morfolojik özelliklerinin belirlenmesi havzaların hidrolojik karakteristiklerinin belirlenmesi ve havzalardan maksimum düzeyde yararlanma olanaklarının yaratılması açısından da son derece önemlidir. Ülkemiz topografik yapıya bağlı olarak 25 akarsu havzasına ayrılmıştır. Ülkemiz havzaları ve isimleri Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1 : Türkiye için tanımlı akarsu havzaları ve sınırları (DSİ Genel Müdürlüğü).

Bu çalışmada, uzun bir vadi boyunca uzanan ve Ege denizine dökülen Büyük Menderes ve Gediz nehirlerini içine alan Büyük Menderes ve Gediz havzaları çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Şekil 1.2’de Büyük Menderes ve Gediz Havzalarının tüm havzalar içerisindeki yeri görülmektedir.



Şekil 1.2 : Büyük Menderes ve Gediz havzaları konumu.

Çalışma kapsamında, seçilen bu iki komşu nehir havzası morfolojik özellikleri bakımından incelenmiş olup havzaların morfolojik yapılarının hidrolojik karakteristikleri üzerinde oluşturduğu etki değerlendirilmiştir. Morfolojik parametreler Esri ArcGIS yazılımı ile Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT) kullanılarak hesaplanmıştır. Analizlerin büyük kısmı ArcGIS desktop yazılımına bir uzantı olarak yüklenen ArcSWAT grafiksel kullanıcı arayüzü üzerinden gerçekleştirilmiştir. Havzalara ait bu morfometrik parametrelerin hesaplanmasında en önemli altlığı 10 m mekansal çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verileri oluşturmuştur.

Morfolojik parametreler; Lineer, Alansal ve Rölyef olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Çalışmada incelenecek lineer parametreler; Akarsu Hiyerarşisi (Stream Order), Çatallanma Oranı (Bifurcation Ratio), Ortalama Yüzeysel Akış Uzunluğu (Length of Overland Flow), Ana Kanal Uzunluğu (Length of Main Channel), Kanal İndeksi (Channel Index), Vadi İndeksi (Valley Index), Hidrolik Kıvrımlılık İndeksi (Hydraulic Sinuosity Index), Topografik Kıvrımlılık İndeksi (Topographic Sinuosity Index), Standart Kıvrımlılık İndeksi (Standard Sinuosity Index); Alansal parametreler; Havza alanı, Havza uzunluğu, Havza çevresi, Form faktörü, Dairesellik oranı, Uzama oranı, Tekstür oranı, Akarsu sıklığı, Drenaj Yoğunluğu ve Rölyef parametreleri; Havza Rölyefi, Engebelilik Değeri, Dere Eğimi, Hipsometrik İndeks olarak belirlenmiştir.

Parametrelerin hesaplanması sonucunda havzaların hidrolojik yapıları ile ilgili yapılan çıkarımların SWAT modeli kullanılarak sağlanması yapılmış, havzaların verdiği hidrolojik tepkiler değerlendirilmiştir. Havza yönetimi, havzaların sağladığı hidrolojik işlevlerin ve hizmetlerin muhafaza edilmesi, toprak, su, biyolojik çeşitlilik ve diğer doğal kaynak ve varlıklardan toplum yararına sürdürülebilir olarak yararlanılmasını ifade etmektedir. Havza yönetimi, coğrafi olarak ayrık bir drenaj alanındaki hidrolojik hizmetlerin sürdürülebilirliğini, toprağın, bitki örtüsünün, su ve diğer doğal kaynakların ve varlıkların havza alanlarında yaşayanların yararına entegre korunması, geliştirilmesi ve yararlanılması ve bu suretle ülke sürdürülebilir kalkınmasına katkı sağlamayı amaçlar. Sürdürülebilir havza yönetiminin temelini; mevcut arazi ve su kullanımı, bu kullanımın ekoloji ve biyoçeşitliliğe nasıl bir tesiri olduğu, sosyo ekonomik ve çevresel etkiler ve bu etkilerdeki değişimin nasıl sonuçlar doğurabileceğinin anlaşılması oluşturmaktadır. Havza yönetimi genel anlamda nehir

havzası, alt havza ya da mikrohavza seviyesinde bir yönetim anlamına gelmektedir (Ulusal Havza Yönetim Stratejisi 2014-2023).

Bu çalışmada morfolojik parameterelerin hesaplanması ile havzaların hidrolojik karakteristiklerinin önceden belirlenmesi ve havza yönetimine katkı sağlanacağı değerlendirilmekte olup seçilen komşu iki havza için yapılan değerlendirmelerin diğer havzalar için de uygulanmasının bu yönde yapılan çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.1 Tezin Amacı

Çalışma ile, seçilen havzalar için hesaplanan morfometrik parametreler doğrultusunda havzaların morfolojik yapıları değerlendirilerek hidrolojik karakteristiklerinin değerlendirilmesi ve model simülasyonları kullanılarak elde edilen sonuçların test edilmesi ile havza yönetimi çalışmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen hidrolojik birimler (HB) ile seçilen birbirine komşu havzalarda benzer hidrolojik tepkileri veren alanlar belirlenmiş ve havzaların hidrolojik karakteristiklerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Yazılımın arayüzü yardımıyla incelenen havzalara ait HB'lerin çıkartılması, su havzalarının doğal, coğrafi ve hidrolojik özelliklere göre belirlenmesi yakalaşımına da katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir. Havzanın büyüklüğü, jeolojik yapısı, yükseltisi, nehrin içinde aktığı topografik şekil, yatak meyli, su miktarı ve hızı, suda taşınan sürüntü ve askıdaki madde miktarı ve diğer pek çok yapısal özellikleri söz konusu havzanın morfolojik ve hidromorfolojik nitelikleridir (Bilen, 2009). Seçilen komşu iki akarsu havzasının model yazılımı kullanılarak morfolojik analizlerinin yapılması ve elde edilen sonuçların havzaların hidrolojik karakteristiklerine etkisinin değerlendirilmesi ile hidrolojik yapılarının önceden değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada birbirine komşu iki havza seçilerek seçilen komşu havzaların benzer morfolojik ve hidrolojik özellikleri belirlenmiştir. CBS'nin sunduğu kolaylıklardan da yararlanarak althavzalar bazında değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma kapsamında, havzaların kendi içinde morfolojik ve hidrolojik karakteristikleri ile birbirleri arasında benzer morfolojik ve hidrolojik karakteristikleri HB bazında karşılaştırılarak havza yönetimi çalışmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

Jeomorfolojinin bugünkü seviyesine ulaşmasında öncü olan W.M. Davis, yeryüzü şekillerinin oluşumunda yapı, süreç ve zaman üçlüsünün etkileşiminin önemli bir faktör olduğunu söylemiştir. Davis tarafından aşınım döngüsü olarak adlandırılan ya da jeomorfik çevrim olarak isimlendirilen teoriye göre, yer kabuğu aşınmaya bağlı olarak jeomorfik bir evrim geçirmektedir. Davis bu evrimi yer kabuğunun gençlik, olgunluk ve yaşlılık evreleri olarak tanımlamıştır (Davis, 1899). Yeryüzü şekillerinin oluşmasında akarsuların büyük etkisi olduğunu savunmuş, topografyanın akarsu süreçleri ile oluştuğunu söylemiştir. Bu çalışmaların öncülüğünde özellikle fluvial süreçlerle ve akarsu etkileri ile oluşan yeryüzü şekilleri ile ilgilenen fluvial jeomorfoloji konusunda da önemli çalışmalar yapılmış, önemli eserler verilmiştir. Yapılan çalışmaların artması ile Scheidegger tarafından hidrojeomorfoloji terimi, suyun hareketi tarafından oluşturulan yer şekilleri konusunda yapılan çalışmaları tanımlamak olarak ifade edilmiştir (Scheidegger, 1973). Sidle ve Onda; Avrupa'dan Kirkby ve Chorley (1967), Carson ve Petley (1970), Anderson ve Burt (1978) gibi ve Kuzey Amerika'dan Hack ve Goodlett (1960), Leopold ve Langbein (1962), Hewlett ve Hibbert (1967), Dunne ve Black (1970) gibi önemli katkılar sunan bilim insanlarının da çalışmalarından yararlanarak hidrojeomorfolojiyi; yeryüzü şekilleri ya da toprak materyallerinin hidrolojik süreçlerle ilişkisi ile zamansal ve mekansal boyutta yüzey ve yeraltı sularının jeomorfik süreçlerle etkileşimine odaklanan disiplinlerarası bir bilim olarak tanımlamışlardır (Sidle ve Onda, 2004).

Yer şekilleri, iç güçler (tektonik olaylar, volkanik etkinlikler) tarafından oluşturulma ve dış güçler (akarsular, rüzgarlar, buzullar, deniz dalgaları) tarafından aşındırılma yoluyla oluşur. Çeşitli evrelerdeki birikim şekillerinin dış güçler etkisiyle aşınması sonucunda da aşınım şekilleri oluşur. Yer şeklinin gelişimi, iç güçler ya da volkanik etkinlik ile başlamakta ve o andan itibaren de aşınım ortaya çıkar. Ancak, başlangıç evrelerinde yapıcı-biriktirici güçler, aşındırıcı-yıkıcı güçlerden üstündür ve sonuçta yer şekilleri büyüyüp gelişmeye devam etmektedir. Daha sonraki evrelerde ise aşınım gittikçe daha üstün duruma geçer, yer şekilleri ufalmaya başlar ve hatta sonunda tümüyle ortadan kalkar. Öte yandan, aşınımın herhangi bir evresinde, yeni bir yapım-oluşum evresi başlayabilir ve bazen de birikim ve aşınım yanyana sürebilir. Bu nedenlerle yeni çalışmalarda birikim ve aşınım şekilleri geçici ve kalıcı olarak

sınıflandırılmaktadır. Geçici birikintiler, genel bir aşınım süreci sırasında görülen kısa süreli birikim olaylarıdır (Erol, 1993).

Özetle, bir havzada akarsular yer kabuğu şeklini nasıl etkiliyorsa akarsu morfolojisi de yer kürenin jeomorfolojisi, havzanın morfolojisi ve iklim koşullarına göre şekillenmektedir. Dolayısıyla bir havzanın morfolojik analizinin yapılması ile o havzanın jeolojik ve hidrolojik karakteristiği hakkında bilgi edinmek mümkündür. Drenaj ağlarının topolojisi, deseni, şekli, havza rölyef karakteristiği ve havza alanı gibi havzaya ait morfolojik özelliklerin çıkarılması havza yönetimi için önem arz etmektedir. Bu konuda çalışan bilim insanlarının katkılarıyla Lineer; Alansal ve Rölyef morfometrik parametreleri geliştirilerek analiz çalışmaları yapılmıştır (Horton, 1932; Miller, 1953; Schumm, 1956; Strahler, 1957; Shreve, 1966; Singh, 1981; Verstappen, 1983; Keller ve Pinter, 2002; Ozdemir ve Bird, 2009).

Horton (1932) tarafından tanımlanan akarsu talveglerinin toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesi ile elde edilen drenaj yoğunluğu, akarsu akım karakteristiğinin tahmininde yararlı bir parametre olmuştur. Ayrıca Horton, geometiyi kullanarak drenaj yoğunluğu ile karasal akım yolu uzunluğu arasında da bir ilişki kurmuştur. Buna göre yüksek drenaj yoğunluğu olan havzalarda parçalanma hakim olmakta, düşük drenaj yoğunluğu olan havzalarda ise suyun sızma oranının yüksek olduğu ve daha çabuk yeraltı suyuna karıştığı gözlemlenmektedir. Fiziki coğrafya ders kitaplarında, drenaj yoğunluğu farklılıkları yaygın olarak yağış veya rölyef farklılıklarına bağlanmakta olup drenaj yoğunluğundaki bu farklılıklar büyük ölçüde Davis tarafından kullanılan anlamda fizyografik yaş karakterize etmek için kullanılmaktadır (Davis, 1909). Toprağın ya da arazinin infiltrasyon kapasitesi ile arazinin erozyona karşı direnci drenaj yoğunluğunu belirlemede, yağış veya rölyefden çok daha fazla önem arz etmektedir (Horton, 1945).

Horton'un (1945) geliştirmiş olduğu drenaj ağlarındaki akarsu mertebelenirilmesi ve farklı uzunluktaki akarsularla, farklı mertebedeki akarsular arasındaki matematiksel ilişkinin kurulması morfolojik analizlerin yapılmasına en önemli katkılarından birini oluşturmaktadır. Horton tarafından geliştirilen akarsu mertebelenirilmesi modeli Strahler (1952) ve Shreve (1967) tarafından geliştirilerek uygulanmıştır. Strahler yönteminde, Şekil 1.3 (b)'de de görüldüğü üzere aynı derece akarsu kolları bir segment içinde tanımlanmakta ve aynı segmentteki akarsu kolu sayısının bir üst segmentteki

akarsu kolu toplamına oranlanmasıyla da çatallanma oranı belirlenmektedir. Çatallanma oranı değeri havzanın dağlık ya da parçalanmış olup olmadığı, hatta taşkın hidrografının ne şekilde olabileceği hakkında da bilgi vermektedir.



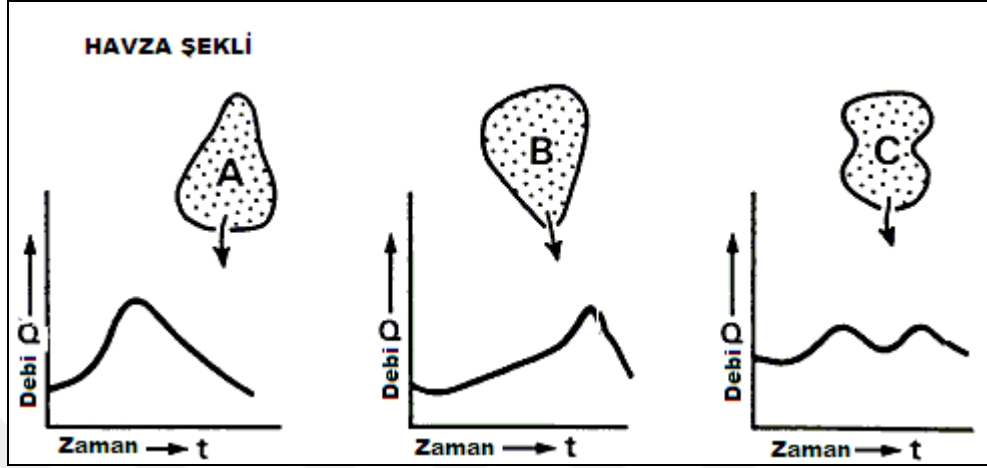
Şekil 1.3 : Horton (a) ve Strahler (b) tarafından geliştirilen akarsu mertebelenendirme metodları (Url-7).

Akarsu ağı morfolojisi hakkında yapılan birçok çalışma havzanın jeomorfolojisi ve hidrolojik tepkileri hakkında bilgi elde edilmesini sağlamaktadır. Havzanın şekline dair parametreler de bu yönde bilgiler sunmakta hatta birim hidrografın nasıl şekil alacağı tahminine de imkan vermektedir. Ayrıca Schumn (1956) tarafından havza alanları ile akarsu mertebeleri ilişkisi gösterilmiştir. Alan kendi başına bağımsız bir değişken olmasına rağmen yağışın birikmesi ve akımın toplanmasında özel olarak dikkate alınması gerekmektedir. Havza alanı ve deşarj arasındaki ilişkiyi formüle eden birçok başarılı çalışma bulunmaktadır.

Şekil 1.4'de havza şeklinin hidrograf üzerine yapacağı etki görülebilmektedir. Bu şekle göre;

- Ölçüm istasyonunun tepe noktası memba tarafında bulunan üçgen bir şekle sahip havza çıkışında olması durumunda, hidrografta erken pik değeri oluşacağı,
- Ölçüm istasyonunun, tepe noktası havza çıkışında olacak şekilde üçgen bir şekle sahip havza çıkışında olması durumunda, su toplanma süresi uzun olacağından hidrografta daha geç bir pik akımı oluşacağı,

- Havzanın ortasında küçük bir alan olması durumunda, hidrografta havza çıkışında bulunan ölçüm istasyonuna yakın alanlar ve uzak alan için iki pik oluşacağı görülmektedir.



Şekil 1.4 : Havzaların şekline göre hidrograf görünümleri (Gregory ve Walling ,1973).

Kuşkusuz, taşkın hidrografının şekli ve karakteristiği havzanın tuttuğu ve yönlendirdiği suya göre şekillenmektedir. Taşkın hidrografı, taşkın sıklığı ve gecikmesi gibi akarsu hidrolojisini tanımlayan birimler, önemli oranda havzanın şekli ve akarsu ağı morfometrisi ile ilişkilidir. Drenaj havzalarının şekli suyun toplanma ve mansaba ulaşma zamanını etkilediğinden taşkın hidrografının şekli de bu durumdan etkilenmektedir.

Drenaj yoğunluğu önemli alansal morfometrik parametreler arasında olup jeoloji ve iklim arasındaki etkileşimi de iyi bir şekilde göstermektedir. Genel olarak nemli bölgelerde daha kalın bitki örtüsü oluşmakta, bu da direnci ve sızmayı artırmaktadır. Bunun bir sonucu olarak da drenaj yoğunluğu değeri düşmektedir. Bu durumda drenaj yoğunluğu jeolojik çerçeveyi yansıtmakla kalmayıp iklimsel jeomorfoloji açısından da önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonucunda;

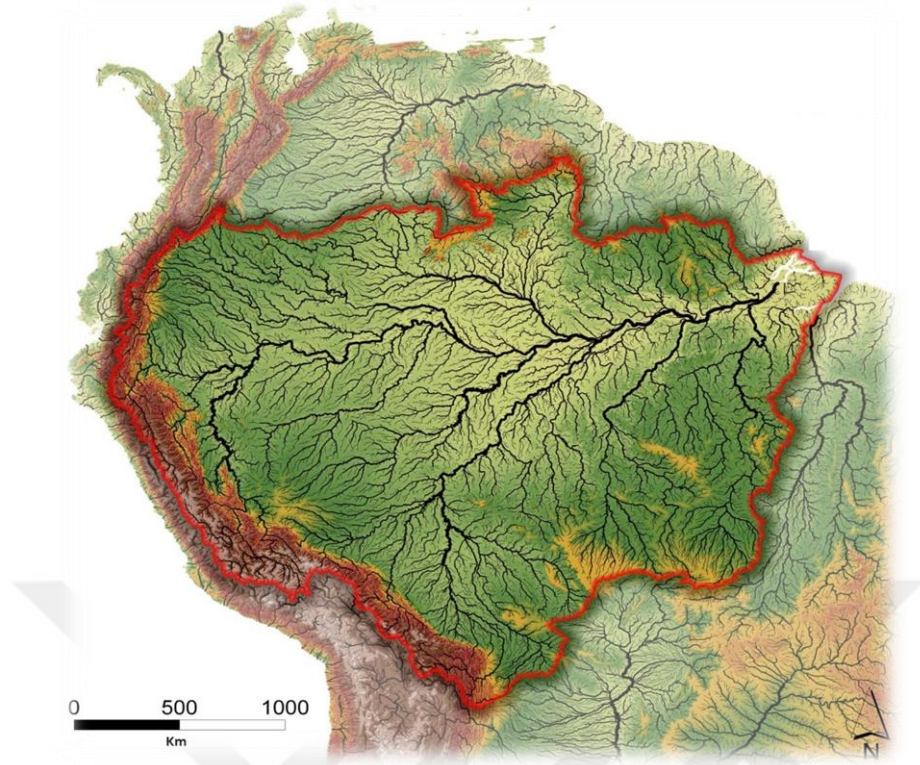
- Akarsu mertebesi arttıkça, bununla ters orantılı bir şekilde ortalama akarsu eğimi ve akarsu sıklığının azalmakta olduğu,
- Akarsu mertebesi arttıkça, ortalama akarsu uzunluğu ve ortalama drenaj havzası alanının arttığı, en kısa ve en dik akarsuların en küçük drenaj havzalarında olduğu,

bilgileri elde edilmektedir (Iware, 2004).

Carlston (1963), drenaj yoğunluğu ile akım arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Ardından Dingman (1978) tarafından drenaj yoğunluğu ve akım ilişkisi üzerine yapılan çalışmada Carlston'ın yeraltısuyu deşarjı ve drenaj yoğunluğu arasında kurmuş olduğu ilişkinin teorik temeli değerlendirmiştir. Gregory (1976) tarafından İngiltere için yapılan araştırmaya göre; yağış arttıkça drenaj yoğunluğu da artar, geçirimsiz drenaj havzaları daha yüksek drenaj yoğunluğuna sahip olur. Yüksek drenaj yoğunluğu olan havzalar nispeten yağışı daha hızlı bir şekilde ana kanallara transfer etmektedirler.

Yapılan literatür taramasında akarsu havzaları için Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak morfolojik parametrelerin hesaplandığı, parametrelerin analizi vasıtasıyla sızma kapasitesi, akım gibi özelliklerin belirlenmesine ilişkin yakın zamanda yapılmış olan Parveen, R., Kumar, U., Singh, V. (2012), Rao, N. K., Latha, S. P., Kumar, A. P., Krishna, H. M. (2010), Wilson, J. S., Chandrasekar, N., Magesh N.S. (2012), Singh, P., Thakur, J. K., Singh, U. C. (2013), Eze, E.B., Efiog, J. (2010), Pareta, K., Pareta, U. (2012) çalışmalarının olduğu görülmektedir. Söz konusu çalışmalar, toprak ve suyun korunması, taşkın, toprak kayması, sediment verimi, jeomorfik süreçlerin ve erozyon derecelerinin tahmini gibi olaylara karşı hassas havzaların önceden görülebilmesi açısından önem arz etmektedir. Birçok bilim insanı tarafından tanımlanan morfometrik parametreler günümüzde yapılan bu çalışmalarda kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, belirlenen morfometrik parametreler incelenmiş olup gelişen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) araçlarının kullanımı ile de daha sistematik ve daha hızlı değerlendirmeler yapılabilmesi imkanı bulunmuştur. Çalışmada, morfometrik parametrelerin hesaplanması ve değerlendirilmesinin yanı sıra çalışma için seçilen havzaların kullanılan yazılım ile hidrolojik modellemesi yapılmıştır. Yapılan literatür araştırmasında morfometrik parametreler konusunda son yıllarda yapılan çalışmaların da bulunduğu görülmüş olup söz konusu çalışmalarda; komşu iki havzanın seçilerek hem alansal, hem lineer hem de rölyef parametrelerin bir arada değerlendirildiği ve yapılan değerlendirmelerin de bir model kullanılarak karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu tez çalışması bu boşluğu doldurma ve CBS araçları kullanılarak bir havza değerlendirme sisteminin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.



Şekil 1.6 : Havza ve havza sınır çizgileri görünümü (Url-12).

Kapalı ve Açık Havza: Kapalı havzalar sularını denizlere kadar ulaştıramayıp kuruyan veya göle dökülüp kalan akarsuların bulunduğu alanlardır. Kapalı havzalar genellikle iç kesimlerde, kurak iklim bölgelerinde görülmektedir. (Goudie, 2014). Açık havzalar, sularını denize ulaştırabilen havzalar olup kıyı kesimlerde ve nemli iklim bölgelerinde bulunmaktadır.

Mikrohavza: Yüzeysel veya yüzey-altı akışlarla belirli bir drenaj sistemini (ırmak, nehir, veya göl) besleyen en küçük hidrolojik birimi ifade etmektedir.

Su Ayrım Çizgisi (Hattı): İki komşu havzayı birbirinden ayıran çizgiye su ayrım çizgisi denilmekte olup bu çizgi dağların en yüksek kesiminden geçmektedir.

Yukarı Havza: Yukarı Havza bir akarsu havzasının üst bölümü ve su toplama alanıdır.

Aşağı Havza: Akarsu havzasında ana nehrin deniz veya göle döküldüğü alt bölümü ifade etmektedir.

Havza Yönetimi: Havzaların sağladığı hidrolojik işlevlerin ve hizmetlerin muhafaza edilmesi, toprak, su, biyolojik çeşitlilik ve diğer doğal kaynaklarının ve varlıklarının

toplum yararına sürdürülebilir olarak yararlanılmasıdır (Ulusal Havza Yönetim Stratejisi 2014-2023).

Debi: Akarsuyun herhangi bir kesitinden birim zamanda geçen su miktarına akarsu akımı veya debi denmektedir. Yağışın dereler boyunca akışa geçmesiyle oluşur. Hesaplanan akım hızı (V , m/s) dere kesit alanı (A , m^2) ile çarpılarak debi ($V \cdot A$, m^3/s) hesaplanır.

Yüzeysel Akış: Yağıştan; sızma, yüzeysel biriktirme ve yüzeyaltı akışı çıkarıldıktan sonra kalan kısmı ifade etmektedir. Havzaya düşen yağışın ne kadarının akışa geçebileceği akarsu havzasının özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Böylece her akış, akıma dönüşmemektedir.

Konsantrasyon Süresi (Geçiş Süresi): Sağanak yağıştan kaynaklanan yüzey akışın drenaj havzasındaki en uzak noktadan çıkış noktasına varması için geçen zamanı ifade etmektedir. Geçiş süresi havzanın alanı arttıkça büyümektedir. Eğimle ise ters orantılıdır. Geçiş süresi aşağıdaki sürelerin toplamına eşittir:

- 1- Yağış şiddetinin sızma kapasitesini aşması için gereken süre,
- 2- Yağış birikintilerinin dolması için geçen süre,
- 3- Tabaka halinde sıkışın akarsu ağına varması için gereken süre,
- 4- Akarsu ağında suyun çıkış noktasına varması için gereken süre. (Bayazıt, 2013).



2. KULLANILAN MATERYALLER VE METODOLOJİ

2.1 Giriş

Çalışmada, Büyük Menderes ve Gediz havzalarının morfolojik özellikleri incelenmiş olup morfometrik parametrelerin hesaplanması için Esri ArcGIS ve SWAT yazılımlarından yararlanılmıştır. Bu bölümde, çalışma için gerekli veriler ve kullanılan yazılımlar belirtilmiş olup parametrelerin hesaplanmasından modelin çalıştırılarak sonuçların değerlendirilmesine kadar olan işlem süreci detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışmada CBS'den yararlanılması ile havzaların kendi içinde ve birbirleriyle karşılaştırılması için analizler kolaylıkla yapılabilmektedir. Havzalar bazında benzer hidrolojik birimler belirlenerek kendi içinde benzer hidrolojik tepkileri veren alanlar belirlenmiştir. Bunun yanında havzaların birbirleri ile benzerlikleri de karşılaştırılmıştır. Hesaplanan morfolojik parametreler yanında akım, su verimi ve sediment verimi gibi hidrolojik parametre değerleri bakımından da havzalar karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan veri ve CBS ile analizlerin uygulanmasına ilişkin metodoloji detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Tezin bu yönde yapılacak analizlere ve havza yönetimi çalışmalarına katkı sağlaması amaçlanmıştır.

2.2 Çalışma Alanı

Ülkemizde bulunan 25 akarsu havzası içinde yer alan birbirine komşu Büyük Menderes ve Gediz havzaları çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Büyük Menderes Havzası, Türkiye'nin güney batısında, yer almakta olup havzanın kuzeyinde İzmir, Manisa, Uşak; güneyinde Muğla; doğusunda Afyon ve Burdur illeri; batısında Ege Denizi bulunmaktadır. İçerisinde Afyon, Uşak, Denizli, Muğla ve Aydın il merkezlerinin yer aldığı havzanın toplam yağış alanı 24 873 km²'dir (Url-6). Havzanın konumu Şekil 2.1'de verilmiştir.

arazi kullanım ve eğim verileri kullanılarak SWAT yazılımı kullanılarak, ileriki bölümlerde detaylı bir şekilde de açıklanmakta olan havzalara ait hidrolojik birimler (HB) elde edilmiştir. Ayrıca; havza, il ve ilçeler ile havzalara ait akarsu ağını gösteren sayısallaştırılmış coğrafi verilerden de çalışmada yararlanılmıştır.

Arazi kullanım verileri için Avrupa Çevre Ajansı tarafından CORINE (Çevresel Bilgilerin Koordinasyonu Projesi) arazi sınıflandırması yöntemi ile üretilen arazi kullanım haritaları Avrupa Çevre Ajansı web sitesi üzerinden vektör dosya formatında indirilerek çalışmada kullanılmıştır (Url-2).

SWAT modelinde, hidrolojik analizlerin ve simülasyonun yapılabilmesi için toprak ve meteoroloji verileri büyük önem arz etmektedir. SWAT yazılımı tarafından kullanılan toprak verileri yazılımın 2009 versiyonunda veritabanı olarak kullanılan Microsoft Access veritabanı dosyaları içinde “usersoil” isimli tabloda saklanır. SWAT toprak verileri için morfometrik bir toprak sınıflandırma sistemine dayanan FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)-UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu) toprak haritaları kullanılır.

FAO ve IIASA (Uygulamalı Sistemler Analizi Uluslararası Enstitüsü) bölgesel ve ulusal toprak bilgileri güncellemeleri ile 1:1 000 000 ölçekli dünya sayısal FAO-UNESCO Sayısal Toprak Haritası (STH), ilk sürümü Temmuz 2008’de yayımlanan 1: 1 000 000 ölçekli yeni Uyumlaştırılmış Dünya Toprak Veritabanında (UDTV) birleştirilmiştir. Bu çalışmada seçilen havzalar için gerekli UDTV toprak verileri 1:1 000 000 ölçeğindeki coğrafi vektör dosya formatında indirilen toprak haritalarından Büyük Menderes ve Gediz havzaları bilgileri çıkartılarak modele girdi olarak dahil edilmiştir. Modele girdi olan bu verilerin yanında toprak türlerinin öznitelik bilgilerinin de modelin toprak veritabanında bulunması gerekmektedir. Öznitelik verilerinin model arayüzü üzerinden ya da veritabanına müdahale ederek sisteme girilmesi mümkündür.

SWAT yazılımında hidrolojik simülasyonların yapılabilmesi için kullanılan bir diğer önemli veri meteorolojik verilerdir. Model yazılımı için gerekli meteorolojik verilere Texas A&M üniversitesi web sitesi üzerinden ulaşmak mümkündür (Url-8). Buradan sunulan sıcaklık, yağış, rüzgar, güneş ışınımı ve bağıl nem gibi veriler modelin çalıştırılmasında kullanılır. Bu veriler ABD meteoroloji işleri birimine bağlı Çevresel Tahmin Merkezleri tarafından saatlik tahminler yapılmak suretiyle Yeniden Analiz

İklim Tahmin Sistemi (YAİTS) kullanılarak veri setleri şeklinde elde edilerek SWAT yazılımı için uygun formatta internet üzerinden sunulur. Büyük Menderes ve Gediz havzaları için 1988'den 2014 yılı ortasına kadar yaklaşık 26 yıllık periyot için sıcaklık, yağış, rüzgar, güneş ışınımı ve bağıl nem verilerine ulaşılmıştır (Url-8).

2.4 SWAT/ArcGIS/ArcSWAT

SWAT yazılımı, ABD Tarım Bakanlığı desteği ile ABD Tarım Bakanlığı Tarımsal Araştırma Servisi (ARS) ve Texas A&M üniversitesinin bir parçası olan tarım, doğal kaynaklar ve fen bilimleri üzerine araştırma birimi Agrilife araştırma grubu tarafından kamuya açık şekilde, fiziksel temelli bir hidrolojik model yazılımı olarak geliştirilmiştir. Hem QGIS, MapWindow gibi ücretsiz açık kaynak kodlu yazılımlar hem de ArcGIS gibi ticari yazılımlar için SWAT yazılımı kurulum dosyalarına web, Url-8, üzerinden ulaşılabilmektedir. Bu çalışmada ArcGIS 9.3 desktop ürünü kullanılmıştır. ArcGIS SWAT arayüzü olan ArcSWAT yazılımı referansta belirtilen web adresinden edinilmiştir. Çalışmanın QGIS ya da MapWindow gibi yazılımlar ile yapılması mümkündür. Ancak ArcGIS yazılımının başka çalışmalarda kullanılmış olması sebebi ile yazılıma ilişkin tecrübe ve bilgi birilimi bu çalışmada ArcGIS yazılımının kullanılmasının en önemli sebebidir.

Yazılım ile iklim, arazi kullanım ve toprak değişiminin havza bazında su kaynakları üzerinde etkisini değerlendirmek mümkün olmaktadır. Model Fortran yazılım dili ile geliştirilmiş kamuya açık bir modeldir. Yazılım kaynak kodlarını Intel ya da Eclipse Paralel Araç Platformu (PAP) yardımıyla çalıştırmak mümkün olmaktadır. Yazılım kodlarının kullanıma açık olması hem güvenilirliği artırmakta hem de kullanıcıların modelin gelişimine katkı sağlamasına imkan vermektedir. Modelin gelişimi incelendiğinde özellikle kullanıcılardan gelen geri dönüşlerle yazılımda oluşan hesaplama sorunlarının giderildiği ya da yeni özelliklerin eklendiği görülmektedir.

Yazılım versiyon seçimi, çalışmalarda önem arz etmektedir. Model ile çalışırken hesaplamaların nasıl yapıldığı, yazılıma bunun nasıl yansıtıldığına incelenmesi de önem arz eder. SWAT yazılımının kamuya açık olması çalışma için kullanılmasında önemli bir tercih sebebidir.

Versiyon seçiminin önemi SWAT2012, SWAT2009 ve SWAT2005 versiyonlarında hesaplanan ve hesaplanmayan bazı değişkenlerin verildiği Çizelge 2.1 incelendiğinde daha net bir şekilde anlaşılmaktadır.

Çizelge 2.1 : “Output.hru” çıktı dosyası bazı değişkenlerinin SWAT versiyonlarına göre durumu.

Değişken	Açıklama	SWAT2005	SWAT2009	SWAT2012
WTAB	Toprak profili üzerinden su tablası (mm)	yok	var	var
WTABELO	Toprak profili tabanından su tablası derinliği (mm)	yok	var	var
SNO_HRU	HB'deki kar içeriği (mm)	yok	var	var
CMUP_KGH	Birinci toprak katmanı toprak karbonu (kg/ha)	yok	var	var
CMTOT_KGH	Tüm toprak katmanları entegre-toplu toprak karbonu (kg/ha)	yok	var	var
QTILE	O gün için toprak profilindeki künkülü drenaj akımı (mm)	yok	yok	var
TNO3	Künkdeki Nitrat-NO3 (kg N/ha)	yok	yok	var
LNO3	O gün için HB'deki yanal akımda bulunan NO3-N miktarı (kg/N/ha)	yok	yok	var
GW_Q_D	Akıma derin akifer yeraltısuyu katkısı (mm H ₂ O)	yok	yok	var
LATQ_CNT	Ana Kanal akımına katkı sağlayan yanal akım (mm)	yok	yok	var

Çizelge 2.1’de görüldüğü üzere yazılım sürekli geliştirilmekte ve bazı parametreler yazılımın yeni versiyonlarında hesaplanarak sunulur. Özellikle yazılımın 2012 versiyonunda yeni birçok parametre hesaplanmaktadır.

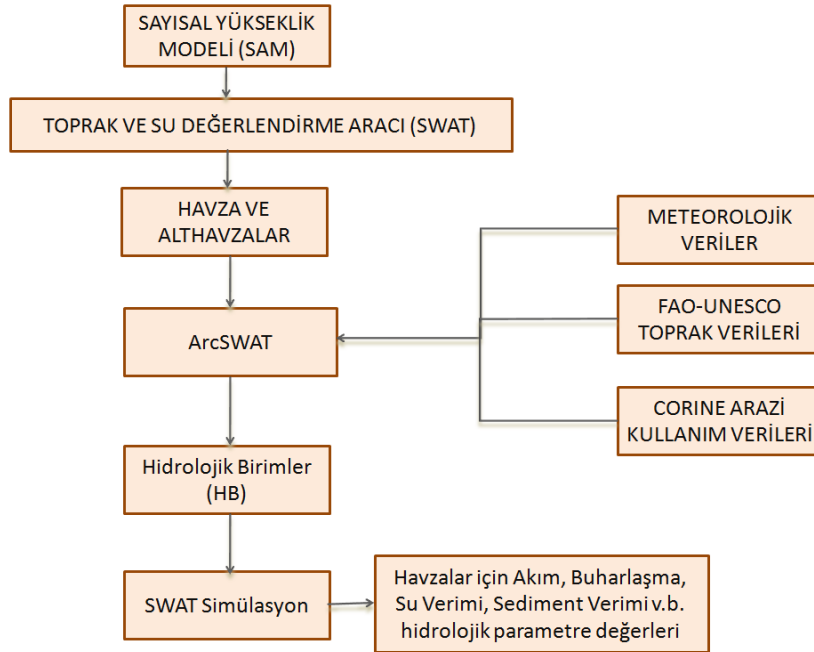
Havza modelleri, su kaynaklarının değerlendirilmesi, geliştirilmesi ve yönetimi için temel teşkil eder. Bu çalışmada, SWAT aracı kullanılarak seçilen havzalar modellenmiştir. İleriki bölümlerde detaylı bir şekilde açıklanan çalışma ile Büyük Menderes ve Gediz havzaları için havzalara düşen yağışa göre; modellenen zaman periyodu için akım, toprakta mevcut olan su ve sediment verimi gibi parametreler hesaplanmıştır. Bir sonraki bölümde hesaplanan morfometrik parametre değerleri ile SWAT modelinin çalıştırılması sonucu elde edilen hesaplamalar son bölümde detaylı olarak karşılaştırılmıştır.

2.5 WGN Excel Makro

Model için gerekli meteoroloji verilerinin hazır hale getirilmesi amacıyla tasarlanan Excel Makro dosyası kullanılır. Model yazılımı meteoroloji derleyicisi tarafından kullanılan bu dosyalar, meteoroloji verilerini simüle etmek ya da eksik verileri tamamlamak için kullanılır (Url-9). Çalışmada kullanılmak üzere indirilen metin formatındaki 26 yıllık meteoroloji verileri, sunulan bu Excel dosyası ile hazırlanmıştır.

2.6 Model Çalışma Yöntemi

Çalışmada, Büyük Menderes ve Gediz havzaları için 10 m çözünürlüklü SYM verisi model için altlık olarak kullanılmıştır. SYM verisi çatallanma oranı, diğer önemli parametrelerin hesaplanması ve HB'lerin oluşturulmasında önemli bir altlığı oluşturur. İzlenen metodoloji Şekil 2.3.'de verilmiştir. 10 m çözünürlüklü SYM verisi modele girdi olarak verilerle Büyük Menderes ve Gediz havzaları su toplanma havzası ve althavzaları çıkartılmıştır. Model için SYM verisinin UTM (Evrensel Enlem Merkatörü) projeksiyonunda olması gerekir.



Şekil 2.3 : SWAT modeli tarafından kullanılan yöntem.

Havza ve althavzaların çıkartılmasının ardından, model yazılımı üzerinde her alt havza için arazi kullanım, toprak ve eğim bilgilerinin üstüste bindirme yöntemi ile tekil arazi kullanım/ toprak/eğim verisi kombinasyonuna sahip alanların belirlenmesi ile HB'ler

oluşturulur. HB'lerin yaratılmasında kullanılan eğim verileri model tarafından hesaplanır. Arazi kullanım ve toprak verilerinin dışarıdan üretilerek modele girilmesi gerekir.

Havza ve ilgili althavzalar için HB'lerin oluşturulmasındaki amaç, kullanılan model ve daha birçok modelde belirlenen bu arazi kullanım ve toprak bilgilerini kullanarak hidrolojik değerlendirmelerin yapılmasıdır. HB'lerin oluşturulması için raster ya da vektör formatında sunulan CORINE arazi kullanım verisi ve Uyumlaştırılmış Dünya Toprak Verisinin, SYM verisi ile aynı projeksiyonda olması gerekir (M. Winchell, R. Srinivasan, M. D. Luzio, J. Arnold, 2010).

Çalışmada, jeomorfometrik parametrelerin hesaplanması için kullanılan veriler ve özellikleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Model için kullanılan veriler.

Veri	Ölçek/Çözünürlük	Veri Kaynağı
Sayısal Yükseklik Modeli	1 : 50 000 10x10	Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
CORINE Arazi Kullanım Verileri	1 : 100 000	Avrupa Çevre Ajansı (Url-2)
Akarsu Ağı, Havza ve İl sınırları	1 : 100 000	DSİ Genel Müdürlüğü
Meteoroloji Verileri (1979-2014)	S:36.9499 W:26.4111 N: 39.2323 E: 31.5308 (128 meteoroloji istasyonu)	SWAT için Global Meteoroloji Verileri (Url-8)
Toprak Haritası	1:1 000 000	Dünya Dijital FAO-UNESCO Sayısal Toprak Haritası

HB'lerin oluşturulması için kullanılan CORINE arazi kullanım verileri özelliklerinin, modelin arazi kullanım veritabanı ile eşleşmemesi sebebiyle CORINE verilerinin modelde kullanılan arazi kullanım kodu karşılığının belirlenmesi gerekir. Bunun için belirlenmiş bir standart eşleştirme bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında Büyük Menderes ve Gediz havzaları için tanımlı CORINE kodlarının modelde kullanılan karşılığı CORINE birincil ve ikincil etiketleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Çizelge 2.3.'de havzalarda yer alan CORINE kodları ve SWAT kodu karşılıkları görülmektedir.

Çizelge 2.3 : CORINE arazi kullanım verisi ile SWAT arazi kullanım verisi eşleştirmesi.

Corine Kodu	Birincil Etiket	İkincil Etiket	Üçüncül Etiket	Modelde Kodu	Kullanılan Kodu
111	Aralıksız Kent Dokusu	Kent Dokusu	Aralıksız Kent Dokusu	URBN, Şehirleşme	
211	Tarım Alanları	Tarıma Elverişli Arazi	Sulanmayan Tarıma Elverişli Arazi	AGRC, Tarım Arazisi	
221	Tarım Alanları	Kalıcı Mahsüller	Üzüm Bağları	AGRL, Tarım Arazisi	
223	Tarım Alanları	Kalıcı Mahsüller	Zeytinlik	AGRL, Tarım Arazisi	
231	Tarım Alanları	Meralar	Meralar	PAST, Otlak	
242	Tarım Alanları	Heterojen Tarım Alanları	Kompleks Yetiştirme Paternleri	AGRL, Tarım Arazisi	
313	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Ormanlar	Karışık Orman	FRST, Karışık Orman	
321	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Çalı ve/veya Otlu bitki örtüsü	Doğal Otlaklar	RNGE, Otlak-Çayır	
324	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Çalı ve/veya Otlu bitki örtüsü	Geçişken Ormanlık-Çalılık	RNGB, Otlak-Çalılık	
411	Sulak Alanlar	İç Sulak Alanlar	İç Bataklıklar	WETF, Sulak Alanlar-Ormanlık	
521	Sulak Alanlar	Deniz Suları	Kıyı Lagünleri	WATR, Sulak Alan	

HB'ler yukarıda açıklandığı şekilde elde edilmesinin ardından meteorolojik veriler girdi olarak verilererek SWAT hidrolojik tahmin modeli çalıştırılmaktadır.

2.7 Model Yazılımı İncelemesi

Değerlendirmelerin yapılabilmesi için model yazılımı tarafından oluşturulan havza alt birimlerinin başlıcalarına bu bölümde değinilmektedir. Model arayüzü tarafından ihtiyaç duyulan birçok veri ve veri elde etme şekillerine önceki bölümlerde değinilmiştir.

Model yazılımı tarafından oluşturulan başlıca altbirimler (Url-10);

- Althavzalar
 - Sınırsız sayıda HB (herbir althavzaya 1 tane gerekmektedir)
 - Bir gölet (isteğe bağlı)
 - Bir sulak alan (isteğe bağlı)

- Akarsu/ana kanal segmentleri (herbir althavza için 1 tane)
- Ana kanallar üzerindeki rezervuarlar (isteğe bağlı)
- Noktasal kaynaklar (isteğe bağlı)

şeklindedir. Söz konusu alt birimler aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

2.7.1 Althavza

Althavzalar, havzaların birinci seviye altbölümleridir. Havza içinde mekansal olarak birbiri ile ilişkili alanlardır. Althavzalar havzanın yüzey topografyasına bağlı olarak ya da althavza içinde bulunan akarsu kolları boşaltım noktalarının manuel belirlenmesi yoluyla yazılım tarafından otomatik olarak çıkartılmaktadırlar. Bu çalışmada Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisi ile akarsu kanalları çıkartıldıktan sonra boşaltım noktaları manuel olarak işaretlenerek althavzalar çıkartılmıştır. Bir althavzanın en az bir HB, bir akarsu kolu ya da ana kanal içermesi gerekmektedir. Althavza içinde isteğe bağlı olarak bir gölet ya da sulak alan tanımlanabilmektedir.

2.7.2 Hidrolojik birimler

Havza arazileri üzerinde, tekil arazi kullanım/eğim/toprak verilerinin kombinasyonu ile oluşan alanlar Hidrolojik Birimleri (HB) oluşturmaktadır. SWAT arayüzünde her bir HB yükleri (akım ile taşınan sediment gibi) ayrı ayrı hesaplanıp althavza yükünün hesaplanması için toplanmaktadırlar. Her bir althavza için ayrı ayrı oluşturulan HB'ler, SWAT için önemli hesaplama birimlerini oluşturmakta ve sonuçların doğruluğunu sağlamaktadırlar. Çalışmada ArcSWAT arayüzü kullanılarak HB'lerin tanımlandığı arazi kullanım, eğim ve toprak verileri için eşik değerler tanımlanarak kullanıcıların HB'leri özelleştirmesi mümkün olmaktadır. Su verimi ve akarsu akımı deşarjında tanımlanan HB eşik değerleri sediment ve besin yükü simülasyonları için kullanılan eşik değerlere göre daha az hassastırlar. HB'ler için büyük eşik değeri kullanılması, su verimi ve akarsu akımı simülasyonlarında düşük bir etkiye sahip olmakta iken eğim ve toprak türü verisine daha duyarlı olan sediment ve besin yükü üzerinde daha fazla öneme sahip olmaktadır (Mueller, 1968). Ayrıca, yapılan çalışmalar HB sayısı ve alanlarının arazi kullanım verisi için uygulanan eşik değerinden çok toprak verileri için uygulanan eşik değerine karşı daha hassas olduğunu göstermektedir.

2.7.3 Akarsu/ana kanal

Bir havza içinde bulunan herbir althavza bir akarsu ya da ana kanal ile ilişkilidir. İlgili olduğu akarsu segmentinin althavzasından gelen yükler havza kanal ağına girmekte, akarsu segmentlerinin yukarisından gelen çıkış akımları da yine akarsu segmentlerine ulaşmaktadır.

2.7.4 Akarsu kolu kanalları

Akarsu kolu kanalları terimi bir althavzada oluşan kanalize olmuş yüzey akımı girişlerini belirtmek için kullanılmaktadır. Akarsu kolu kanal girişleri toplanma zamanının hesaplanması için kullanılmakta ve havzadaki en uzun akış yolunu tanımlamaktadır. Bazı althavzalar için ana kanal en uzun akış yolu olmaktadır. Eğer böyleyse, akarsu kolu kanal boyutları ana kanal ile aynı olmaktadır. Diğer althavzalarda ise, akarsu kolu kanal boyutları ana kanaldan önemli ölçüde farklı olacaktır.

2.7.5 Göletler/sulak alanlar/rezervuarlar

Bir havza içindeki su yapıları; göletler, sulak alanlar veya rezervuarlar olarak modellenmelidir. Modelde, havzada bulunan akarsu ağı üzerinde bulunan su yapıları rezervuar olarak tanımlanmaktadır. Rezervuar terimi yaygın olarak insan yapımı yapılar için ve göl gibi doğal olarak oluşan su yapıları için kullanılmaktayken, rezervuar terimi kullanılan modelde insan yapımı yapıları ifade etmemektedir. Rezervuar ve gölet kavramları buldukları konum itibariyle birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Ana kanal ağı üzerinde bulunan su tutma alanlarının, ana kanal ağı dışında bulunanlara göre daha büyük alana sahip olmaları nedeniyle bu terimler farklı anlamlarda kullanılmaktadır. Ana kanal ve althavza su tutma alanları olarak farklı tiplerde yapılar olarak tanımlanmaları, modelde girdi verilerinin farklı dosya uzantıları olarak saklanmaları gerektiğinden bu iki terim ayrı ayrı kullanılmaktadır. Gölet ve sulak alanlar, her bir althavza içinde tanımlanabilmektedirler. Bu yapılar diğer havzalardan değil sadece kendi havzalarında oluşan suyu su tutma alanlarına alabilirler. Buna karşılık, rezervuarlar tüm üst althavzalardan su almaktadırlar.

2.7.6 Noktasal kaynaklar

Yazılım, havzadaki su, sediment ve besin öğeleri yüklerini doğrudan modellemektedir. Ancak, bazı havzalarda bir arazi ile ilişkili olmayan kaynaklardan akarsu ağına gelen yükler olacaktır. Bu kaynaklar noktasal kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. En yaygın noktasal kaynaklar atık su arıtma tesisleridir.

2.7.7 Model tarafından kullanılan veri yapısı

SWAT yazılımı ihtiyaç duyduğu veriler için veritabanı olarak Microsoft Access veritabanını kullanmaktadır. MS Access veritabanı dışında girdi ve çıktı dosyaları olarak isimlendirilen ASCII ve metin dosyaları da yazılımının önemli veri kaynaklarını oluşturmaktadır. Yazılım üzerinden gerek MS Access veritabanı gerekse ASCII ve metin dosyalarına okuma, yazma ve güncelleme işlemleri yapılmaktadır. Model bu şekilde dağınık bir dosya yapısı kullanmaktadır. Uygulama web sitesi (Url-9) üzerinden sağlanabilen excel makro dosyası ile hazırlanan meteoroloji verileri simülasyonda kullanılmak üzere projeye dahil edilmektedir.

Modelde havza düzeyi girdi verileri havzada gerçekleşen tüm süreçleri modellemek için kullanılmaktadır. Eğer girdi verileri HB’de gerçekleşen bir süreç ile ilgili ise althavza seviyesi girdi verileri althavzadaki tüm HB’ler için aynı giriş değerlerinin kullanılmasını ifade etmektedir. Simülasyonun çalıştırıldığı aşamada veriler ilgili sonuç dosyalarına yazılmaktadır. Kullanılan başlıca dosyalar Çizelge 2.4’de görülmektedir.

Çizelge 2.4 : Modelde kullanılan girdi dosyaları (Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R., Haney, E.B., Neitsch, S.L., 2012).

Dosya Adı	Açıklama	Çalışmada Model İçin Sisteme Dahil
file.cio (havza seviyesi dosya)	Ana havza dosyası	
.fig (havza seviyesi dosya)	Havza konfigürasyon dosyası	
.bsn (havza seviyesi dosya)	Havza girdi dosyası	
.pcp (havza seviyesi dosya)	Yağış girdi dosyası	✓
.tmp (havza seviyesi dosya)	Sıcaklık girdi dosyası	✓
.slr (havza seviyesi dosya)	Güneş ışınımı girdi dosyası	✓

Çizelge 2.4 (devam) : SWAT modelinde kullanılan girdi dosyaları (Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R., Haney, E.B., Neitsch, S.L., 2012).

Dosya Adı	Açıklama	Çalışmada Model İçin Sisteme Dahil Edilen Dosyalar
.wnd (havza seviyesi dosya)	Rüzgar hızı girdi dosyası	✓
.hmd (havza seviyesi dosya)	Bağıl nem girdi dosyası	✓
.pet (havza seviyesi dosya)	Potansiyel buharlaşma girdi dosyası	
.cst (havza seviyesi dosya)	Hava tahmini girdi dosyası	
.cal (havza seviyesi dosya)	Oto-kalibrasyon girdi dosyası	
crop.dat (havza seviyesi dosya)	Arazi örtüsü / bitki büyüme veritabanı dosyası	
till.dat (havza seviyesi dosya)	Tarım Tillage veritabanı dosyası	
pest.dat (havza seviyesi dosya)	Pestisit veritabanı dosyası	
fert.dat (havza seviyesi dosya)	Gübre veritabanı dosyası	
urban.dat (havza seviyesi dosya)	Kentsel veritabanı dosyası	
septic.dat (havza seviyesi dosya)	Septik veritabanı dosyası	
.sub (althavza seviyesi dosya)	Althavza girdi dosyası	
.wgn (althavza seviyesi dosya)	Hava üreticisi girdi dosyası	✓
.pnd (althavza seviyesi dosya)	Gölet / sulak alan girdi dosyası	
.wus (althavza seviyesi dosya)	Su kullanımı girdi dosyası	
.rte (althavza seviyesi dosya)	Ana kanal girdi dosyası	
.sep (althavza seviyesi dosya)	Septik girdi dosyası	
.wwq (havza seviyesi dosya)	Havza su kalitesi girdi dosyası	
.swq (althavza seviyesi dosya)	Akarsu su kalitesi girdi dosyası	
.hru (HB seviyesi dosya)	HB girdi dosyası	
.mgt (HB seviyesi dosya)	İşletme girdi dosyası	
.sol (HB seviyesi dosya)	Toprak girdi dosyası	
.chm (HB seviyesi dosya)	Toprak kimyasal girdi dosyası	

Çizelge 2.4 (devam) : SWAT modelinde kullanılan girdi dosyaları (Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R., Haney, E.B., Neitsch, S.L., 2012).

Dosya Adı	Açıklama	Çalışmada Model İçin Sisteme Dahil Edilen Dosyalar
.gw (HB seviyesi dosya)	Yeraltı suyu girdi dosyası	
.res (rezervuar dosyası)	Rezervuar girdi dosyası	
rechour.dat recday.dat recmon.dat recyear.dat reccnst.dat (nokta kaynak dosyası)	Nokta kaynak girdi dosyaları. Bu opsiyonel dosyalar bir nokta kaynağından kanal ağına gelen yükler hakkında bilgileri içermektedir. Veri depolamak için kullanılan dosya türü verilerin nasıl özetlendiğine bağlıdır (saatlik, günlük, aylık, yıllık veya yıllık ortalama)	

Model çalıştırıldığında bir dizi çıktı dosyasının oluştuğu görülmektedir. Bu dosyalar; özet girdi dosyası (input.std), özet çıktı dosyası (output.std), HB çıktı dosyası (output.hru), althavza çıktı dosyası (output.sub) ve ana kanal veya akarsu çıktı dosyalarıdır (output.rch). Tüm model girdi verileri olmasa da önemli girdi verileri özet girdi dosyasında bulunur.

Simülasyonun çalıştırılması ile verilerin yazıldığı özet çıktı dosyası, akarsuları etkileyen havza ortalama, yıllık, aylık veya günlük yükleri barındırmaktadır. Bir kullanıcının havzanın su, sediment, besin ve pestisit dengeleri hakkında temel bilgi elde etmek için incelemesi gereken ilk dosyadır.

HB çıktı dosyası havzadaki her bir HB için özet bilgileri kapsamaktadır. Althavza çıktı dosyası ise havzadaki her bir althavza için özet bilgileri içermektedir. Farklı değişkenler için rapor edilen değerler althavzadaki tüm HB'lerin toplam miktarı ya da ağırlıklı ortalamasıdır.

Ana kanal çıktı dosyası havzadaki her bir akarsu rotası için özet bilgileri, HB su toplanma alanı çıktı dosyası (output.wtr) HB'ler içinde bulunan göletler, sulak alanlar ve çöküntü / su toplanma alanları için özet bilgileri içermektedir.

Rezervuar çıktı dosyası (output.rsv) havzada bulunan rezervuarlara ait özet bilgileri; sediment yükleri çıktı dosyası (output.sed) havza için özet bilgileri; yönetim çıktı

dosyası (output.mgt) çeşitli yönetim işlemleri için özet bilgileri; toprak çıktı dosyası (output.sol) toprak profili özet bilgilerini; kar bandı çıktı dosyası (snowband.out) yükseklik bantlarındaki kar nem miktarı için özet bilgileri; pestisit çıktı dosyası (output.std) çözünebilen ve sedimentte soğurulan pestisit miktarı özet bilgilerini içermektedir.

Saatlik çıktı dosyası (hourq.out) yıl, gün ve saate göre su hacmi özet bilgisini; kanal hız çıktı dosyası (chanvel.out) herbir akarsuda günlük ve aylık olarak suyun hızına ait özet bilgileri; su derinliği çıktı dosyası (watrdep.out) her akarsu için gün ve yıl olarak su derinliği özet bilgisini; karbon çıktı dosyası (cswat_profile.txt) her HB için gün ve yıl olarak toprak katmanlarındaki gübre ve organik madde karbon kütlesine ait özet bilgileri içerir.

3. HAVZALARIN MORFOLOJİK İNCELEMESİ

Jeomorfolojinin temel ilkelerinden biri, topografya formlarının topografyanın şekillenmesinde aktif olan süreçleri yansımasıdır. Bu, nehir havzası şekillerinin iklimsel ve tektonik zorlamaları, erozyonun iç mekaniğini, diğer süreçleri, bir ölçüde önceki havza formlarını ve ilgili süreçlerde zamanla gelişen değişimleri yansıttığı anlamına gelmektedir (Niemann, 1997). Morfolojiye etki eden birçok etken bulunmakla birlikte bu çalışma kapsamında akarsu havzalarının ve akarsuların morfolojisini etkileyen nedenlerden ziyade, ağırlıklı olarak havza ve akarsu morfolojisinin hidrolojik yapıya etkileri üzerinde durulmuştur.

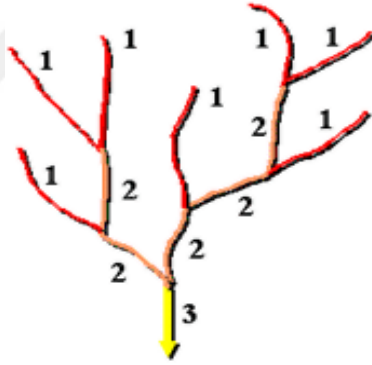
Coğrafi Bilgi Sistemleri, su kaynaklarının modellenmesinde, akarsu ağına ve havzaya ait karakteristik özelliklerin belirlenmesinde önemli bir araçtır. Çalışmada, Büyük Menderes ve Gediz havzalarının morfolojik özellikleri, seçilen morfometrik parametreler Coğrafi Bilgi Sistemleri de kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan parametreler yorumlanarak havzaların hidrolojik karakteristiği değerlendirilmiştir. Morfolojik parametreler Lineer, Alansal ve Rölyef olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Büyük Menderes ve Gediz havzaları için Lineer Akarsu Hiyerarşisi (Stream Order), Çatallanma Oranı (Bifurcation Ratio), Ortalama Yüzeysel Akış Uzunluğu (Length of Overland Flow), Ana Kanal Uzunluğu (Length of Main Channel), Kanal İndeksi (Channel Index), Vadi İndeksi (Valley Index), Hidrolik Kıvrımlılık İndeksi (Hydraulic Sinuosity Index), Topografik Kıvrımlılık İndeksi (Topographic Sinuosity Index), Standart Kıvrımlılık İndeksi (Standard Sinuosity Index); Alansal (Havza alanı, Havza uzunluğu, Havza çevresi, Form faktörü, Dairesellik oranı, Uzama oranı, Tekstür oranı, Akarsu sıklığı, Drenaj Yoğunluğu) ve Rölyef (Havza Rölyef değeri, Engebellelik Değeri, Dere Eğimi, Hipsometrik İndeks) morfometrik parametreleri değerlendirilmiştir.

3.1 Lineer Morfometrik Parametreler

3.1.1 Akarsu ağının mertebelendirilmesi/hiyerarşisi

Drenaj havzalarının morfolojik analizi ile ilgili önemli çalışmalar Horton (1945) tarafından yapılmış, ondan sonra da bu çalışmalar birçok jeomorfolojist tarafından devam ettirilmiştir. İlk olarak Horton tarafından temelleri atılan akarsu kollarının sınıflara ayrılması Strahler (1952, 1957, 1958 ve 1964) tarafından geliştirilmiştir.

Akarsu mertebesi nisbi olarak akarsu büyüklüğünü ifade eder. Akarsu hiyerarşisinin çıkartılması diğer birçok lineer parametrenin hesaplanması için gerekli ilk adımdır. Bu işlem için öncelikle 10 m mekansal çözünürlüklü SYM verisi kullanılmış, ArcGIS Desktop uygulaması içinde bulunan hidroloji aracı yardımıyla da havzaya ait drenaj ağı çıkartılmıştır. Akarsu hiyerarşisi çıkartılırken Strahler numaralama sistemi kullanılmıştır. Bu sistemde aynı kol numarasına sahip kollar kesiştiğinde numara artarak ilerlemekte, sonuçta da aynı numaraya sahip kollar aynı akarsu segmenti içinde yer almaktadır. Şekil 3.1’de Strahler metodu verilmiştir.



Şekil 3.1 : Strahler akarsu mertebelendirme metodu.

Hesaplanan Büyük Menderes havzası drenaj ağı Şekil 3.2’de verilmiştir. Elde edilen drenaj ağları kullanılarak Büyük Menderes havzası için hesaplanan başlıca morfometrik parametreler ise aşağıda Çizelge 3.1’de verilmiştir.

devam edebilen akarsu akışının aksine yağmurdan sonra kalan suların toprak tarafından emilmesi veya buharlaşması yoluyla ortam değiştirmektedir. Drenaj yoğunluğunun fazla olması, dolayısıyla kanallar arası mesafenin kısa olması sebebiyle yüzeysel akış uzunluğu da küçük değerler almakta, dolayısıyla suyun toplanma süresi de kısalmaktadır. Büyük Menderes ve Gediz Havzası için hesaplanan yüzeysel akış uzunluğu aşağıda Çizelge 3.1'de verilmiştir. Büyük Menderes havzası yüzeysel akış uzunluğu Gediz havzasına göre daha büyük hesaplanmıştır. Çizelge 3.3'de havzalar için verilen hesaplamalarda drenaj yoğunluğu değerine baktığımızda Büyük Menderes havzası drenaj yoğunluğu parametresinin Gediz havzasına göre daha düşük hesaplanması ortalama yüzeysel akış uzunluğu parametresinin daha yüksek hesaplanması ile de tutarlıdır.

3.1.3 Çatallanma oranı

Drenaj havzalarının hidrolojik rejimlerinin ön tahmininde en önemli parametre çatallanma oranı'dır (Horton, 1945; Strahler, 1957; Scheidegger, 1968). Havzanın şekli ve akım karakteristiği hakkında bilgiler vermektedir. Çatallanma oranı, bir segment grubunda bulunan akarsu kollarının sayısının(S_i), bir üst grup segmentteki kolların sayısı toplamına (S_{i+1}) oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu oranın, 3-5 aralığında olması havza jeolojisinin homojen bir yapıda olduğunu ifade eder. 3 ve altı değerler düşük çatallanma oranını göstermekte, havzada ani ve yüksek akım oluşumuna işaret etmektedir. Alüvyonlu bölgelerde çatallanma oranı nispeten düşük değerler alır. Yüksek çatallanma oranları ise havzada sönümlenebilen akım oluşumunu göstermektedir.

Akarsu segmentlerinin birbirine yakın çatallanma oranlarına sahip olduğu ve bunun sonucu olarak da suyun daha etkin ilerlediği havzalarda, taşkın hidrografi yavaş bir şekilde artmasına rağmen yüksek pik değerleri almaktadır. Akarsu segmentleri birbirinden uzak çatallanma oranı değerlerine sahip havzalarda ise, taşkın hidrografi hızlı bir şekilde artmasına rağmen yüksek pik değerlerine ulaşmamaktadır (Gregory, 1997). Büyük Menderes ve Gediz havzaları için akarsu segmentleri Strahler metodu ile hesaplanmıştır. Bulunan akarsu segment değerleri Çizelge 3.1'de görülmektedir. Çizelgede S_1 , akarsu kollarının birinci derecede bulunan kol sayıları toplamını ifade etmektedir. S_2 , birinci derecede bulunan kolların birleşmesi ile oluşan ikinci derece kolların sayısı toplamını ifade etmekte, S_3 , ikinci derece kolların birleşmesi ile oluşan

üçüncü derece akarsu kolları toplamını ifade etmektedir. Bu şekilde Büyük Menderes ve Gediz havzaları için yedinci dereceye kadar akarsu segmentleri oluşmuştur.

Büyük Menderes ve Gediz havzası, Çizelge 3.1'de de verildiği üzere birbirine yakın çatallanma oralarına sahip ve bahsedilen ilk grup özelliklerini göstermektedirler.

Çizelge 3.1 : Lineer morfometrik parametreler.

Havza Adı	Büyük Menderes	Gediz
Havza Alanı (A, km ²)	25 062	16 334
Akarsu Segmentleri	S ₁	4 536
	S ₂	2 198
	S ₃	1 068
	S ₄	538
	S ₅	370
	S ₆	230
	S ₇	69
Toplam Segment Sayısı(ΣS)	6 973	9009
Segment Uzunluğu(ΣL, km)	15 214.2	13417.79
Çatallanma Oranları (R _b =S _i /S _{i+1} (boyutsuz))	2.10, 1.82, 2.3, 2.35, 0.72, 3.95	2.06, 2.06, 1.99, 1.45, 1.60, 3.33
Ortalama Çatallanma Oranı	2.206	2.082
Ortalama Yüzeysel Akış Uzunluğu(l ₀ =1/2D, km)	0.83	0.61

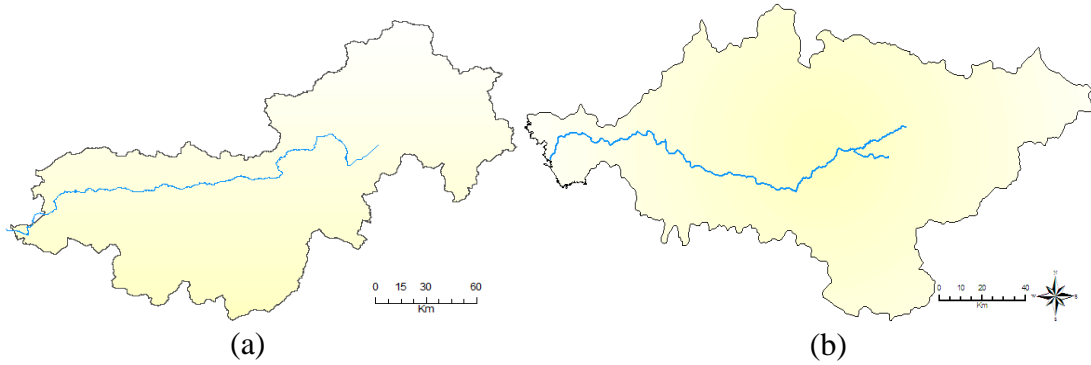
3.1.4 Kıvrımlılık indeksi

Kıvrımlılık indeksi, havzadaki drenaj ağı yapısının yorumlanmasında kullanılan bir metriktir. Morfolojik çalışmalarda önemli bir parametredir. Bu çalışma kapsamında Mueller (1968) tarafından geliştirilen model kullanılarak kıvrımlılık indeksi hesaplanmıştır. İndeks, akarsu havzasının topolojik ve hidrolojik karakteristiği hakkında bilgi vermektedir.

Akarsu vadisi eğiminde değişikliğe neden olan bazı tektonik hareketler sebebiyle kanal kıvrımlılığı değişmektedir (Keller ve Pinter, 1996). Bu sebeple, kıvrımlılık indeksi tektonik hareketlerin kanal morfolojisi üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla da kullanılmaktadır (Babar, 2005).

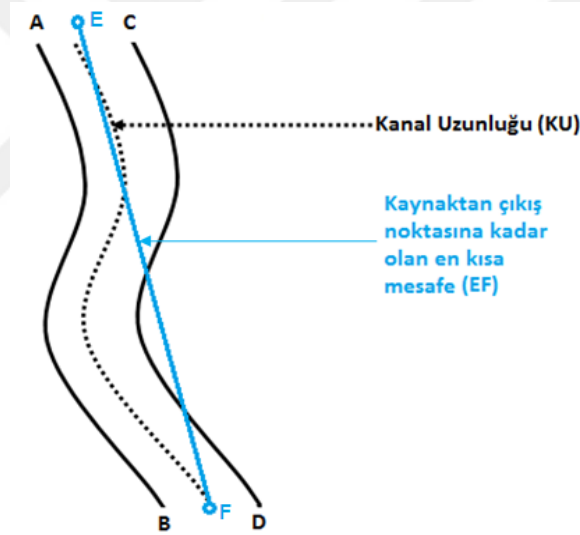
Çalışmada, Şekil 3.4'de de görülebilen Büyük Menderes ve Gediz nehirlerine ilişkin kıvrımlılık indeksinin elde edilmesi için ArcSWAT arayüzü yardımı ile 10 m SAM

verisi altlık olarak kullanılarak akarsular segmentlere ayrılmış ve ArcGIS yazılımı da kullanılarak gerekli parametreler elde edilmiştir.



Şekil 3.4 : Büyük Menderes (a) ve Gediz nehirleri (b) ana kanal görünümü.

Kıvrımlılık indeksi ve ilgili parametrelerin hesaplanması için uygulanan yöntemle ilişkin çizim Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5 : Kıvrımlılık indeksi parametreleri için referans şekil (Ghosh ve Mistri, 2012)’den Türkçeleştirilmiştir).

Parametrelere ilişkin formüller Mueller (1968) de (3.1)’den (3.6)’ya kadar görülen denklemlerde verilmiştir.

$$\text{Vadi Uzunluğu (VU)} = |AB| + |CD|/2 \quad (3.1)$$

$$\text{Kanal İndeksi/Toplam Kıvrımlılık İndeksi (Kİ)} = KU/|EF| \quad (3.2)$$

$$\text{Vadi İndeksi (Vİ)} = VU/\text{Toplam Topografik Kıvrımlılık İndeksi} = VU/|EF| \quad (3.3)$$

$$\text{Standart Kıvrımlılık İndeksi (SSİ)} = Kİ/Vİ \quad (3.4)$$

$$\text{Hidrolik Sinüzoidal İndeks (HSİ)} = \frac{(Kİ - Vİ)}{(Kİ - 1)} * 100 \quad (3.5)$$

$$\text{Topografik Sinüzoidal İndeks (TSİ)} = \frac{(Vİ - 1)}{(Kİ - 1)} * 100 \quad (3.6)$$

Bu formüller kullanılarak elde edilen parametreler ise Çizelge 3.2'de verilmiştir. Kıvrımlılık indeksi 1 ile 4 aralığında değişen değerler almaktadır. Bu değerler 1.5' den daha büyük olması akarsuyun menderes karakteristiği gösterdiği, 1.05 ile 1.3 arasında değerler alması ise kıvrımlı yapıya sahip olduğunu ifade etmektedir (Babar, 2005).

Çizelge 3.2 : Kıvrımlılık indeksi, kullanılan diğer parametre değerleri (Goudie, 2014).

Havza	Kİ	Vİ	SSİ	HSİ	TSİ
Büyük Menderes	1.54	1.36	1.13	33	67
Gediz	1.46	1.41	1.04	10.87	89.13

Akarsu vadisi uzunluğunun kanal uzunluğuna eşit olduğu durumlarda havzanın genç evrede olduğu ve topografik faktörlerin etkili olduğu değerlendirilmektedir. Bu durumda topografik sinüzoidal indeks (TSİ) % 100 olmakta, yani vadi başlangıcı ile kanal arasında bir boşluk bulunmamaktadır (Davis, 1913). Havza gençlikten olgunluğa geçerken ise hidrolik sinüzoidal indeks (HSİ) ve mendereslenme artmakta, havzada hidrolojik faktörler etkili olmaya başlamaktadır. Bu durumda kanal kıvrımlılık indeksi'nde mendereslenme görülse de, standart kıvrımlılık indeksi'nde görülmemektedir.

3.2 Alansal Morfometrik Parametreler

3.2.1 Havza alanı

Havzanın büyüklüğü, su toplanma zamanını da önemli derecede etkileyen bir parametredir. Havzanın alanı ne kadar büyükse su toplanma zamanı da o kadar uzamaktadır.

3.2.2 Havza çevresi

Havza büyüklüğü ve şeklinin hesaplanmasında önemli bir parametre olan havza çevresi, havzanın sınırları olarak belirlenen çizginin çevresidir. Havza çevrelerine ait

bilgiler Çizelge 3.3'de Büyük Menderes ve Gediz havzası alansal morfometrik parametreleri arasında verilmiştir.

3.2.3 Havza uzunluğu

Havza uzunluğu için çeşitli hesaplama yöntemleri bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında, Çizelge 3.3'de de verilen Büyük Menderes ve Gediz havzaları uzunluğu, havzada en uzun drenaj çizgisine paralel olarak çizilen çizgi uzunluğu hesaplanarak elde edilmiştir.

3.2.4 Drenaj yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu, havzaların akarsular tarafından parçalanma derecesini gösteren bir parametredir. Toplam akarsu uzunluğunun ($\sum L$) havza alanına (A) bölünmesiyle elde edilmektedir (Horton, 1932). Çalışmalar, drenaj yoğunluğunun arazinin jeolojik yapısından etkilendiğini göstermektedir. Çok düşük değerler alması, havzanın toprak yapısının iyi bir sızma oranına sahip olduğunu, sık ormanlık alanların olduğunu ve yüzeysel akış toplanma zamanının da bunlara bağlı olarak uzun olacağını ifade etmektedir. Drenaj yoğunluğu aynı zamanda drenaj kanallarının da birbirine yakınlığını göstermekte, değerler yüksek olduğu havzalarda konsantrasyon zamanı daha kısa olmaktadır. Büyük Menderes ve Gediz havzası için hesaplanan drenaj yoğunluğu parametre değerleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

3.2.5 Akarsu sıklığı

Akarsu sıklığı Horton (1945), havza alanında bulunan akarsu kolları sayısı toplamının havza alanına bölünmesi ile elde edilmektedir. Birim alana düşen akarsu kolu sayısını ifade etmektedir. Akarsu sıklığının yüksek olması, zeminin geçirgen olmadığı ve düşük rölyef yapısının hakim olduğunu ifade etmektedir. Çizelge 3.3'de Büyük Menderes ve Gediz havzası için bulunan sıklık değerleri verilmiştir. Buna göre, Büyük Menderes havzası için hesaplanan akarsu sıklık değeri daha düşük olmakta, bu durum da geçirimli zemine işaret etmektedir.

3.2.6 Havza şekli/ form faktör

Havza şekli Horton (1932) konsantrasyon zamanını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Havza alanının havza uzunluğunun karesine bölünmesi ile elde edilmektedir. Form faktör değerinin düşük değerler aldığı yani 0'a yaklaştığı havzalar dar ve uzun

havzalar olarak nitelendirilmektedir. Dar ve uzun şekle sahip havzalarda toplanma süresi daha uzun olacağı için daha düşük akımlar oluşmaktadır. Yüksek form faktör değerine sahip yani değer 1'e yaklaşan havzalar ise daha kısa veya orta uzunlukta, yani daireselliğe yaklaşan havzalar olarak nitelendirilmektedir. Dairesele yakın olan havzalarda toplanma zamanı da kısa olacağından, kısa sürede yüksek akımların oluşmasına neden olmaktadır (Bishop ve Prosser, 2001). Büyük Menderes ve Gediz havzası Form Faktör değeri Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Havzaların dar ve uzun havza olarak belirlendiği, buna bağlı olarak da su toplanma süresinin daha uzun olacağı ve ani taşkın oluşma ihtimalinin bu morfolojik parametre değerlendirildiğinde daha düşük olacağı görülmektedir.

3.2.7 Dairesellik oranı

Dairesellik oranı Miller (1953), havza uzama oranı ile birlikte havzanın şeklini anlayabildiğimiz önemli alansal morfometrik parametrelerdendir. Havza alanının, havza çevre uzunluğuna eşit bir dairenin alanına oranlanması ile elde edilir. Havzanın her yerinin aynı dairesellikte olup olmadığını gösteren bir orandır. Değer 1'e yaklaştıkça dairesellik ve toprak geçirgenliği artmaktadır. Büyük Menderes ve Gediz havzası dairesellik oranları Çizelge 3.3'de verilmiştir. Buna göre her iki havza dairesellik oranları birbirine çok yakın ve düşük bir oranı göstermektedir.

3.2.8 Uzama/uzunlaşma oranı

Havza alanına eşit alana sahip dairenin çapının, havzanın maksimum uzunluğuna bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Uzama oranı Schumm (1956) değerinin düşük olması yani 0'a yaklaşması havzanın daha uzun bir şekle sahip olduğunu, 1'e yaklaşması ise daha dairesele bir şekle ve düşük rölyefe sahip olduğunu ifade etmektedir. Çizelge 3.3'de Büyük Menderes ve Gediz havzası uzama oranları verilmiştir. Her iki havza da uzun ve yüksek rölyefe sahip havzalar olarak belirlenmiştir. Uzun yapıdaki havzalarda dairesele yakın havzalara göre suyun tutulma oranı daha düşük olmakta ve su hızlı bir şekilde drene olabilmektedir.

3.2.9 Tekstür oranı

Havzanın morfolojik özellikleri değerlendirilirken dikkate alınması gereken önemli parametrelerden biri de tekstür oranı'dır. Bu oran, havza akarsu ağının birinci dizininde bulunan akarsu kol sayısının (S_1), havza çevresine oranlanması ile elde edilmektedir.

Smith (1950) tarafından geliştirilen, kanalların birbirine yakınlığını tanımlayan bir orandır. Litolojik yapı, arazi engebелiliđi gibi faktörler de bu oranı etkilemektedir. Oranın yüksek olması yüksek rölyef, dik yamaçlar ve düşük geçirgenliği ifade etmektedir.

Dolayısıyla, tekstür oranının yüksek olması havzaya düşen yağışın yüksek oranda akışa geçtiğini göstermektedir. Teksür oranının 2'den düşük olması çok kaba, 2 ve 4 arası kaba, 4-6 arası orta, 6-8 arası ince, ve 8'den daha yüksek çıkması çok ince drenaj yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Bu oranın drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı parametreleri ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Büyük Menderes ve Gediz havzaları için bulunan tekstür oranları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Alansal morfometrik parametreler.

Parametre	Formül	Değeri (B.Menderes)	Değeri (Gediz)
Havza Alanı (A, km ²)		25 062	16 334
Havza Çevresi (P, km)		1 723.220	1 289.560
Havza Uzunluğu (L, km)		305.554	251.090
Toplam Segment Sayısı(ΣS)		6 973	9 009
Segment Uzunluğu (ΣL, km)		15 214.2	13 417.79
Akarsu (Frekans)	Sıklığı $\Sigma S/A$	0.28	0.55
Drenaj (km/ km ²)	Yoğunluğu $\Sigma L/A$	0.60	0.82
Form Faktörü (F)	$F=A/P^2$	0.27	0.26
Dairesellik Oranı (Rc)	$Rc = 12.57 * (A / P^2)$	0.11	0.12
Uzunlaşma Oranı	$Re=2 * (A / \pi)^{1/2} / L$	0.58	0.57
Tekstür Oranı (T)	$T = S_1 * (1/P)$	2.04	3.52

Çizelge 3.3'de verilen havza alanı Büyük Menderes havzası için daha büyüktür. Bu parametreye göre Büyük Menderes havzasında su toplanma zamanı daha uzundur. Akarsu sıklığı ve drenaj yoğunlu parametreleri Büyük Menderes havzası için daha düşük hesaplanmıştır. Drenaj yoğunlu parametresinin düşük değerler alması, havzanın toprak yapısının iyi bir sızma oranına sahip olduğunu, sık ormanlık alanların olduğunu ve yüzeysel akış toplanma zamanının da bunlara bağlı olarak uzun olacağını ifade etmektedir. Akarsu sıklığı parametresinin düşük değerler alması geçirimli zemine işaret etmektedir. Bu parametrelere göre Büyük Menderes havzası sızma oranı daha

fazla ve daha geçirimli zemine sahiptir. Tekstür oranının yüksek olması havzaya düşen yağışın yüksek oranda akışa geçtiğini gösterir. Gediz havzası tekstür oranı parametresi Büyük Menderes havzasına göre daha yüksek hesaplanmıştır. Bu parametreye göre Gediz havzasında yağış daha yüksek oranda akışa geçecektir.

3.3 Rölyef Morfometrik Parametreleri

3.3.1 Toplam havza rölyefi

İlk olarak Strahler (1952) tarafından maksimum havza rölyefi olarak tanımlanan ve havzanın en yüksek ve en alçak noktaları arasındaki fark olarak ifade edilen değer, Schumm (1956) tarafından toplam havza rölyefi olarak ifade edilmektedir. Havza boyunca ana drenaj kanalına paralel bir çizgi çekildiğinde suyun doğduğu en yüksek nokta yüksekliği ile suyun döküldüğü mansap yüksekliği arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Büyük Menderes ve Gediz havzaları için toplam havza rölyef değerleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Büyük Menderes ve Gediz havzası toplam havza rölyef değerleri.

Havza	Havza Rölyefi ($B_h = H_{max} - H_{min}$, m)
Büyük Menderes	2 526
Gediz	2 343

3.3.2 Rölyef oranı

Schumm (1956) tarafından havzada bulunan en yüksek ve en alçak noktalar arasındaki farkın havza uzunluğuna (l) oranı olarak tanımlanmıştır. Schumm, rölyef oranı ile drenaj yoğunluğu, akarsu eğimi, uzama oranı ve askıdaki yatak yükü arasında bir ilişki kurmuştur. Morisawa (1962), akarsu mertebesi arttıkça litolojik olarak homojen havzalarda rölyef oranının düştüğünü göstermiştir (Zavoianu, 1985). Büyük Menderes ve Gediz havzası için hesaplanan rölyef oranı değerleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5 : Havza rölyef oranları.

Havza	Havza Rölyefi ($R_r = H_{\max} - H_{\min} / l$)
Büyük Menderes	0.0083
Gediz	0.0093

3.3.3 Engebelilik değeri

Havza engebelilik değeri havza rölyefi ve drenaj yoğunluğunun çarpımı ile elde edilmektedir. Drenaj havzasında engebelilik değeri arttıkça, pik akımlarda da artış meydana gelmektedir. Yüksek eğim ve yüksek engebelilik değeri erozyon oluşumunu artırmakta, bunun sonucu olarak da verimli toprak üst katmanını alıp götürmektedir. Büyük Menderes ve Gediz havzası için hesaplanan engebelilik değerleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Havza engebelilik değerleri.

Havza Adı	Havza Rölyefi ($B_h - km$)	Drenaj Yoğunluğu (D_d)	Engebelilik Değeri ($R_n = B_h * D_d$)
Büyük Menderes	2.526	0.60	1.52
Gediz	2.343	0.82	1.92

Çizelge 3.6’da görülen havzalar geneli engebelilik değeri haricinde SWAT yazılımı yardımı ile elde edilen alt havzalara ait engebelilik değerleri de her bir alt havza için hesaplanmıştır. Çizelge 3.7 ve 3.8’de sırasıyla Büyük Menderes ve Gediz alt havzaları drenaj yoğunluğu ve engebelilik değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.7 : Büyük Menderes havzası alt havzaları engebelilik değerleri.

AltHavza No.	Maksimum Yükseklik (m)	Minimum Yükseklik	Drenaj Yoğunluğu $\Sigma L/A$ (km)	Engebelilik Değeri
1	2 222	365	0.59	1.09
2	2 447	366	0.59	1.22
3	1 840	132	0.62	1.06
4	2 301	50	0.65	1.46
5	1 832	15	0.62	1.13
6	2 526	139	0.60	1.43
7	1 719	0	0.61	1.06
8	2 406	46	0.59	1.38
9	1 886	17	0.56	1.05

Genel olarak Büyük Menderes havzası için engebelilik değerine bakıldığında, Gediz havzasına göre daha düşük olduğu, dolayısıyla da pik akımların ve toprak erozyonunun

daha az beklenebileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Yukarıda Çizelge 3.7’de de görüldüğü üzere Büyük Menderes havzası alt havzaları bazında değerlendirildiğinde ise dört numaralı havzada engebelilik değerinin en yüksek olduğu, bu havzada pik akımların ve toprak erozyonunun görülme olasılığının daha yüksek olacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Gediz havzası için hesaplanan engebelilik değerleri de aşağıda Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8 : Gediz havzası alt havzaları engebelilik değerleri.

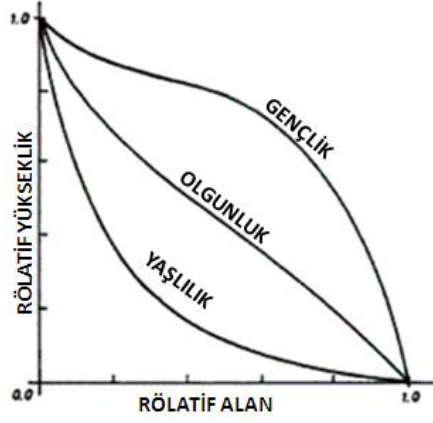
AltHavza No.	Maksimum Yükseklik (m)	Minimum Yükseklik	Drenaj Yoğunluğu $\Sigma L/A$	Engebelilik Değeri
1	1 486	24	0.79	1.15
2	1 782	235	0.72	1.12
3	2 307	238	0.77	1.59
4	1 508	-22	0.80	1.22
5	2 149	-23	0.86	1.87
6	1 661	93	0.82	1.29
7	2 072	93	0.85	1.68

Gediz havzası alt havzaları engebelilik değerleri bakımından karşılaştırıldığında ise en yüksek engebelilik değerine beşinci alt havzanın sahip olduğu Çizelge 3.8’de görülmektedir. Çizelge 3.8’de de görülebilen engebelilik değeri en yüksek hesaplanan beşinci havzada pik akımların ve toprak erozyonunun oluşmasının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Büyük Menderes ve Gediz havzaları genel olarak karşılaştırıldığında ise (Çizelge 3.6) Gediz havzası engebelilik değeri Büyük Menderes’e göre daha yüksek olarak elde edilmiştir. Söz konusu parametre açısından değerlendirildiğinde, Gediz havzasının Büyük Menderes havzasına göre pik akımların oluşma ve toprak erozyonuna daha yatkın olacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

3.3.4 Hipsometrik eğri

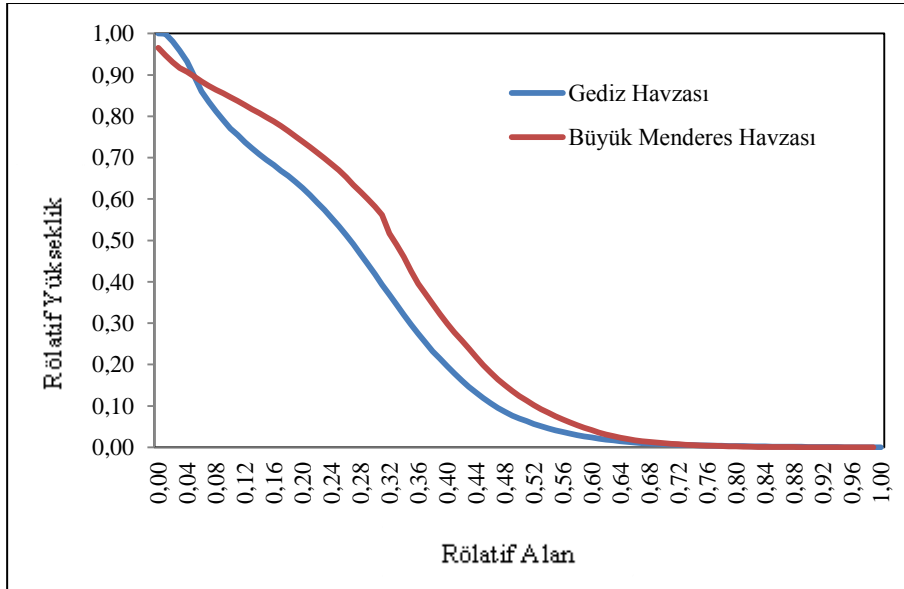
Havzaların daha genç olup olmadığını belirlemenin bir diğer yolu da hipsometrik eğrilerdir. Hipsometrik eğri, seçilen arazi üzerindeki yükseklik dağılımını göstermektedir. Şekil 3.8’de verildiği üzere eğrinin şekline göre yani iç bükey, orta ya da dış bükey olmasına göre havzanın genç, olgun ya da yaşlı evrede olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.6 : Hipometrik eğri durum gösterimleri.

Eğrinin iç bükey olması, havzanın daha düşük yüksekliğe sahip olduğunu, erozyon ve toprak kayması gibi olayların bu havzada daha etkin rol oynadığını göstermektedir. Bu tür havzaların yaşlılık evresinde olduğu değerlendirilmektedir. Dış bükey eğriye sahip havzaların ise genç evrede olduğu değerlendirilmekte ve akarsuların daha derin vadiler oluşturma gücüne sahip olduğu, sedimentasyonun yaşlı havzaya göre daha düşük olduğu gözlenmektedir.

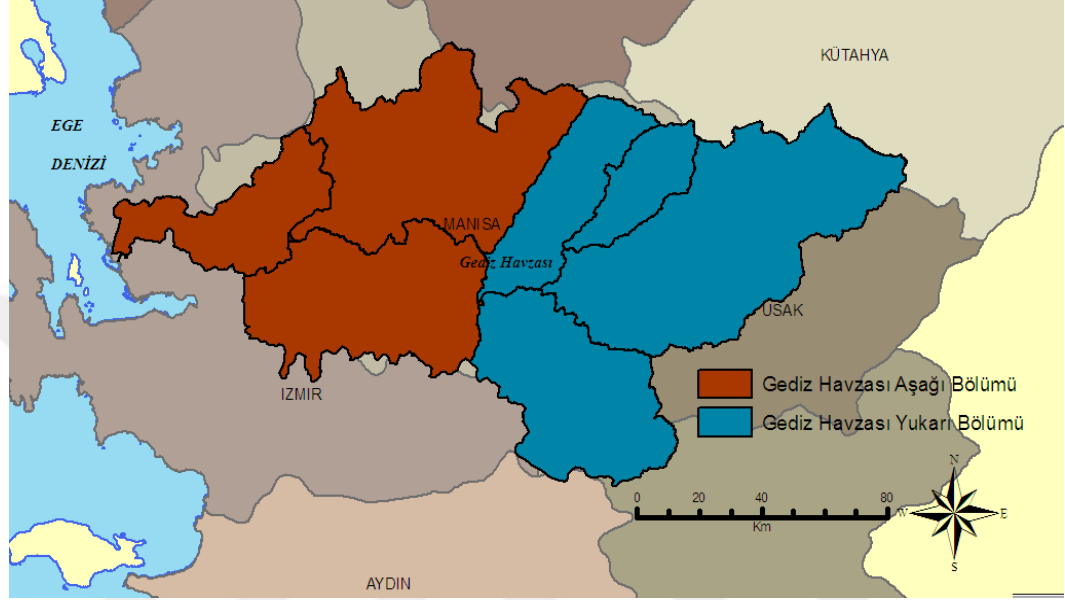
Büyük Menderes ve Gediz havzaları için hesaplanan hipsometrik eğriler Şekil 3.9'da verilmiştir. Buradan Gediz havzasının Büyük Menderes'e göre daha olgun evrede olduğu görülmektedir.



Şekil 3.7 : Gediz ve Büyük Menderes havzaları hipsometrik eğrileri.

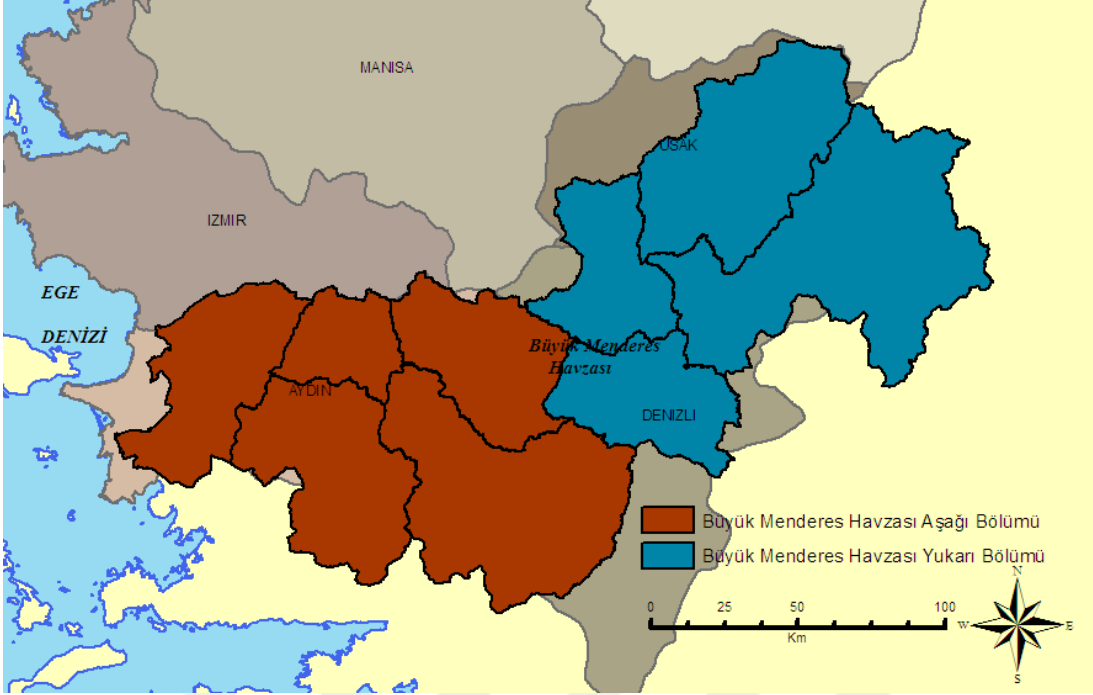
Gediz ve Büyük Menderes havzalarının tüm havza geneli hipsometrik eğrileri dışında havzalar yukarı ve aşağı havza alanlarına ayrılarak da eğriler hesaplanmıştır. Gediz

havzası yükseklik bakımından daha yukarda kalan ve mansaba doğru olan althavza alanlarının olduğu ve Şekil 3.8’de verilen şekilde aşağı ve yukarı havza bölümlerine ayrılmıştır. Bu havza alanları için SYM verileri kullanılarak da aşağı ve yukarı havza alanları için hipsometrik eğriler hesaplanmıştır. Gediz havzası için hesaplanan hipsometrik eğri sonuçları ise Şekil 3.10’da verilmiştir.



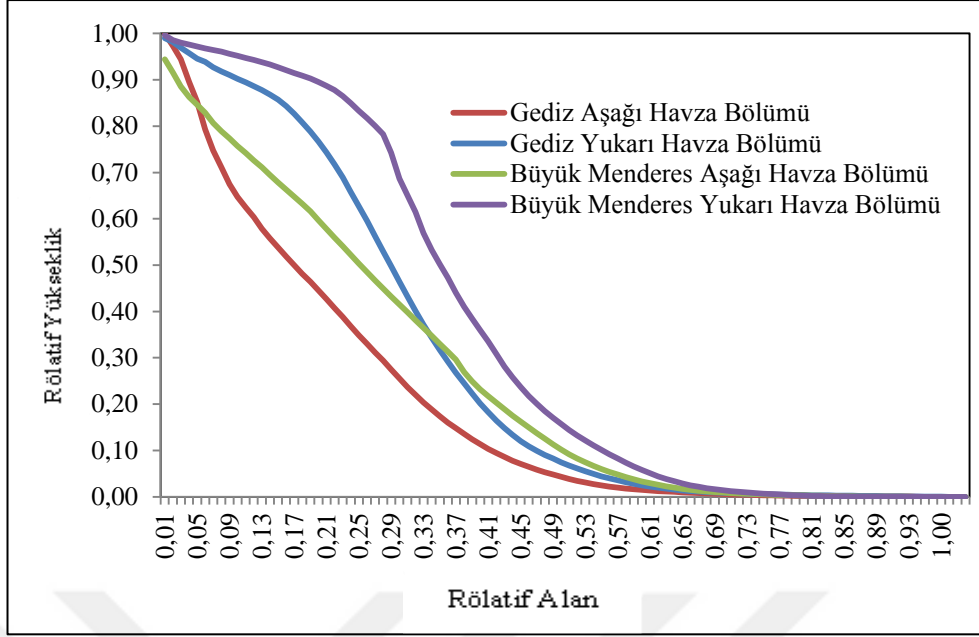
Şekil 3.8 : Gediz havzası için belirlenen aşağı ve yukarı bölümleri.

Büyük Menderes havzası aşağı ve yukarı havza bölümleri Şekil 3.9’da görülmektedir. Yukarıda ve aşağıda kalan alanlara ait SYM verileri kullanılarak hipsometrik eğriler hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.9 : Büyük Menderes havzası için belirlenen aşağı ve yukarı bölümleri.

Gediz ve Büyük Menderes havzaları aşağı ve yukarı bölümleri için hesaplanan hipsometrik eğriler Şekil 3.10'da verilmiştir. Bu hesaplamalara göre Büyük Menderes ve Gediz havzaları yukarı bölümleri hesaplamalarının havza geneli hesaplamalarına göre havzaların bu bölümleri daha genç evrede olarak hesaplanmıştır. Havzaların aşağı bölümleri hesaplamaları havza geneli hesaplamaları ile karşılaştırıldığında, Büyük Menderes havzası geneli hesaplamaları havzanın gençlikten olgunluğa geçtiğini göstermekte iken Büyük Menderes havzası aşağı bölümleri olgunluk evresinde, Gediz havzası geneli hesaplamaları havzanın olgunluk evresinde olduğunu gösterirken Gediz havzası aşağı bölümleri yaşlılık evresinde olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 3.10 : Gediz ve Büyük Menderes aşağı ve yukarı havzaları hipsometrik eğrileri.

3.3.5 Akarsu eğimi

Çalışma kapsamında ana dere eğimi, ana akarsu kolunun mansap'tan itibaren % 10'u ile % 85'inin harita üzerinde işaretlenmesi, bu noktalardan çizilen dik çizgilerin birleştirilmesi sonucu elde edilen doğrunun eğimi olarak belirlenmiştir. Bu yöntem ile elde edilen Büyük Menderes ve Gediz havzaları ana akarsu kolu eğimleri model kullanılarak hesaplanan değerler kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.9'da verilmiştir. Akarsu eğimi dere akış hızını doğrudan etkilemekte, eğim arttıkça akış hızı da artmaktadır.

Çizelge 3.9 : Ana akarsu eğimleri.

Havza	Ana Akarsu Eğimi (%)
Büyük Menderes	25.3
Gediz	16.6

Büyük Menderes havzası eğimi Gediz havzasına göre daha yüksek hesaplanmıştır. Akarsu eğimi akarsu hızını artıran parametreler arasında yer almaktadır. Akış hızı; yatağın eğimi, kesiti ve taşınan su miktarı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Büyük Menderes havzası ana akarsu kolu Büyük Menderes nehri akım hızı Gediz havzası ana akarsu kolu Gediz nehri akış hızına göre daha yüksek hesaplanmıştır. Akış hızı arttıkça aşındırma gücü de artmaktadır. Bu durum eğimin azaldığı alanlarda mendereslenmeye sebep olur.



4. MODELİN ÇALIŞTIRILMASI

SWAT modeli, ihtiyaç duyulan temel verilerin sağlanması ile büyük havzaların modellenmesinde hidrolojistlere önemli katkılar sunan kapsamlı bir modeldir. Modelinin geliştirilme süreci incelendiğinde, öncesinde birçok modelin geliştirildiği bunun da yazılımın hidrolojik değerlendirme aracının geliştirilmesine temel oluşturduğu görülmektedir.

ABD Tarım Bakanlığı Araştırma Servisi bilim insanları, belirli bir alana yayılan kirliliği değerlendirmek için CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems), Knisel (1980), modelini geliştirmişlerdir. CREAMS modeli farklı coğrafi ve iklimsel alanların verileri kullanılarak test edilmiştir (Foster ve Ferriera,1981; Knisel, 1980; Leonard ve diğ, 1987). Tarımsal işletme sistemlerinin yeraltı suyu üzerinde etkisini değerlendirmek için yeraltı sularındaki pestisit problemleri, Marti ve diğ.(1984), Cohen ve diğ. (1986), ve yer altı suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla CREAMS modelinde değişiklikler yapılmıştır. Ayrıca CREAMS günlük yağış hidroloji modeli de büyük, karmaşık ve kırsal havzalara uygulanmak üzere değiştirilerek SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins), Williams ve diğ. (1985), modeli geliştirilmiştir.

1980'lerde CREAMS modelinden yararlanılarak birçok model geliştirilmiştir. 1981 yılının başında yine CREAMS modelinden yararlanılarak geliştirilen, toprak erozyonu ile toprak verimliliği arasındaki ilişkiyi saptamak için matematiksel bir model sunan ABD Tarım Bakanlığı modelleme takımı tarafından geliştirilen EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) modeli de bunların arasında sayılmaktadır.

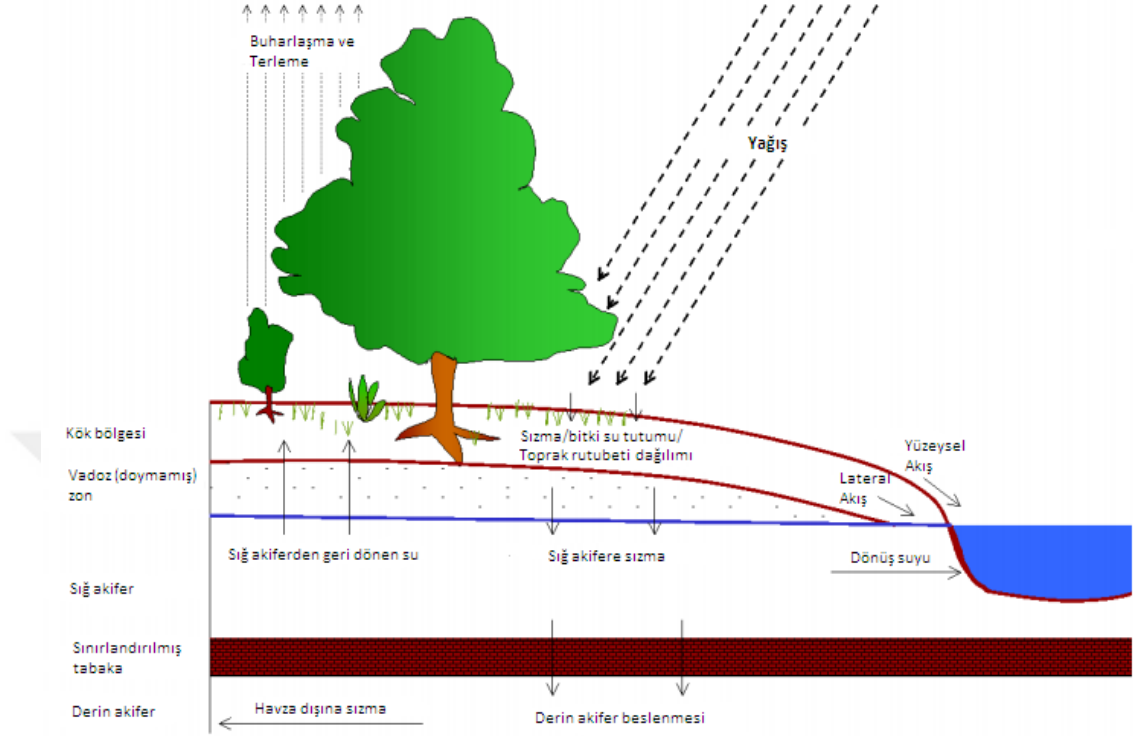
Tüm bu çalışmalar, 1977 yılında ABD Tarım Bakanlığının ülkedeki toprak ve su kaynaklarının durumunun sürekli olarak değerlendirilmesi ve korunmasına ilişkin yayınladığı Toprak ve Su Kaynakları Koruma Planı için değerlendirme araçlarının da hazırlanmasına katkı sağlamıştır. EPIC yani Verimlilik Etki Hesaplama modelinin ilk önemli uygulaması 1985'de Toprak ve Su Kaynakları Koruma Planı değerlendirmesinde analizlerin yapılması ile olmuştur.

1980'lerin sonunda SWRRB modelinde, GLEAMS (Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems) pestisit komponenti, pik akımların tespiti için geliştirilen SCS teknolojisi ve sedimet üretimi hesaplamaları için geliştirilen eşitlikleri kapsayacak şekilde değişiklikler yapılmıştır. SWRRB ve ROTO (Routing Outputs to Outlet), Arnold ve diğ. (1995), modelleri SWAT modeli altında birleştirilerek SWRRB modelinin sadece 10 alt havzaya izin verebilmesi sorunu da halledilmiştir.

Model web sayfası üzerinden yazılımın 2000, 2005, 2009 ve 2012 versiyonlarına destek verilmektedir. 94.2, 96.2, 98.1 ve 99.2 versiyonlarına ise artık destek verilmemektedir.

ABD Tarım Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Servisi tarafından geliştirilen SWAT Toprak ve Su Değerlendirme Aracı; büyük ve karmaşık havzalarda değişen toprak, arazi kullanımı ve idare koşullarının su, sediment ve tarım kimyasal üretim etkisini modelleyen önemli bir araçtır. Havza modellerinin gelişimine bakıldığında Crawford and Linsley (1966) tarafından geliştirilen Standford Havza Modelinin (SWM) yardımıyla ilk olarak hidrolojik döngünün modellenmesinin adımlarının atıldığı görülmektedir. SWM modelinden bu yana fiziksel temelli modeller üzerinde durularak havza hidrolojisi modellerinde artış olmuştur. Bunlardan bir kısmı da SWMM (Storm Water Management Model), Metcalf ve Eddy A.ş. (1971), PRMS (Precipitation Runoff Modeling System), Leavesley ve diğ. (1983), NWS Nehir Tahmin Sistemi, Burnash ve diğ. (1973), SSARR (Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation), Rockwood (1982), SHE (Systeme Hydrologique Europeen), Abbott ve diğ. (1986), TOPMODEL (TOPographic MODEL), Beven ve Kirkby, (1979), IHDM (Institute of Hydrology Distributed Model), Morris, (1980), gibi havza hidrolojik modelleridir. Bu modellerden bir kısmı daha da geliştirilmiş, bir kısmı ise farklı isimler almıştır. Hidrolojik modeller havzanın hidrolojik yapısının ve tepkilerinin anlaşılmasına katkı sağlamakla birlikte havza yönetimine yardımcı olmaktadır. SWAT da bu modeller arasında bulunmaktadır. Zaman zaman deterministik, kapsamlı veya süreç tabanlı modeller olarak da adlandırılan; hidrolojik süreçleri fiziki ya da somut tanımlamalarla ifade eden fiziksel tabanlı bir modeldir. Fiziksel tabanlı modeller gerçek dünyada gözlenen fiziksel süreçleri yine fizik yasaları ile simüle etmeye çalışan modellerdir. Başlıca model bileşenleri meteoroloji, hidroloji, toprak sıcaklığı ve özellikleri, bitki gelişimi, besinler, pestisitler, bakteri ve patojenler ile arazi yönetimini içermektedir (Gassman ve diğ., 2007). Model; bitki büyümesi,

hidrolojik denge, toprak erozyonu ve diğer çevresel tepkileri simüle etmek için kullanılmaktadır. Model için hidrolojik çevrim kara fazı Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Hidrolojik Döngünün şematik gösterimi (Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R., Williams J.R., 2011) dokümanından Türkçeleştirilmiştir).

SWAT tarafından simüle edilen hidrolojik döngünün su dengesi eşitliği formül (4.1)’de görülmektedir.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad (4.1)$$

SW_t : Nihai toprak su içeriği (mm)

SW_0 :Başlangıç toprak su içeriği (mm)

R_{day} : Yağış miktarı (mm)

Q_{surf} : Yüzeysel akımı (mm)

E_a : Buharlaşma (mm)

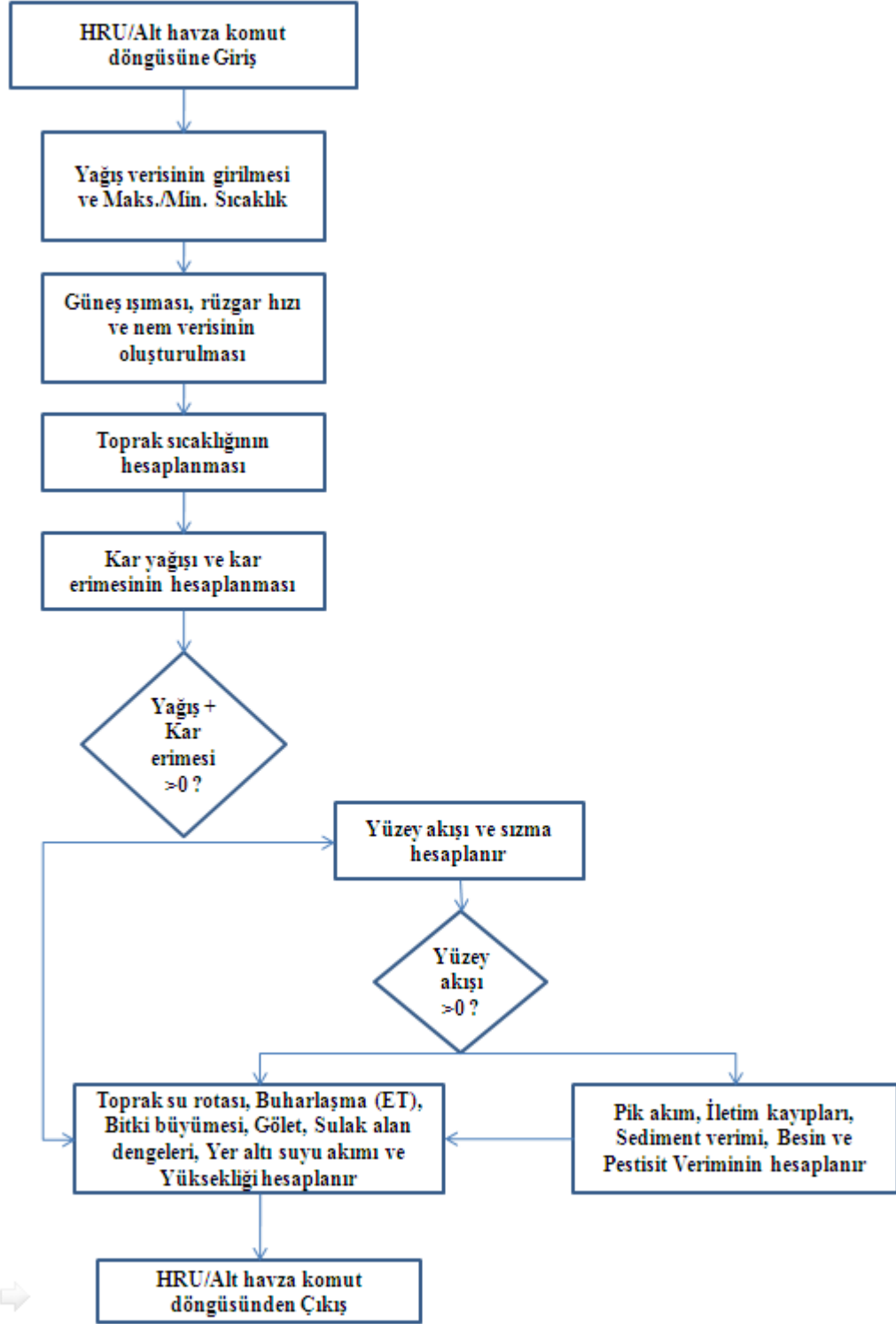
w_{seep} : Toprak profilinden vadoz bölgesine giren su miktarı (mm)

Q_{gw} : Geri dönüş akımı miktarı (mm)

Model, günlük zaman periyotları ile çalışmaktadır. Bu doğrultuda, (4.1)’de görülen su dengesi eşitliği i. gün değerleri üzerinden hesaplanmaktadır. Modelde akım, her bir

HB için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Havza toplam akım değeri de bu akımların toplanması ile elde edilmektedir. Bu durum hesaplamaların doğruluğunu artırmaktadır. Model HB/Althavza komut döngüsü ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekilde görülen toprak sıcaklığı, toprak yüzey sıcaklığının bir fonksiyonudur ve model tarafından hesaplanmaktadır. Yağış ve kar erimesi sıfırdan büyükse yüzey akışı ve sızma hesaplanır. Ayrıca yüzey akımı sıfırdan büyükse pik akımı ve diğer değerler hesaplanır.





Şekil 4.2 : HB/Althavza komut döngüsü (Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R., Williams J.R., 2011) dokümanından Türkçeleştirilmiştir).

4.1 Yüzey Akışı

Modelde akım, SCS (Soil Conservation Service) Eğri Numarası (EN) ve Green-Ampt sızma yöntemleri kullanılarak hesaplanmaktadır. SCS EN yöntemi ABD Toprak

Koruma Kurumu tarafından yağış-akış-kayıp ilişkisini analiz etmek üzere 1972 yılında geliştirilmiştir. SWAT modelinde, SCS EN gibi ampirik bir modelin kullanılması modelinin fiziksel bir model olup olmadığı hususunda tartışmalara neden olmaktadır. Bu yöntemde toprak geçirimsizliği, arazi kullanımı ve toprak su şartlarının önceki durumu SCS eğri numarası fonksiyonunu oluşturmaktadır. SCS EN eşitliği, SCS (1972), formül (4.2).’de görülmektedir

$$Q_{\text{surf}} = \frac{(R_{\text{day}} - I_a)^2}{(R_{\text{day}} - I_a + S)} \quad (4.2)$$

Bu eşitlikte;

Q_{surf} : Yüzey akışı (mm)

R_{day} : O günkü yağış miktarı (mm)

I_a (initial abstractions): Yağıştan önce absorbe edilen başlangıç su miktarı (mm)

S: Akış başladıktan sonraki maksimum su tutma miktarı (mm) ‘dır.

Su tutma kapasitesi (S), (4.3) denklemleri ile verilmiştir.

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{\text{CN}} - 10 \right) \quad (4.3)$$

CN, o günkü eğri numarasını ifade etmektedir. I_a yaygın olarak 0.2S alınmaktadır. Bu durumda (4.3) eşitliği aşağıdaki (4.4) eşitliği şeklini almaktadır.

$$Q_{\text{surf}} = \frac{(R_{\text{day}} - 0.2S)^2}{(R_{\text{day}} + 0.8S)^2} \quad (4.4)$$

Akış, yağış miktarı akım oluşmadan önce absorbe edilen su miktarından büyük olduğunda ($R_{\text{day}} > I_a$) gerçekleşmektedir.

Green-Ampt sızma modelinde (1911) ise infiltrasyon değeri toprak profilinin ve nemin homojen olarak dağıldığı, yüzeyde daima su olduğu varsayımı ile hesaplanmaktadır. Mein ve Larson (1973) Green-Ampt modelini kullanarak göllenme zamanına karar veren bir metodoloji geliştirmişlerdir. SWAT modelinde de bu çalışma yüzey akımı hesabında alternatif bir yöntem olarak yazılıma dahil edilmiştir.

4.2 Sediment Verimi

Sediment verimi, bir havzadan belirli bir zaman periyodunda bir rezervuara veya bir su kütlesine yahut bir düzlüğe ulaşan sediment miktarıdır. Ton/ha/yıl olarak ifade edilmektedir. SWAT modelinde akım değeri hesaplandıktan sonra yağış ve akım tarafından oluşan toprak erozyonu, MUSLE (Modifiye Evrensel Toprak Kaybı Tahmini Eşitliği) ile hesaplanmaktadır (Wischmeier ve Smith; 1965, 1978). MUSLE, USLE'nin modifiye edilmiş versiyonudur. Herbir HB'de üretilen sediment aşağıda görülen (4.5) eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$\text{sed} = 11.8 \cdot (Q_{\text{surf}} \cdot q_{\text{peak}} \cdot \text{area}_{\text{hru}})^{0.56} \cdot K_{\text{USLE}} \cdot C_{\text{USLE}} \cdot P_{\text{USLE}} \cdot LS_{\text{USLE}} \cdot \text{CFRG} \quad (4.5)$$

Burada;

sed : sediment verimi (metric ton)

Q_{surf} : Yüzey akışı (mm /ha)

q_{peak} : Pik debi (m^3/s)

area_{hru} : HB alanı (ha)

K_{USLE} : USLE Toprak Aşınım Faktörü ($0.013 \text{ metric ton m}^2 \text{ hr}/(\text{m}^3\text{-metric ton cm})$)

C_{USLE} : USLE Bitki Yönetim/ Amenajman Faktörü

P_{USLE} : USLE Toprak Koruma Faktörü

LS_{USLE} : USLE Topografya Faktörü

CFRG (Coarse Fragment Factor) : Toprak kaybının miktarını azaltan kaba kaya parçaları tarafından kapsanan yüzey alanı miktarı

SWAT modelinde sediment üretimi, herbir HB için ayrı ayrı hesaplanmakta, tüm havza için althavzalar toplanarak hesaplanmaktadır (Arnold ve diğ., 1998)

Toprağın erozyona duyarlılık faktörü K; 22.1 m uzunlukta ve % 9 eğimli devamlı nadas yapılan bir araziden birim erozyon indeksine karşılık erozyon oranını ifade etmektedir. Topografik faktör (LS), 22.1 m uzunluğunda ve % 9 eğimi olan bir arazideki toprak kaybı oranını temsil etmektedir. Bu özelliklere sahip bir arazideki LS değeri 1 'dir.

4.3 Pik Debi

SWAT yazılımında maksimum debi, yaygın olarak kullanılan rasyonel yöntemle hesaplanmaktadır. Yöntem çoğunlukla kanalizasyon şebekelerinin yağmur suyu debilerinin hesaplanması, menfezlerin debilerinin hesaplanması gibi alanlarda kullanılmaktadır. Rasyonel yöntem; yağış yoğunluğu i 'nin $t=0$ 'da başladığı ve sonsuza gittiği düşünüldüğünde, akım oranı konsantrasyon zamanına ($t=t_{conc}$) kadar artacağı varsayımına dayanmaktadır. Rasyonel metod eşitliği (4.6)'da görülmektedir.

$$q_{peak} = \frac{C.i.Alan}{3.6} \quad (4.6)$$

q_{peak} : Pik debi (m^3s^{-1});

C : Akış katsayısı;

i : yağış şiddeti (mm/hr);

Alan: Althavza alanı(km^2)

3.6 : birim dönüşüm faktörü'dür (Neitsch ve ark. 2005).

Ayrıca çalışma kapsamında her iki havza için suyun toplanma zamanını (4.7)'de görülen formüle göre hesapladığımızda elde edilen değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Gediz havzasının toplanma zamanının Büyük Menderes havzasına göre daha kısa olduğu hesaplanmıştır. Suyun toplanma zamanı, havzanın en üst noktasına düşen yağışın, havzanın çıkışına gelinceye kadar geçen zamanı ifade etmektedir.

$$T_c = 0.0195 * L_1^{0.77} / S_1^{0.385} \quad (4.7)$$

Formülde görülmekte olan değişkenler ise sırasıyla aşağıda belirtilmektedir.

T_c : Akım Toplanma Zamanı

L_1 : Ana akarsu uzunluğu (m)

S_1 : Havza eğimi (m/m)

Büyük Menderes ve Gediz havzaları akım toplanma zamanlarını hesapladığımızda Çizelge 4.1'de de görüldüğü üzere Gediz havzası toplanma zamanı Büyük Menderes'e göre daha kısa olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1 : Akım toplanma zamanları.

Havza	L (m)	Hmax (m)	Hmin (m)	S (Hmax-Hmin) /L (m/m)	Toplanma Zamanı (dakika) $T_c = 0.0195 * L_1^{0.77} / S^{0.385}$
Büyük Menderes	434050	821	0	0.0019	5090.18(dak.) 84:83 (saat)
Gediz	362594	692	0	0.0019	4431.07(dak.) 73:85 (saat)

4.4 Su verimi

Su verimi, belirlenen zaman periyodunda HD'den ayrılan ve anakanal akımına katkı sağlayan suyun net miktarını ifade etmekte ve (4.8) denklemi ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Su Verimi} = \text{SURQ} + \text{LATQ} + \text{GWQ} - \text{TLOSS} - \text{Gölet Kayıpları} \quad (4.8)$$

Formülde görülmekte olan değişkenler sırasıyla aşağıda belirtilmektedir.

SURQ: Yüzey Akımı (mm)

LATQ: Lateral (yüzey altı) Akışı (kg N/ha)

GWQ: Akışa Yer Altı Suyu Katkısı (mm)

TLOSS: Kanal İletim Kayıpları (m³/s)

4.5 Buharlaşma

Suyun sıvı halden gaz (su buharı) hale geçmesi olayına buharlaşma (evapotranspirasyon) denmektedir. Bitkilerin, suyu kökleriyle zeminden çekip yaşamaları için gerekli işlemlerde faydalandıktan sonra yapraklarından buhar halinde havaya vermeleri olayı ise terleme (transpirasyon) olarak ifade edilmektedir. Kar yüzeyinden de buharlaşma olmakla birlikte, kar ve buz katı halden doğrudan doğruya buhar haline geçmektedir. Bu olay da sublimasyon adını almaktadır (Bayazıt, 2013). Evapotranspirasyon, nehir ve göl, toprak ve bitki yüzeyinden oluşan ve transpirasyon ve sublimasyondan kaynaklanan buharlaşmaların toplamından oluşmaktadır. SWAT modeli evapotranspirasyon'u Ritchie (1972) tarafından tanımlanan şekilde toprak ve bitkilerden olmak üzere ayrı ayrı hesaplamaktadır.

Evapotranspirasyon kayıplarının gerçek ve potansiyel değerleri arasında bir ayırım yapmak gerekmektedir. Her zaman yeterli zemin nemi bulunduğu takdirde meydana gelecek kayba potansiyel evapotranspirasyon adı verilmektedir (Bayazıt, 2013).

Model, potansiyel evapotranspirasyonun tahmininde Hargreaves (1985), Priestley ve Taylor (1972) ve Penman-Monteith (1965) yöntemleri olmak üzere üç yöntem sunmaktadır.

4.6. Sızma

Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmının yerçekimi etkisiyle zemin içine süzülmesine sızma denir. SWAT modelinde her toprak katmanı için hesaplanmaktadır. Birim zamanda zemine sızabilecek maksimum su miktarına sızma kapasitesi denmektedir. Eğer toprak sızma kapasitesi aşılmamışsa sızmaya izin verilir. Zeminin geçirimsizliği, başlangıç nemliliği, bitki örtüsü gibi faktörler sızma kapasitesini etkilemektedir. Toprakta sızma için kullanılabilir su kapsamı (4.9) ve (4.10) eşitlikleri ile hesaplanmaktadır. Modelde toprak katmanı donduğunda hiçbir su hareketi hesaplanmamaktadır. Sızma, sıcaklık 0° 'nin altında olmadığı sürece gerçekleşmektedir.

$$SW_{ly,excess} = SW_{ly} - FC_{ly} \quad \text{eğer } SW_{ly} > FC_{ly} \quad (4.9)$$

$$SW_{ly,excess} = 0 \quad \text{eğer } SW_{ly} \leq FC_{ly} \quad (4.10)$$

$SW_{ly,excess}$ = Hesaplanan gün için topraktaki drene edilen su kapsamı (mm)

SW_{ly} = Hesaplanan gün için toprak katmanında bulunan su kapsamı (mm)

FC_{ly} = O toprak katmanındaki su tutma kapasitesi (mm)

SWAT modelinde sızan su, kapasitesi dolan bir katmandan diğer katmana sızdığı düşünülerek hesaplanmaktadır. Bir diğer katmana sızan su miktarı (4.11) eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$w_{perc,ly} = SW_{ly,excess} \left(1 - \exp \left[\frac{-\Delta t}{TT_{perc}} \right] \right) \quad (4.11)$$

$w_{perc,ly}$ = Hesaplanan gün için alt katmana sızan su miktarı (mm)

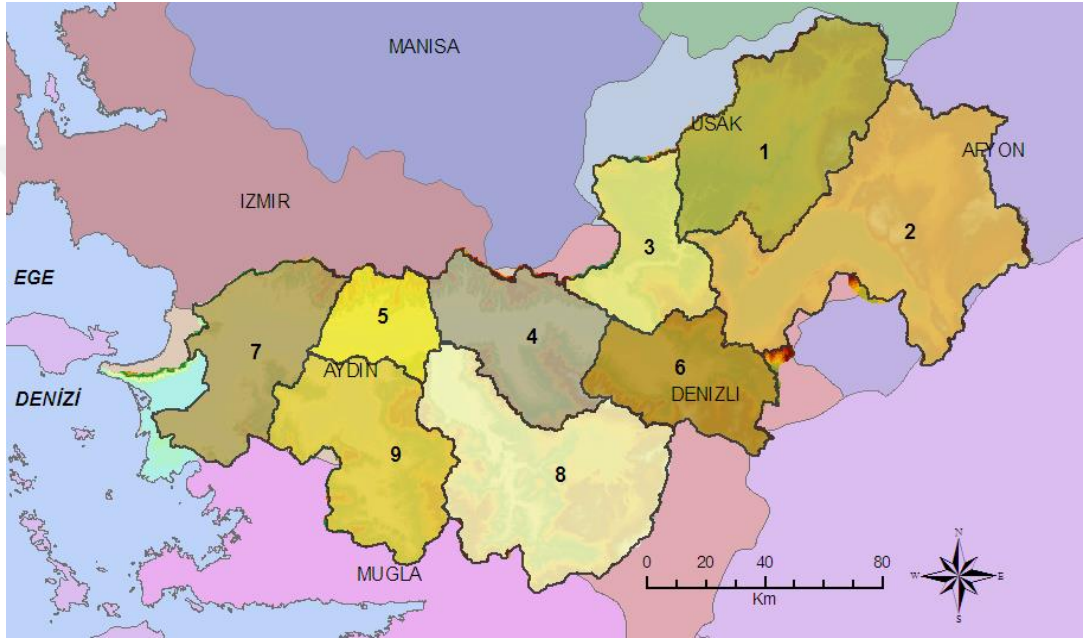
$SW_{ly,excess}$ = Hesaplanan gün için topraktaki drene edilen su miktarı (mm)

$-\Delta t = \text{Zaman aralığı (saat)}$

$TT_{\text{perc}} = \text{Sızma süresi (saat)}$

4.7 Althavza ve Hidrolojik Birimlerin (HB) Çıkartılması

Çalışma alanı havzalardan althavzaların elde edilmesi işlemi için modele 10 m mekansal çözünürlüklü SYM verilerinin altlık olarak girilmesi ile Büyük Menderes havzası için elde edilen althavzalar Şekil 4.3’de verilmiştir.



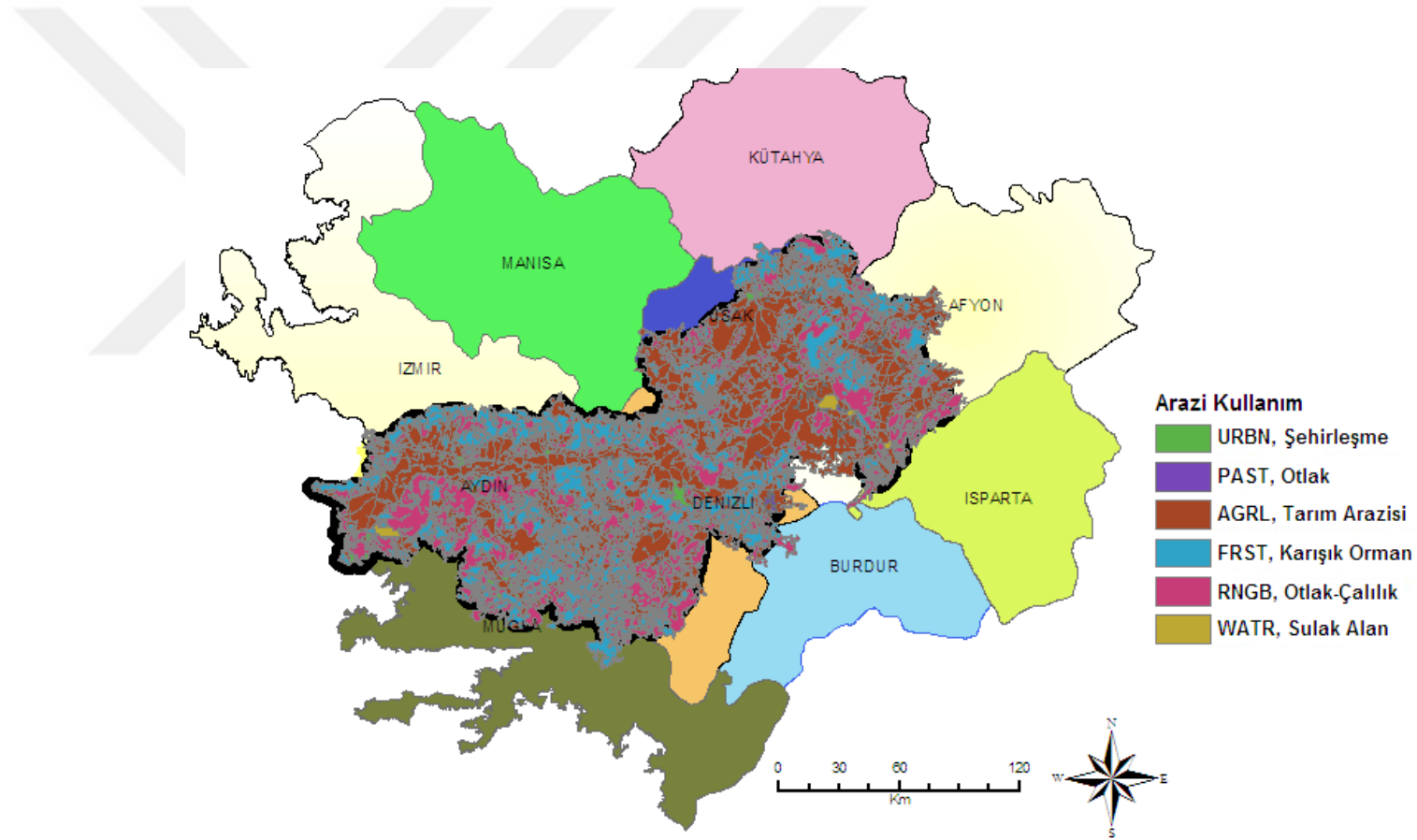
Şekil 4.3 : Büyük Menderes havzası için oluşturulan 9 adet althavza.

Şekil 4.4’de ise Gediz havzası için elde edilen althavzalar görülmektedir. Althavzalar, model yazılımı üzerinden havza boşaltım noktaları manuel olarak işaretlenmek sureti ile elde edilmişlerdir.



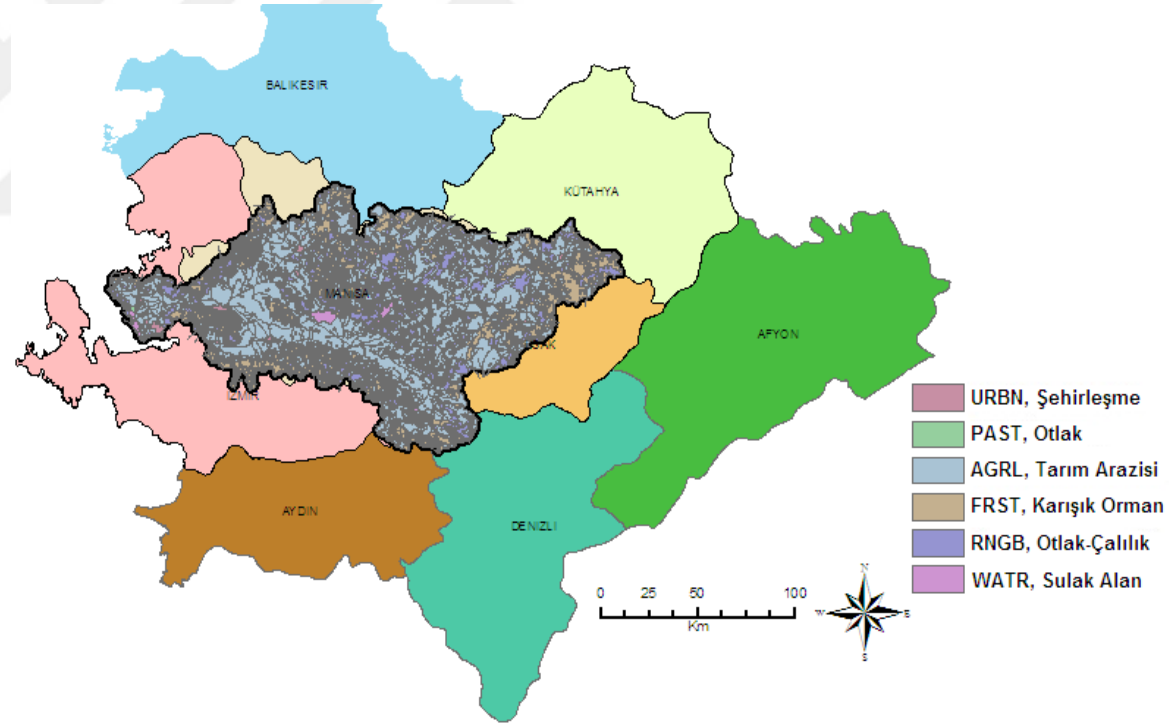
Şekil 4.4 : Gediz havzası için oluşturulan 7 adet althavza.

Havzalar için elde edilen hidrolojik birimler (HB) ise bir veya birden fazla tekil arazi kullanım/toprak/eğim verisi kombinasyonuna sahip alanların çıkartılması ile oluşturulmaktadır. HB'lerin oluşturulabilmesi için ilk olarak yukarıdaki bölümlerde de açıklanan arazi kullanım ve toprak haritalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Arazi kullanım, toprak ve eğim verileri yazılım üzerinden modele dahil edilmektedir. Büyük Menderes ve Gediz havzaları için modele girdi teşkil eden arazi kullanım haritaları Şekil 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.5 : Büyük Menderes havzası arazi kullanım haritası.

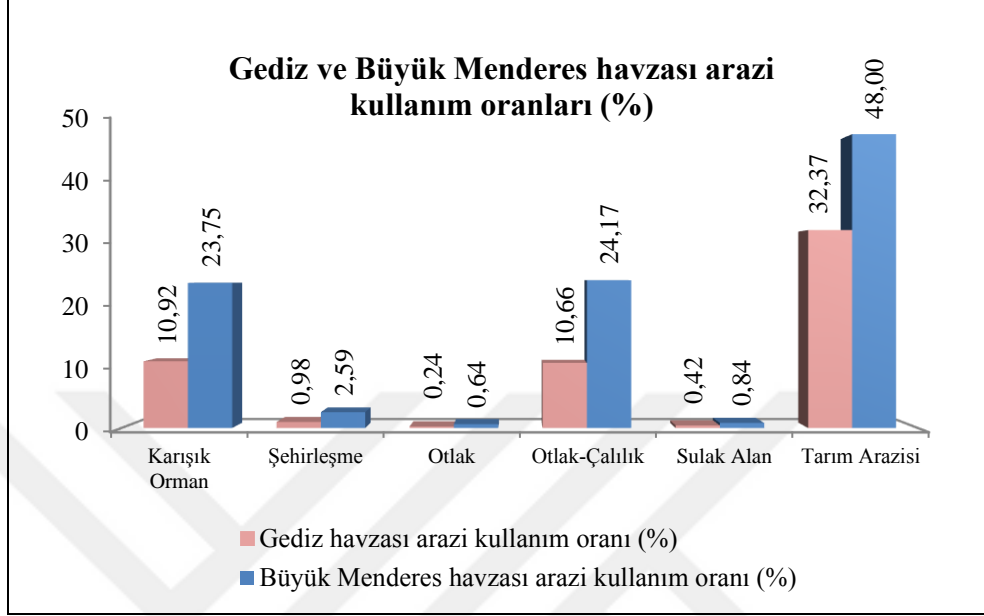
Corine arazi kullanım verileri doğrultusunda Büyük Menderes havzası arazi kullanım yüzdelerine bakıldığında; arazinin % 48'i tarım arazisi, % 24.17'si otlak-çalılık karışımı alanlar, % 23.75'i karışık orman, % 2.59'u şehirleşme yapısında, % 0.84'ü sulak alanlar ve % 0.64'ü ise otlak alanlardır .



Şekil 4.6 : Gediz havzası arazi kullanım haritası.

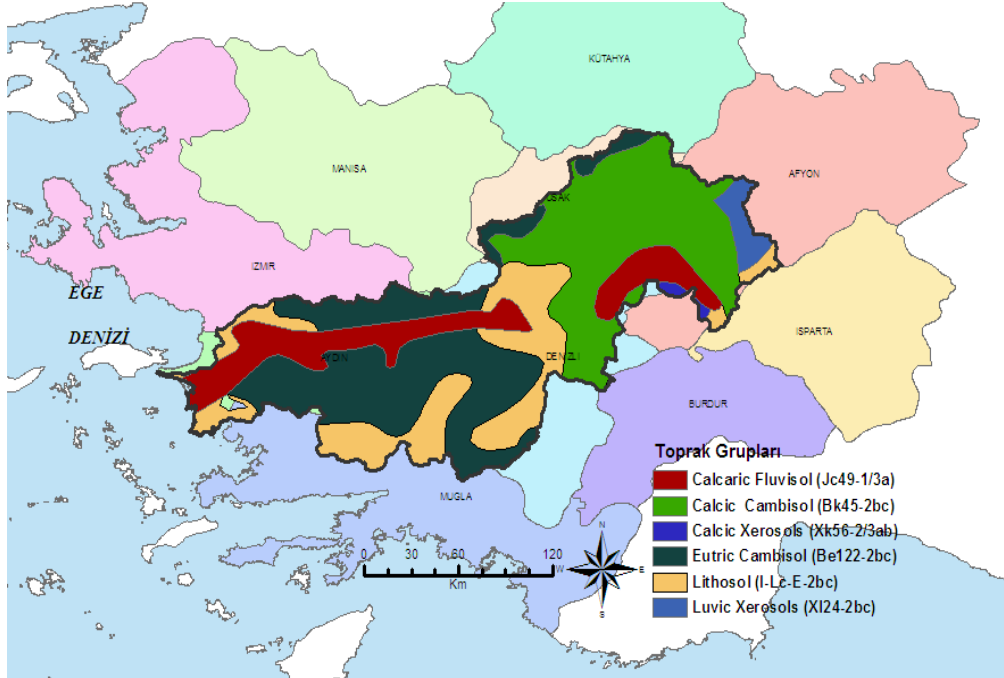
Gediz havzası arazi kullanım yüzdelere bakıldığında ise; % 32.37'si tarım arazisi, % 10.92'si karışık orman yapısında, % 10.66'sı otlak-çalılık karışımı alanlar, % 0.98'i yerleşim alanları, % 0.42'si sulak alanlar, % 0.24'ü otlak alanlardır.

Arazi kullanım verileri karşılaştırıldığında; aşağıda Şekil 4.7’de de görüldüğü üzere Büyük Menderes havzası tarım arazisi ve orman arazi kullanım yapısı oranı Gediz havzasına göre daha yüksektir.



Şekil 4.7 : Gediz ve Büyük Menderes havzaları arazi kullanım oranları.

HB’lerin oluşturulmasında önemli bir veri de toprak haritalarıdır. Havzalar için modele girdi teşkil eden toprak haritaları Şekil 4.8 ve 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.8 : Büyük Menderes havzası toprak haritası.

Model tarafından FAO-UNESCO toprak sınıflandırması kullanılmaktadır. Prof.Dr. Orhan DOĞAN hocamızın yapmış olduğu Türkiye toprak haritalama çalışmaları konulu sunumda Doğan (2012) da belirttiği üzere Türkiye topraklarının haritalanmasında 1938 ABD sınıflandırması kullanılmıştır. AB ülkeleri ve diğer birçok ülke ise FAO/UNESCO toprak sınıflamasına göre toprak haritalarını düzenlemiştir. Bu çalışmada SWAT modelinin ihtiyaç duyduğu FAO/UNESCO toprak sınıflamasına göre Türkiye toprak haritalarının eksikliği de çalışmanın kısıtları arasında yer almaktadır.

FAO-UNESCO toprak sınıflandırmasına göre her iki havzada da bulunan Be122-2bc (Eutric Cambisol) toprak grubu alttoprakta, strüktürde, renkte, kil içeriğinde ya da karbonat içeriğinde değişimler ile horizon farklılaşmasının en azından başlangıcını gösteren topraklardır. Cambisoller en az bir yüzeyaltı toprak oluşumuna sahip topraklardır. Cambisoller genelde iyi tarımsal araziler oluşturmakta ve yoğun olarak kullanılmaktadır. Ana materyalleri çok çeşitli kayalardan gelen orta ve ince tekstürlü materyallerdir. Eutric özelliği toprak yüzeyinden itibaren 20 cm ile 100 cm içinde, ya da toprak yüzeyinden itibaren 20 cm ile sürekli kayaya kadar, ya da toprak yüzeyinden itibaren 20 cm ile çimentolaşmış veya sertleşmiş katmana kadar, ya da eğer sürekli kaya toprak yüzeyinden itibaren 25 cm içinde başlıyorsa doğrudan sürekli kayanın üzerinde 5 cm ya da daha kalın bir katmanda yüzde 50 ya da daha fazla baz doygunluğu gösteren Cambisol topraklardır (Toprak Kaynakları için Dünya Referans Sistemi, 2007).

Yine her iki havza toprak yapısında da görülen Bk45-2bc (Calcic Cambisol) toprak grubu toprak yüzeyinden itibaren 100 cm içinde başlayan calcic horizona ya da ikincil karbonat yoğunlaşmalarına sahip Cambisol toprak grubudur (Toprak Kaynakları için Dünya Referans Sistemi, 2007).

Her iki havza da bulunan I-Lc-E-2bc toprak grubunun FAO-UNESCO toprak sınıflandırmasına göre litosol toprak grupları daha çok kaba bünyeli topraklardır. Drenajları çoğunlukla iyiden aşırıya kadar değişmektedir. Genellikle sert kaya veya taşlı ana materyal üzerinde yer alırlar. Üzerlerindeki doğal bitki örtüsü zayıftır (Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı, 2008).

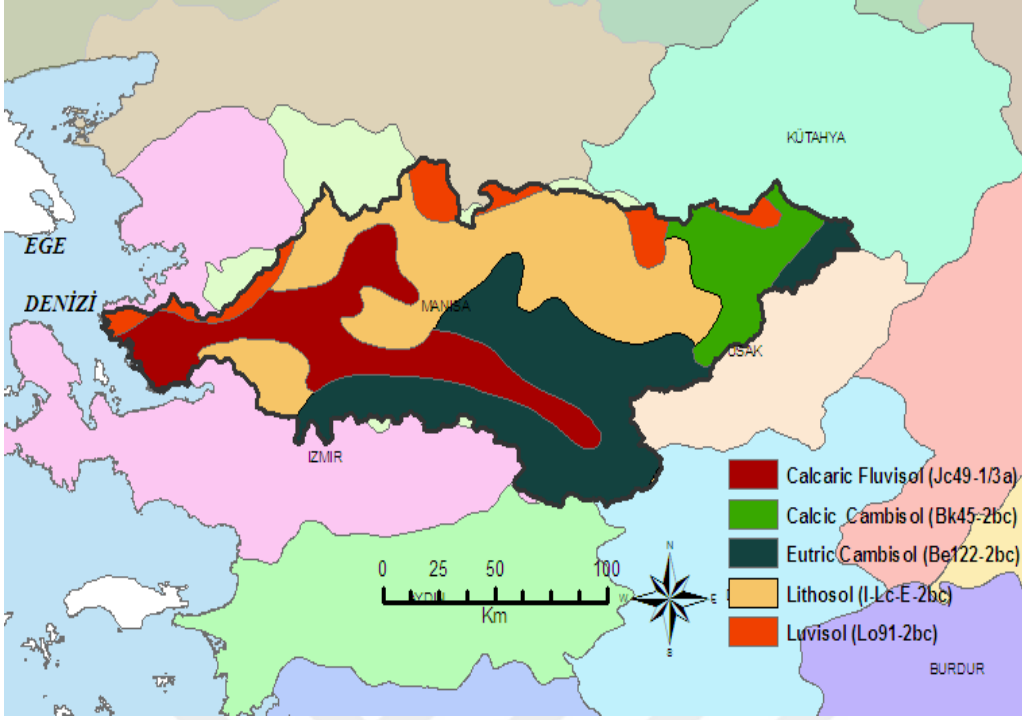
Jc49-1/3a (Calcaric Fluvisol) toprak sınıfı toprak yüzeyinden itibaren 20 cm ile 50 cm içinde, ya da toprak yüzeyinden itibaren 20 cm ile sürekli kayaya kadar, ya da toprak yüzeyinden itibaren 20 cm ile çimentolaşmış veya sertleşmiş katmana kadar, hangisi

daha yüzeydeyse, calcaric materyale sahip fluvisol topraklardır. Fluvisoller, alüvyal birikimlerdeki genetik olarak genç, bölgelere ayrılmamış topraklardır. Tüm kıtalarda ve tüm iklim bölgelerinde alüvyal ovalar, nehir yatakları, vadiler ve gelgit bataklıkları; doğal koşullar altındaki pek çok Fluvisol dönemsel olarak sular altında kalır. Fluvisoller yalnız nehir (Latince fluvius, nehir) tortuları ile sınırlı değildir; aynı zamanda gölssel ve denizsel birikintilerde de oluşurlar (Toprak Kaynakları için Dünya Referans Sistemi, 2007).

Sadece Büyük Menderes havzasında bulunan Xk56-2/3ab (Calcic Xerosols) toprak grubu Calcic özelliği gösteren çok miktarda ikincil kalsiyum sülfat birikmesine sahip topraklardır. Bitki örtüsü kurakçıl çalılar ve ağaçlar ve/veya kısa ömürlü otlardır. (Toprak Kaynakları için Dünya Referans Sistemi, 2007).

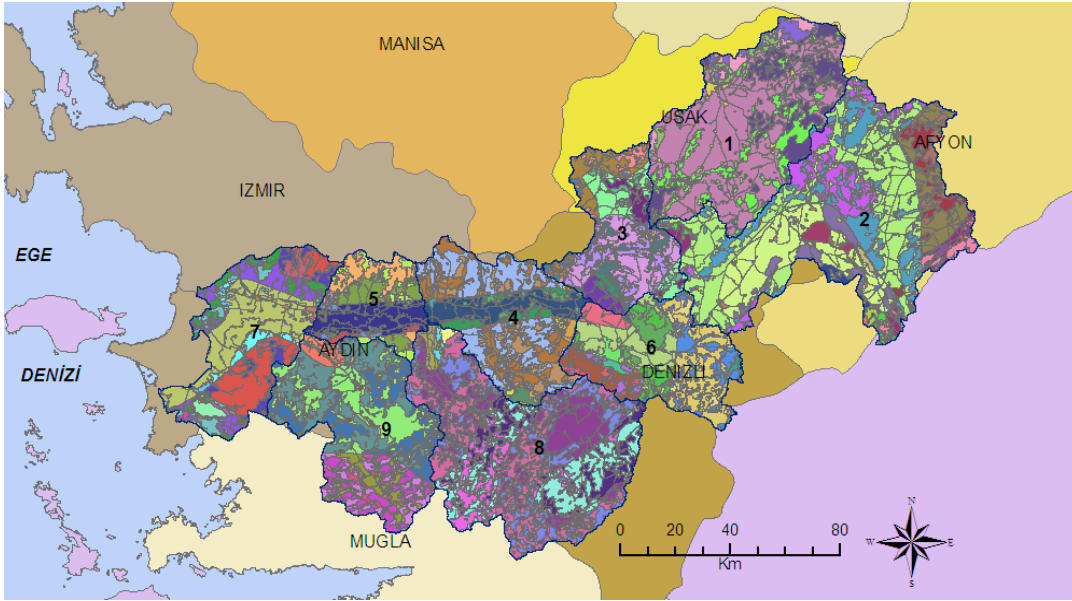
Sadece Büyük Menderes havzasında bulunan XI24-2bc (Luvic Xerosols) sınıfı toprak grubu Luvic özelliği gösteren çok miktarda ikincil kalsiyum sülfat birikmesine sahip topraklardır. Luvic toprak grubu toprak yüzeyinden itibaren 100 cm içinde, eğer tamamı tınlı kum ya da daha kalın tekstürlü bir katman argic horizon üzerinde yer alıyorsa toprak yüzeyinden itibaren 200 cm içinde başlayan argic horizonla sahip topraklardır. Argic horizon tamamında ya da üst sınırından itibaren 50 cm derinliğe kadar, hangisi daha yüzeyde ise, $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ kilden daha düşük KDK (Katyon değişim kapasitesi) değerine sahiptir ve baz doygunluğu toprak yüzeyinden itibaren 50 cm ile 100 cm arasında kalan alanın büyük bir kısmında yüzde 50 ya da daha fazladır.

Gediz havzası toprak haritası 4.9'da verilmiştir. Gediz havzası toprak sınıfları arasında yer alan Lo91-2bc (Luvisol) topraklar argic alttoprak horizonu oluşumuna götüren pedojenetik süreçlerin (özellikle kil göçü) sonucu olarak alttoprakta üsttoprakta daha yüksek kil içeriğine sahip topraklardır. Kil içeriği daha düşük üsttoprak ile daha yüksek alttoprak arasında pedojenetik kil farklılaşması (özellikle kil göçü) olan, bazı derinliklerde yüksek aktiviteli killere ve yüksek baz doygunluğuna sahip topraklardır. Buzul tortular, rüzgarla taşınan, alüvyal ve kolüvyal birikimler de dahil olmak üzere çok çeşitli birleşmemiş materyallere sahiptir (Toprak Kaynakları için Dünya Referans Sistemi, 2007).



Şekil 4.9 : Gediz havzası toprak haritası.

Yukarıda açıklanan arazi kullanım, toprak ve eğim verilerinin girdi olarak kullanılması sonucu model yazılımı ile elde edilen vektör formatındaki Büyük Menderes ve Gediz havzaları HB alanları Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de verilmiştir.

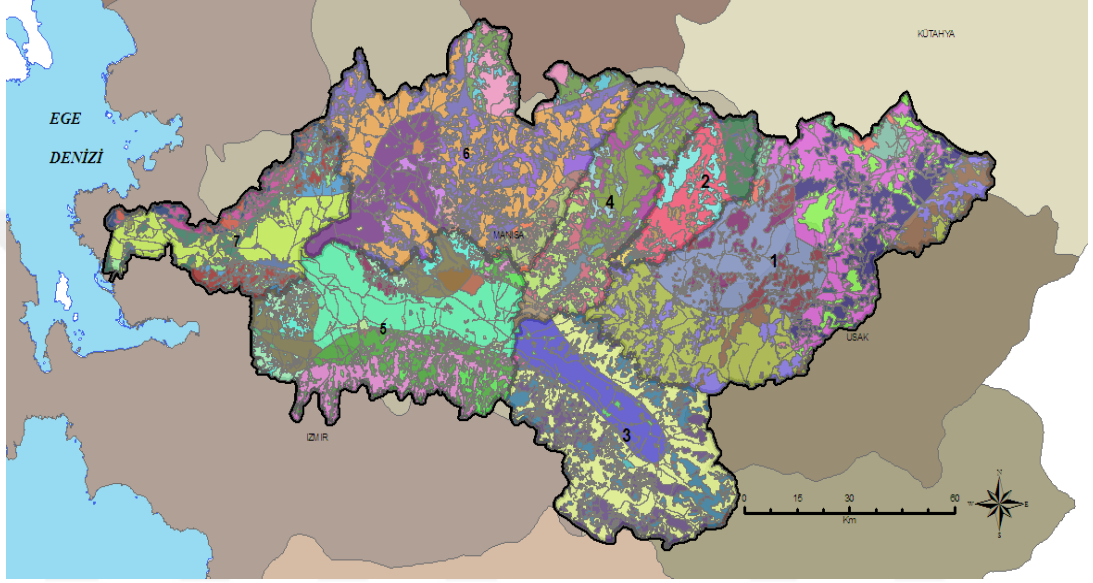


Şekil 4.10 : Büyük Menderes havzası HB’lerin görünümü.

Model yazılımı ile oluşturulan Büyük Menderes havzası HB’lerinin ait olduğu althavza bilgisi, HB’yi oluşturan arazi kullanım türü, toprak kodu ve eğim verisi gibi detaylar Ek-B altında Çizelge B.1’de verilmiştir. Burada, Büyük Menderes havzası

birinci alt havzası için 15 adet HB oluşmuştur. Herbir birimin alanı da çizelgede verilmiştir. Çalışma kapsamında Büyük Menderes havzası için 168, Gediz havzası için 115 HB hesaplanmıştır. Aynı HB numarasına sahip birimler havza üzerinde hidrolojik olarak aynı tepkiyi veren alanları ifade etmektedirler.

Şekil 4.11’de model yazılımının çalıştırılması ile elde edilen Gediz havzası HB’leri harita üzerinde verilmiştir.



Şekil 4.11 : Gediz havzası HB’lerin görünümü.

Gediz Havzası’na ilişkin model yazılımı tarafından oluşturulan HB’ler ise EK-B’de Çizelge B.2’de verilmiştir.

Çizelge B.1 ve B.2’de verilen ortalama eğim verisi modelin çalıştırılması sonucu oluşan HB’lere ait ortalama eğimi ifade etmektedir. Birçok hidrolojik parametrenin hesaplanmasında önemli bir girdiyi oluşturmaktadır. Bu nedenle çalışmada, Büyük Menderes ve Gediz havzalarında aynı eğim aralığında ve benzer toprak türüne sahip HB alanları seçilerek harita üzerinde ayrıca gösterilmiştir. Bunun için ilk olarak havzalar için oluşturulan HB’lerin ortalama eğim değeri 19-29 m aralığında olan ve benzer toprak yapısına sahip alanlar Gediz havzası için EK-A’da bulunan Şekil A.1’de, Büyük Menderes havzası için ise Şekil A.2’de verilmiştir.

Ortalama eğimin 19-29 m aralığında olduğu HB’lerin gösterildiği haritalara ait lejantlar sırasıyla Gediz havzası için EK-A altında Şekil A.3’de, Büyük Menderes havzası için ise Şekil A.4’de verilmiştir. Burada; “_” karakteri havza numarası, SWAT arazi kullanım kodu, toprak grubu kodu ve eğim bilgisini ayırmak için

kullanılmaktadır. Örneğin; Şekil Şekil A.3’de görülen “6_AGRL_ Be122-2bc-3016_0-9999” HB bilgisi; o HB’de havza numarasının altı (6) numaralı havza olduğunu, SWAT arazi kodunun AGRL olduğunu ifade etmektedir. İkinci bölümde Çizelge 2.3’de model yazılımı tarafından tanımlı arazi kullanım kodlarının açıklamaları verilmiştir. Buna göre AGRL kodu, arazinin tarım arazisi olduğunu ifade etmektedir. Dördüncü ve son bilgi ise HB eğim bilgisini ifade etmektedir. Çalışmada HB’leri için eğime göre ayrıca bir sınıflandırma yapılmamış eğim bilgisi tek tip olarak seçilmiştir. Bu nedenle eğim aralığı 0-9999 olarak görülmektedir.

Büyük Menderes ve Gediz havzası için oluşturulan HB’lerin ortalama eğimleri 29 metre üstü eğim değerlerine göre gruplandırıldığında oluşan HB haritaları sırasıyla Gediz havzası için EK-A’da bulunan Şekil A.5’de, Büyük Menderes havzası için ise Şekil A.6’da verilmiştir. Bu gösterim ile havzalar üzerinde benzer eğim aralığında, benzer arazi kullanım ve toprak verilerine sahip alanlar karşılaştırılabilmektedir.

Havzalara ait HB’ler için ortalama eğimin 29 metre ve üzeri olduğu birimlerin gösterildiği haritalara ait lejantlar Gediz havzası için Ek-A altında Şekil A.7’de ve Büyük Menderes havzası için ise Şekil A.8’de verilmiştir.

4.8 Meteoroloji Verileri

SWAT modelinde havzalar için simülasyonun çalıştırılabilmesi için meteoroloji verilerinin yüklenmesi zorunludur. Önceki bölümlerde bahsedilen excel makro aracı vasıtasıyla hazırlanan meteoroloji verileri modele yüklenmektedir. Yağış, sıcaklık, bağıl nem, güneş ışınımı ve rüzgar hızı verileri de ilgili alanlara ister yıllar bazında aylık ortalama veri değerleri kullanılarak, istenirse de ilgili web sitesinden indirilen veri dosyaları seçilerek yüklenmektedir.

Meteoroloji verilerinin sisteme dahil edilmesinin ardından model arayüzü çalıştırılarak modelin çalışması için kullanılacak veriler veritabanına kayıt edilir. Veriler her proje için oluşturulan proje klasörü altında proje MS Access veritabanının ilgili alanlarına kayıt edilmektedir.

4.9 Model Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kullanılan model simülasyonunda kullanılacak verilerin proje veritabanlarına kaydının ardından, belirlenen zaman periyodu için simülasyon çalıştırılmıştır. Çalışmada, havzalar özellikleri bakımından incelenerek model üzerinde çeşitli senaryolar denenmiştir. Havzaların morfolojik yapılarının hidrolojik etkilerine ilişkin sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler aşağıda sunulmaktadır.

Çalışma kapsamında, model ilk olarak Büyük Menderes ve Gediz havzaları sadece 2010 yılı Ocak ayı yağış verisi ile çalıştırılarak simüle edilmiştir. Elde edilen yüzeysel akış, yüzeyaltı akışı, akışa yer altı suyu katkısı, su verimi, sediment verimi gibi başlıca hidrolojik parametre değerleri Büyük Menderes havzası için Çizelge 4.2 ve Gediz havzası için ise Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Büyük Menderes havzası 2010 Ocak ayı model sonuçları.

Zaman	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	Yüzeyaltı Akışı (mm)	Akışa Yer altı suyu Katkısı (mm)	Toprak Profilindeki Su Miktarı (mm)	Buharlaşma (mm)	Potansiyel Buharlaşma (mm)	Su Verimi (mm)	Sediment Verimi (t/ha)
Ocak 2010	129.61	19.69	4.28	0.53	100.05	24.1	36.37	24.08	35.49

Çizelge 4.3 : Gediz havzası 2010 Ocak ayı model sonuçları.

Zaman	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	Yüzeyaltı Akışı (mm)	Akışa Yer altı suyu Katkısı (mm)	Toprak Profilindeki Su Miktarı (mm)	Buharlaşma (mm)	Potansiyel Buharlaşma (mm)	Su Verimi (mm)	Sediment Verimi (t/ha)
Ocak 2010	144.27	15.42	4.06	0.24	108.24	25.76	35.28	18.73	19.25

SWAT modeli sonuçlarında görülen önemli parametrelerden biri de yüzey akışıdır. Yüzey akışı, havzaya düşen yağıştan oluşan akımı ifade etmektedir. Yağışın akışa geçme oranını yağışın niteliği ve havzanın özelliği belirlemektedir. Havza özellikleri arasında ise arazi eğimi, bitki örtüsü ve toprak özellikleri sayılabilmektedir.

Yağış parametresi havzaya düşen ortalama yağış miktarını; yüzeyaltı akışı, modelin çalıştırıldığı zaman periyodu için havzada zemine sızan ve akışta olan suyun geçirimsiz bir katmandan yüzeye çıkarak yüzeysel akışa katkı sağlayan miktarını ifade etmektedir.

SWAT modelinde 2010 yılı Ocak ayı değerlendirildiğinde yağış daha az olmasına rağmen Büyük Menderes havzasında su veriminin daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Morfometrik parametrelerin incelendiği bir üst bölüme göre Büyük Menderes havzasında, Gediz havzasına oranla daha yüksek sızmanın olacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Model çalıştırıldığında Büyük Menderes havzasına düşen yağış Gediz havzasına oranla daha düşük olmasına rağmen Büyük Menderes havzasında daha düşük bir akım oluşturduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda, model havzalara eşit yağış düşmesi durumunda çalıştırılmış ve sonuçların nasıl olacağı görülmek istenmiştir. Havzalara eşit yağış düşmesi durumu 2010 yılı Ocak ayı için simüle edilmiş ve bu sonuçlar da Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Büyük Menderes havzası eşit yağış durumunda 2010 Ocak ayı model sonuçları.

Zaman	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	Yüzeyaltı Akışı (mm)	Akışa Yer altı suyu Katkısı (mm)	Toprak Profilindeki Su Miktarı (mm)	Buharlaşma (mm)	Potansiyel Buharlaşma (mm)	Su Verimi (mm)	Sediment Verimi (t/ha)
Ocak 2010	632.4	185.95	32.46	30.49	119.9	30.71	34.04	245.57	311.07

Çizelge 4.5 : Gediz havzası eşit yağış durumunda 2010 Ocak ayı model sonuçları.

Zaman	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	Yüzeyaltı Akışı (mm)	Akışa Yer altı suyu Katkısı (mm)	Toprak Profilindeki Su Miktarı (mm)	Buharlaşma (mm)	Potansiyel Buharlaşma (mm)	Su Verimi (mm)	Sediment Verimi (t/ha)
Ocak 2010	632.4	227.59	27.12	26.86	115.89	30.01	33.17	277.27	327.54

Normal yağış verileri ile çalıştırılan Büyük Menderes ve Gediz havzası sonuçları karşılaştırıldığında Büyük Menderes havzası aylık toplam yağışının daha az olduğu ancak oluşan yüzey akışının Gediz havzasına göre daha yüksek olduğu, havzadaki toprak profilinde tutulan su miktarları değerlendirildiğinde Gediz havzasına aylık daha fazla yağış düştüğü ve toprakta daha fazla su tutulduğu hesaplanmıştır. Havzalara eşit yağış düşürüldüğü durumda ise yüzeysel akışın beklendiği gibi Gediz havzasında daha yüksek olduğu ve toprak su tutma oranının da yine morfometrik parametrelerden çıkarılan sonuçlar doğrultusunda beklendiği üzere Büyük Menderes havzasında daha yüksek hesaplandığı görülmüştür. Modelin bir ay gibi kısa bir periyot yerine daha uzun süreli çalıştırılmasının, yapılacak değerlendirmeler açısından daha verimli olacağı sonucuna varılmıştır.

Bu doğrultuda, 1.1.1988 ve 31.12.2013 periyodu için gerekli meteorolojik veriler sağlanarak model 26 yıl için çalıştırılmıştır. Modelin 26 yıllık çalıştırılması sonucu elde edilen değerler Büyük Menderes havzası için izelge 4.6 ve Gediz havzası için izelge 4.7’de verilmiştir.



Çizelge 4.6 : Büyük Menderes havzası 26 yıllık periyot için model sonuçları.

Yıl	Yağış (mm)	Yüzey (mm)	Akışı	Yüzeyaltı Akış (mm)	Akışa Yer altı suyu (mm)	Katkısı (mm)	Sızma (mm)	Toprak Profilineki Miktarı (mm)	Buharlaşma Su (mm)	Potansiyel Buharlaşma (mm)	Su Verimi (mm)	Sediment Verimi (t/ha)
1988	673.15	93.39		35.73	89.17		125.83	103.62	348.741	527.47	213.83	69.07
1989	393.23	43.16		17.17	43.36		53.91	110.35	280.541	622.8	101	9.16
1990	382.14	38.52		17.62	55.61		34.29	84.54	328.591	647.9	109.6	10.59
1991	521.03	49.23		23.8	59.24		72.49	89.47	363.951	431.36	128.57	12.63
1992	432.4	41.23		20.65	53.28		47.58	89.8	345.481	480.33	111.22	10.41
1993	602.31	109.44		33.66	110.48		133.27	99.36	323.631	602.76	248.33	26.03
1994	578.37	89.22		32.24	106.79		121.33	104.5	338.091	609.89	223.96	22.02
1995	652.64	89.48		40.19	170.08		178.67	99.56	356.581	454.98	294.57	26.78
1996	627.72	77.22		36.03	137.78		158.1	98.46	363.491	495.75	246.3	16.47
1997	687.44	106.55		37.67	120.73		150.98	105.72	391.481	417.65	259.53	24.15
1998	735.12	114.59		45.33	167.37		212.73	109.04	365.311	556.34	320.96	21.57
1999	638.95	111.59		42.31	266.36		216.29	78.98	307.391	486.87	415.5	24.88
2000	606.78	119.13		36.27	145.67		158.79	75.52	304.271	562.52	296.26	29.03
2001	759.62	179.8		42.45	91.97		203.58	112.5	299.481	637.66	308.44	42.23
2002	642.38	111.72		41.68	223.67		165.13	96.49	350.251	423.35	372.45	29.52
2003	735.37	150.31		46.11	208.48		215.6	108.63	317.531	568.56	399.54	31.11
2004	561.34	94.33		34.88	165.7		160.53	88.35	301.341	609.71	290.13	21.47
2005	632.19	88.44		37.38	138.48		156.12	94.5	350.941	553.98	259.66	26.96
2006	673.87	140.38		41.63	167.35		171.09	81.6	342.481	538.4	344.7	32.62
2007	701.39	158.57		38.77	90.98		168.3	103.49	320.071	675.98	282.93	35.12
2008	448.08	50.53		22.54	115.42		64.7	102.23	318.651	694.82	184.89	14.08
2009	953.65	207.45		62.42	279.98		329.44	107.83	354.991	516.42	541.57	64.85
2010	853.44	150.28		50.3	217.77		235.85	110.1	419.901	534.11	411.93	34.94
2011	972.47	237.68		57.51	283.41		289.02	105.93	397.321	362.46	570.64	61.46
2012	969.6	275.9		57.33	246.48		296.25	113.22	337.191	440.52	571.73	58.14
2013	809.18	199.09		51.32	261.38		225.51	89.49	366.731	466.26	505.92	51.89
Toplam	17243.86	3127.23		1002.99	4016.99		4345.38	2563.28	8894.436	13918.85	8014.16	807.18
Ortalama	663.23	120.28		38.58	154.50		167.13	98.59	342.09	535.34	308.24	31.05

Çizelge 4.7 : Gediz havzası 26 yıllık periyot için model sonuçları.

Yıl	Yağış (mm)	Yüzey (mm)	Akışı	Yüzeyaltı Akış (mm)	Akışa Yer altı suyu Katkısı (mm)	Sızma	Toprak Profilineki Su Miktarı (mm)	Buharlaşıma (mm)	Potansiyel Buharlaşıma (mm)	Su Verimi (mm)	Sediment Verimi (t/ha)
1988	601.65	72.07	27.97	71.09	111.67	104.78	315.831	548.23	165.85	53.42	
1989	382.9	43.49	13.27	40.35	37.2	109.24	291.181	634.35	94.07	14.65	
1990	452.58	76.93	17.3	48.21	45.85	100.21	330.261	684.67	139.09	24.22	
1991	483.85	54.51	17.28	62.63	51.35	82.86	374.761	457.02	130.06	17.59	
1992	434.25	55.16	16.21	32.53	36.18	88.91	338.321	537.38	99.69	16.78	
1993	534.81	85.48	23.61	88.61	105.4	100.61	314.351	618.13	191.51	25.39	
1994	562.8	96.19	25.18	100.02	109.22	105.01	334.651	685.46	215.44	32.88	
1995	684.65	122.74	34.03	162.15	177	104.62	356.161	464.1	311.84	50.26	
1996	606.13	80.99	26.9	115.27	133.33	106.07	368.341	503.02	217.25	19.52	
1997	739.82	159.63	35.25	135.24	171.58	109.25	375.361	428.01	322.2	37.23	
1998	721.41	115.1	36.68	176.45	197.12	106.29	380.381	545.93	320.07	26.29	
1999	649.46	119.05	36.34	251.86	214.96	92.57	299.071	512.06	400.38	35.4	
2000	588.61	153.14	27	137.11	136.86	72.3	299.421	590.68	311.59	48.89	
2001	734.71	176.21	31.72	62.61	171.07	111.04	318.181	688.27	263.4	59.98	
2002	614.3	107.52	31.65	199	133.55	104.68	357.021	425.37	331.73	35.32	
2003	675.03	155.5	34.87	186.1	193.47	105.94	295.191	601.62	369.26	38.24	
2004	528.49	88.33	27.54	157.27	147.37	72.81	306.991	624.84	267.47	29.36	
2005	728.29	136.27	34.01	131.15	169.91	110.2	353.791	542.84	294.37	45.58	
2006	612.44	128.78	32.81	184.36	170.45	80.69	318.651	577.24	339.36	34.48	
2007	654.91	138.53	30.7	80.62	149.47	100.47	321.551	733.21	242.8	40.36	
2008	397.82	38.18	14.35	91.86	35.48	93.67	314.941	700.65	141.25	16.44	
2009	874.55	202.26	47.77	234.72	275.81	105.77	349.971	555.41	475.75	88.99	
2010	855.84	160.08	43.62	222.93	255.78	108.51	396.441	544.59	417.11	42.09	
2011	725.9	145.34	38.39	182	166.15	105.03	386.071	371.46	358.28	41.96	
2012	761.52	177.99	40.05	189.67	210.24	104.17	340.071	484.97	399.46	44.87	
2013	760.54	177.03	42.03	221.39	212.32	91.25	349.091	456.1	432.64	57.8	
Toplam	16367.26	3066.5	786.53	3565.2	3818.79	2576.95	8786.056	14515.61	7251.92	977.99	
Ortalama	629.51	117.94	30.25	137.12	146.88	99.11	337.93	558.29	278.92	37.62	

Yukarıda çizelgelerde verilen model sonuçları değerlendirildiğinde Büyük Menderes havzası için hesaplanan ortalama akım değeri 120.28 mm, Gediz havzası ortalama akım değeri olan 117.94 mm hesaplanmıştır. Havzaların hesaplanan gerçek akım değerleri incelendiğinde Büyük Menderes havzası akım sonuçları Gediz havzasından yüksektir. Model sonucu Gediz havzası tahmin edilen akım değerleri gerçek akım verilerinden yüksek hesaplanmıştır. Akım sonuçları aşağıda detaylı bir şekilde verilmiştir.

Büyük Menderes havzası tahmin edilen 26 yıllık ortalama sızma değerlerine bakıldığında 167.13 mm olarak hesaplanmıştır. Gediz havzası tahmin edilen ortalama sızma değeri ise 146.88 mm'dir. Gediz havzası sızma sonucu Büyük Menderes'e göre daha düşük hesaplanmıştır. Bu durum bir önceki bölümde yapılan morfolojik analizlerde elde edilen Gediz havzası zemininin Büyük Menderese göre daha geçirimsiz olduğu sonucunu doğrulamaktadır.

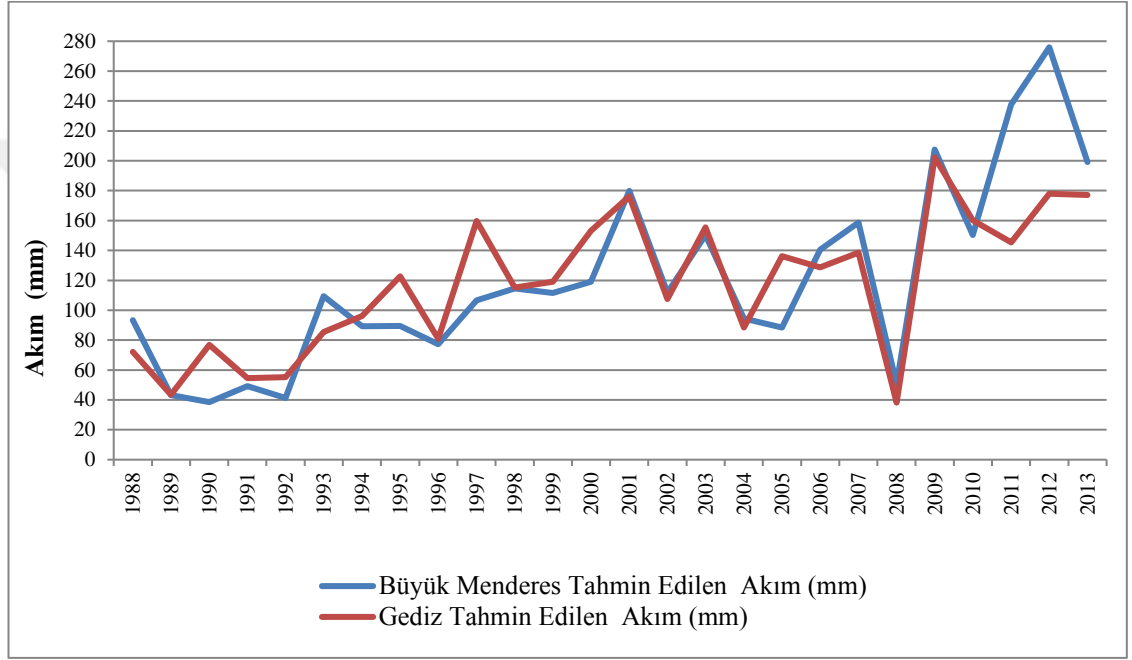
Akışa yeraltı suyu katkısına bakıldığında Büyük Menderes havzası tahmin edilen ortalama değeri 154.50 mm, Gediz havzası için ise 137.12 mm hesaplanmıştır. Büyük Menderes tahmin edilen akışa yer altı suyu katkısı Gediz havzasına göre daha yüksek hesaplanmıştır.

Morfolojik analizlerde Büyük Menderes havzasının daha geçirgen olacağı sonucuna ulaşılmış olması sebebiyle yer altı suyu rezervinin de daha yüksek olması beklenmiştir. Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından hesaplanan (Url-1) 2013-2014 yılı havza bazında yeraltı suyu potansiyeli verileri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Bu veriler de elde edilen sonuçları doğrulanmaktadır. Yeraltı suyu potansiyeli bir havzada yıllık oluşan yeraltı suyu miktarıdır. Yeraltı sularının nerelerde, hangi derinlikte, ne miktarda ve kalitede olduğunu belirlemek amacıyla DSİ Genel Müdürlüğü tarafından hidrojeolojik etüdler yapılmaktadır. Yapılan bu etüdler neticesinde elde edilen yer altı suyu rezerv miktarının Büyük Menderes havzasında Gediz havzasına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan model tahmini de bu yönde olmuştur.

Çizelge 4.8 : Havza bazında yeraltısuyu potansiyeli, 2013-2014 (Url-1).

Havza Adı	Yeraltısuyu Beslenimi (hm ³ /yıl)	Yeraltısuyu İşletme Rezervi (hm ³ /yıl)
Gediz	555	248.0
Büyük Menderes	1045.4	761.5
TOPLAM	1600.4	1009.5

Modelinin çalıştırılması sonucu seçilen her iki havza için elde edilen akım değerleri Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 : Büyük Menderes ve Gediz havzaları tahmin edilen akım değerleri.

Şekil 4.12’de Gediz havzası tahmin edilen akım değerleri birçok yılda Büyük Menderes’e göre daha yüksek hesaplanmıştır. Çizelge 4.9’da ise havzaların yağış ve akım değerleri değişimi daha net bir şekilde görülmesi açısından karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

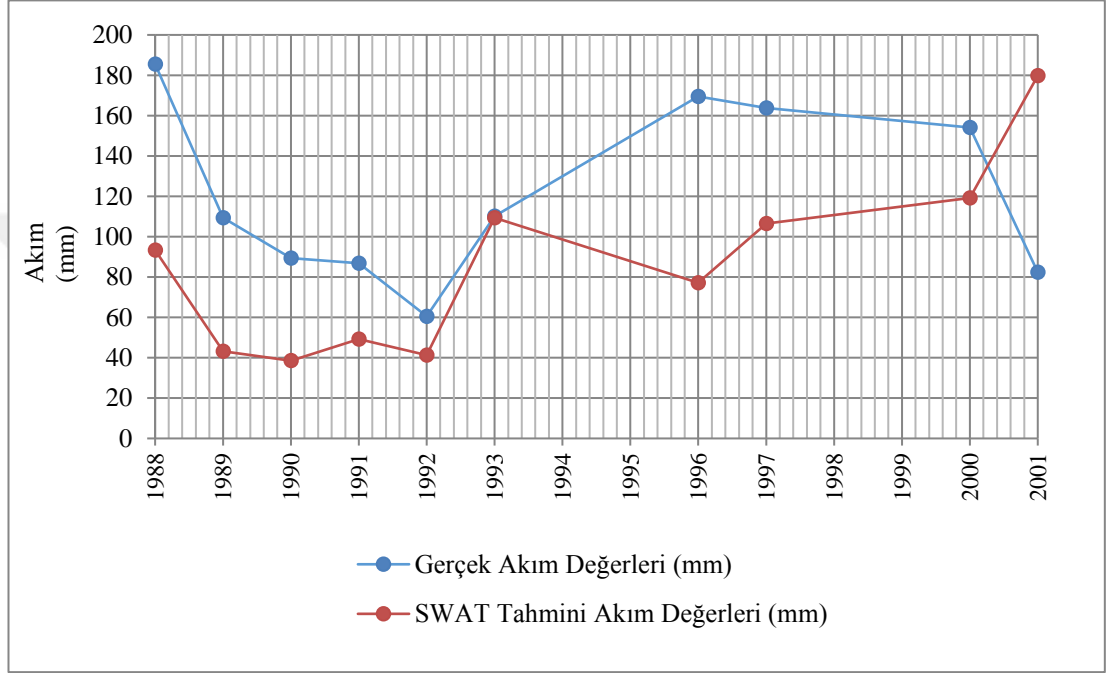
Çizelge 4.9 : Gediz ve Büyük Menderes havzası akım verileri karşılaştırılması.

Yıl	Büyük Menderes Yağış (mm)	Büyük Menderes Havzası Akım (mm)	Gediz Havzası Yağış (mm)	Gediz Havzası Akım (mm)	B.M. Yağış - Gediz Yağış farkı (mm)	B.M. Akım - Gediz Akım farkı (mm)
1988	673.15	93.39	601.65	72.07	71.5 (+)	21.32 (+)
1989	393.23	43.16	382.90	43.49	10.33 (+)	-0.33 (-)
1990	382.14	38.52	452.58	76.93	-70.44 (-)	-38.41 (-)
1991	521.03	49.23	483.85	54.51	37.18 (+)	-5.28 (-)
1992	432.40	41.23	434.25	55.16	-1.85 (-)	-13.93 (-)
1993	602.31	109.44	534.81	85.48	67.5 (+)	23.96 (+)
1994	578.37	89.22	562.80	96.19	15.57 (+)	-6.97 (-)
1995	652.64	89.48	684.65	122.74	-32.01 (-)	-33.26 (-)
1996	627.72	77.22	606.13	80.99	21.59 (+)	-3.77 (-)
1997	687.44	106.55	739.82	159.63	-52.38 (-)	-53.08 (-)
1998	735.12	114.59	721.41	115.10	13.71 (+)	-0.51 (-)
1999	638.95	111.59	649.46	119.05	-10.51 (-)	-7.46 (-)
2000	606.78	119.13	588.61	153.14	18.17 (+)	-34.01 (-)
2001	759.62	179.80	734.71	176.21	24.91 (+)	3.59 (+)
2002	642.38	111.72	614.30	107.52	28.08 (+)	4.2 (+)
2003	735.37	150.31	675.03	155.50	60.34 (+)	-5.19 (-)
2004	561.34	94.33	528.49	88.33	32.85 (+)	6 (+)
2005	632.19	88.44	728.29	136.27	-96.1 (-)	-47.83 (-)
2006	673.87	140.38	612.44	128.78	61.43 (+)	11.6 (+)
2007	701.39	158.57	654.91	138.53	46.48 (+)	20.04 (+)
2008	448.08	50.53	397.82	38.18	50.26 (+)	12.35 (+)
2009	953.65	207.45	874.55	202.26	79.1 (+)	5.19 (+)
2010	853.44	150.28	855.84	160.08	-2.4 (-)	-9.8 (-)
2011	972.47	237.68	725.90	145.34	246.57 (+)	92.34 (+)
2012	969.60	275.90	761.52	177.99	208.08 (+)	97.91 (+)
2013	809.18	199.09	760.54	177.03	48.64 (+)	22.06 (+)

Çizelgede, Büyük Menderes ve Gediz havzaları yağış ve akım değerlerinin pozitif (+) değerler alması Büyük Menderes havzası yağış ve akım değerlerinin daha yüksek, negatif (-) değerler alması ise Büyük Menderes havzası yağış ya da akım değerlerinin daha düşük dolayısıyla da Gediz havzası ilgili değerlerinin daha yüksek olduğunu belirtmektedir. Burada, yağış ve akım fark değerlerinin her ikisinin de pozitif (+) olması Büyük Menderes havzası yağış ve akım değerlerinin Gediz havzasına göre daha yüksek olduğunu dolayısıyla da Büyük Menderes havzasına daha yüksek yağışın düştüğü ve daha yüksek akımın oluştuğunu, her ikisinin de negatif (-) olması Büyük Menderes havzası yağış ve akım değerlerinin Gediz havzasına göre daha düşük olduğunu dolayısıyla da Gediz havzasına daha yüksek yağışın düştüğü ve daha yüksek

akımın oluştuğunu, yağış fark değerlerinin pozitif (+) ancak akım fark değerlerinin negatif (-) olması ise Büyük Menderes havzasına daha fazla yağış düşmesine rağmen Gediz havzasında daha yüksek akım değerlerinin oluştuğunu ifade etmektedir.

Modelinin hesaplamış olduğu yıllık toplam akım değerleri ve ölçülen akım değerleri Şekil 4.13 ve 4.14'de verilmiştir. Şekil 4.13'de görüldüğü üzere model Büyük Menderes havzasında birçok yıl için gözlenen değerlerin altında sonuçlar vermiştir.



Şekil 4.13 : Büyük Menderes havzası tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri (DSİ Genel Müdürlüğü Akım Gözlem Verileri).

Modelin Büyük Menderes havzası 10 yıllık periyot için aylık akım tahminlerinin ölçülen akım değerleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelgeye göre Büyük Menderes havzası için ölçülen en yüksek akım değerleri Mart ayındadır. Model tarafından tahmin edilen en yüksek akım değerleri ise Aralık ayında hesaplanmıştır.

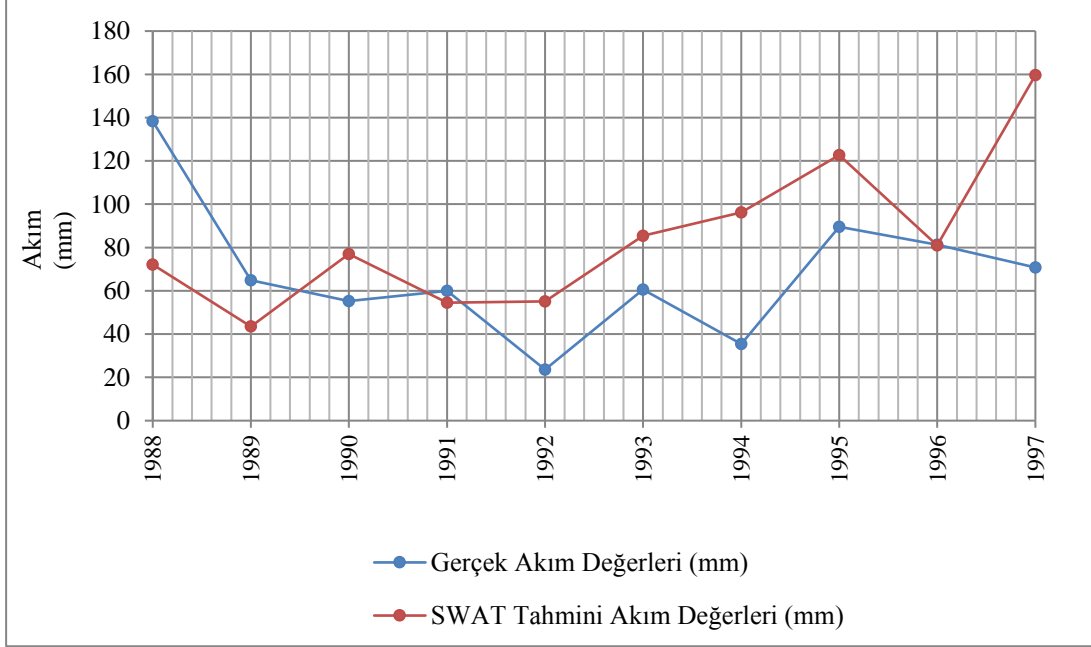
Çizelge 4.10 : Büyük Menderes havzası ölçülen ve tahmin edilen aylık akım değerleri.

Yıl	(mm)	OCA	ŞUB	MAR	NIS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL	EKI	KAS	ARA	Toplam (mm)
1988	Yağış	41.87	91.26	157.57	65.78	34.22	24.70	3.90	5.91	9.47	40.36	123.75	74.37	673.16
	Ölçülen	14.19	16.87	47.06	22.43	17.03	6.29	10.20	14.42	5.94	6.48	10.66	13.96	185.53
	Model	1.79	6.72	25.99	4.58	4.14	6.52	0.00	0.00	0.03	0.65	29.79	13.17	93.38
1989	Yağış	21.57	10.57	39.70	4.37	43.79	6.77	3.05	1.82	3.92	46.81	140.20	70.66	393.23
	Ölçülen	14.54	9.10	13.48	3.38	5.60	2.45	9.07	7.04	0.65	7.74	12.70	23.69	109.44
	Model	5.51	0.07	1.97	0.06	1.84	0.01	0.01	0.00	0.01	0.67	23.37	9.66	43.18
1990	Yağış	8.06	70.45	13.10	42.01	35.54	13.42	3.33	8.62	40.20	35.41	20.10	91.91	382.15
	Ölçülen	9.19	10.79	7.69	7.04	4.79	2.36	8.39	7.11	1.33	6.37	10.24	14.07	89.36
	Model	0.14	16.79	0.89	1.65	2.48	0.10	0.00	0.03	2.13	0.54	0.31	13.46	38.52
1991	Yağış	41.70	67.86	38.95	72.70	86.82	4.72	8.18	11.42	1.10	61.96	32.69	92.94	521.04
	Ölçülen	10.01	9.31	9.84	5.80	6.60	3.12	8.05	10.68	0.54	3.36	4.91	14.65	86.86
	Model	4.22	11.60	1.19	4.40	10.05	0.01	0.02	0.05	0.00	2.61	4.84	10.24	49.23
1992	Yağış	8.71	29.29	77.92	60.84	51.11	53.83	13.44	4.84	0.04	18.53	61.16	52.69	432.40
	Ölçülen	5.73	3.08	3.89	7.16	4.43	1.72	12.89	7.52	2.55	1.87	4.16	5.54	60.54
	Model	5.35	3.71	9.18	8.44	5.57	2.46	0.43	0.04	0.00	0.11	1.84	4.10	41.23
1993	Yağış	50.93	84.12	65.63	50.92	147.27	10.55	1.31	0.02	0.98	13.82	115.25	61.50	602.30
	Ölçülen	7.01	14.95	28.49	9.19	8.45	3.55	14.66	7.39	1.20	2.21	4.28	8.82	110.21
	Model	7.24	20.49	15.12	6.75	25.74	0.61	0.00	0.00	0.00	0.20	26.30	6.98	109.43
1996	Yağış	59.83	106.14	102.70	55.52	35.80	7.31	6.04	0.88	68.65	47.68	37.41	99.76	627.72
	Ölçülen	9.96	38.55	38.43	18.88	6.09	5.81	15.49	11.37	4.57	5.49	8.35	6.58	169.56
	Model	7.64	22.35	17.43	5.68	0.54	0.02	0.02	0.00	1.39	4.95	2.69	14.51	77.22

Çizelge 4.10 (devam) : Büyük Menderes havzası ölçülen ve tahmin edilen aylık akım değerleri.

Yıl	(mm)	OCA	ŞUB	MAR	NIS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL	EKI	KAS	ARA	Toplam (mm)
1997	Yağış	29.80	33.49	103.61	102.66	28.74	65.16	4.73	31.96	10.22	79.32	54.36	143.40	687.45
	Ölçülen	48.12	26.27	34.64	24.03	19.04	9.70	16.20	15.68	6.84	7.52	11.90	15.45	235.39
	Model	5.23	2.65	30.36	12.88	1.19	11.22	0.01	0.96	0.06	5.49	6.62	29.89	106.56
2000	Yağış	87.64	114.97	92.09	110.17	60.58	9.94	2.08	0.18	4.51	36.41	44.45	43.76	606.78
	Ölçülen	11.26	15.49	23.65	12.47	12.77	9.44	12.77	9.77	3.99	14.42	15.33	12.82	154.18
	Model	16.97	48.16	22.58	13.62	8.32	0.39	0.00	0.00	0.01	0.83	5.89	2.37	119.14
2001	Yağış	59.62	72.95	34.77	88.48	59.91	1.41	1.66	3.24	4.64	4.72	200.36	227.85	759.61
	Ölçülen	8.10	9.22	9.08	9.46	6.28	4.10	10.52	8.39	0.90	4.91	4.62	6.74	82.31
	Model	11.47	7.93	1.54	10.39	8.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	58.43	81.52	179.80

Şekil 4.14’de 10 yıl için Gediz havzası tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri verilmiştir. Gediz havzasında model çoğunlukla gözlenen değerlerden yüksek akım tahminleri üretmiştir.



Şekil 4.14 : Gediz havzası tahmin edilen ve gözlenen akım değerleri (DSİ Genel Müdürlüğü Akım Gözlem Verileri).

Gediz havzası 10 yıllık periyot için modelin aylık akım tahminlerinin, ölçülen akım değerleri ile karşılaştırılması Çizelge 4.11’de verilmiştir. Gediz havzası için ölçülen en yüksek akım değerleri Mart ayında görülmekte iken tahmin edilen en yüksek akım değerleri Aralık ayında hesaplanmıştır.

Modelin yıllık ortalama kar yağışı miktarına bakıldığında Gediz havzası için 24.40 mm ve kar erimesi de 24.37 mm’dir. Büyük Menderes havzasında yıllık ortalama 25.75 mm kar yağışı ve 25.72 mm kar erimesi tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.11 : Gediz havzası ölçülen ve tahmin edilen aylık akım değerleri.

Yıl	(mm)	OCA	ŞUB	MAR	NIS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL	EKI	KAS	ARA	Toplam (mm)
1988	Yağış	43.99	82.25	149.56	43.62	12.76	18.80	3.27	5.80	1.45	33.68	124.90	81.59	601.67
	Ölçülen	8.96	9.13	33.36	17.50	8.83	10.25	9.85	9.49	4.40	9.14	6.04	11.37	138.32
	Model	1.54	6.32	24.81	2.39	0.42	0.76	0.00	0.03	0.00	0.95	21.47	13.38	72.07
1989	Yağış	13.29	11.97	38.82	6.95	43.75	4.37	1.13	3.68	9.39	53.83	108.88	86.84	382.90
	Ölçülen	7.03	4.99	8.29	3.37	2.83	1.61	5.54	4.84	1.09	3.39	4.60	17.34	64.92
	Model	1.19	0.41	3.21	0.15	2.12	0.00	0.00	0.01	0.04	1.57	16.97	17.82	43.49
1990	Yağış	7.74	77.36	6.03	45.93	19.58	19.67	2.15	12.17	42.39	39.78	42.73	137.05	452.58
	Ölçülen	7.17	8.50	8.55	4.09	3.11	1.27	5.56	3.09	0.86	1.93	3.43	8.28	55.84
	Model	0.19	23.04	0.81	2.40	0.25	0.47	0.00	0.05	2.28	1.22	4.45	41.78	76.94
1991	Yağış	49.50	45.17	31.07	70.79	101.81	10.78	12.89	10.42	1.14	39.43	27.27	83.57	483.84
	Ölçülen	6.07	4.47	4.46	4.17	4.39	2.37	5.26	8.70	1.39	1.05	1.22	17.58	61.13
	Model	7.87	8.90	1.01	6.74	17.97	0.28	0.24	0.01	0.00	0.30	1.85	9.34	54.51
1992	Yağış	8.91	32.05	82.56	72.17	27.34	41.89	15.20	1.75	0.66	38.18	63.11	50.45	434.27
	Ölçülen	2.35	1.51	2.50	5.00	1.01	0.26	2.23	4.31	0.14	1.13	1.23	2.33	24.01
	Model	3.54	5.10	15.52	19.73	0.64	0.99	0.65	0.00	0.00	1.00	2.72	5.27	55.16
1993	Yağış	68.96	90.03	68.91	39.92	75.98	10.87	2.81	0.14	2.90	9.32	76.50	88.46	534.80
	Ölçülen	2.70	8.37	15.48	8.29	5.78	1.77	6.74	6.34	0.83	0.23	1.25	3.46	61.25
	Model	14.98	26.55	16.02	3.59	4.57	0.05	0.00	0.00	0.01	0.02	6.15	13.52	85.46
1994	Yağış	66.45	77.92	78.68	43.59	46.56	17.57	4.55	0.48	1.94	51.99	94.93	78.16	562.82
	Ölçülen	3.70	4.98	5.51	5.33	1.89	0.14	6.22	2.28	0.01	0.85	1.12	3.89	35.92
	Model	9.56	11.73	21.36	3.61	8.63	0.29	0.00	0.00	0.00	2.13	23.93	14.96	96.20

Çizelge 4.11 (devam) : Gediz havzası ölçülen ve tahmin edilen aylık akım değerleri.

Yıl	(mm)	OCA	ŞUB	MAR	NIS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL	EKI	KAS	ARA	Toplam (mm)
1995	Yağış	119.03	30.21	150.68	76.27	40.01	15.78	19.00	9.31	25.29	21.94	104.90	72.23	684.65
	Ölçülen	20.28	4.58	15.80	19.63	4.92	0.14	8.10	9.80	2.31	0.07	1.47	4.17	91.26
	Model	24.09	5.17	41.55	15.34	7.87	0.12	0.11	0.01	0.41	0.08	9.17	18.81	122.73
1996	Yağış	35.62	101.22	84.59	54.15	29.93	6.69	2.14	0.38	116.07	18.44	46.81	110.09	606.13
	Ölçülen	3.95	18.32	10.85	12.27	3.57	0.93	8.64	9.48	2.31	1.09	3.61	6.42	81.43
	Model	2.09	24.80	13.19	7.89	0.19	0.01	0.00	0.00	7.70	0.07	5.27	19.78	80.99
1997	Yağış	43.12	36.18	97.25	104.43	20.42	43.34	16.21	37.24	6.99	111.54	44.37	178.73	739.82
	Ölçülen	9.70	2.60	5.97	18.81	4.75	1.27	9.95	8.92	1.51	1.33	1.91	5.31	72.03
	Model	9.24	3.36	30.99	19.29	1.38	11.16	0.30	0.63	0.06	23.89	3.02	56.32	159.64

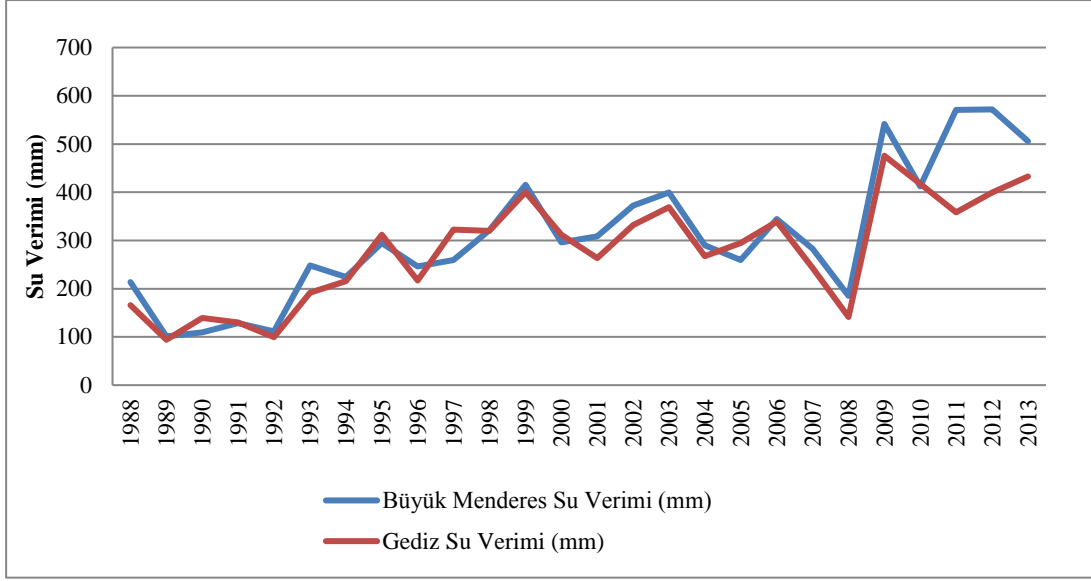
Modelin tahmin ettiği yıllık ortalama akım Büyük Menderes havzası için 120.28 mm, Gediz havzası için ise 117.94 mm'dir. Ölçülen gerçek akım değerleri yıllık ortalaması ise Büyük Menderes havzası için 128.34 mm iken Gediz havzası için 68.61 mm'dir. Model Büyük Menderes havzası için ölçülen değerlerin altında tahmin yaparken, Gediz havzası için ölçülen değerlerin üstünde tahmin yapmıştır.

Havzalarda önemli miktarda yağışlar Aralık, Ocak ve Şubat aylarında görölmektedir. Gediz Havzası'nda yağışlar büyük oranda yağmur şeklinde olmaktadır. Gediz havzası ölçülen ortalama yıllık yağışlarına bakıldığında ortalama 603 mm iken Büyük Menderes havzası yıllık ortalaması 664 mm'dir (Yıldız ve diğ., 2007). Model için sağlanan CFRS meteoroloji verilerine bakıldığında Gediz havzası yıllık ortalama yağış miktarı 629.59 mm, Büyük Menderes havzası 663.23 mm'dir.

Modelin kalibrasyonu konusunda SWAT-CUP (SWAT Calibration Uncertainty Programs) yazılımı büyük kolaylık sağlamaktadır. Yapılan değerlendirmede, Yeniden Analiz İklim Tahmin Sistemi (YAİTS) kullanılarak elde edilen meteorolojik verilerde oluşan sapmaların model tarafından hesaplanan akım verilerinde sapmalara neden olduğu görölmekle birlikte daha etkili olan önemli parametrenin eğri numarası ve eğri numarasına ilişkin diğer parametreler olduğu görölmüştür. Eğri numarası ve eğri numarasına ilişkin parametrelerin seçiminde en önemli etken toprak gruplarıdır. Model tarafından HB'lerin belirlenmesinde önemli bir girdi olduğu yukarıdaki bölümlerde de belirtilen FAO-UNESCO toprak verilerinin daha detay seviyede olmasının önemlidir.

Yüksek akım verisini kalibre etmek için bir diğer önemli parametre de toprak kullanılabilir su tutma kapasitesidir. Toprak tarafından tutulabilen su miktarına kullanılabilir su tutma kapasitesi adı verilmektedir. Bu parametrenin yüksek seçilmesi akım değerlerinin yüksek olmasına sebep olur.

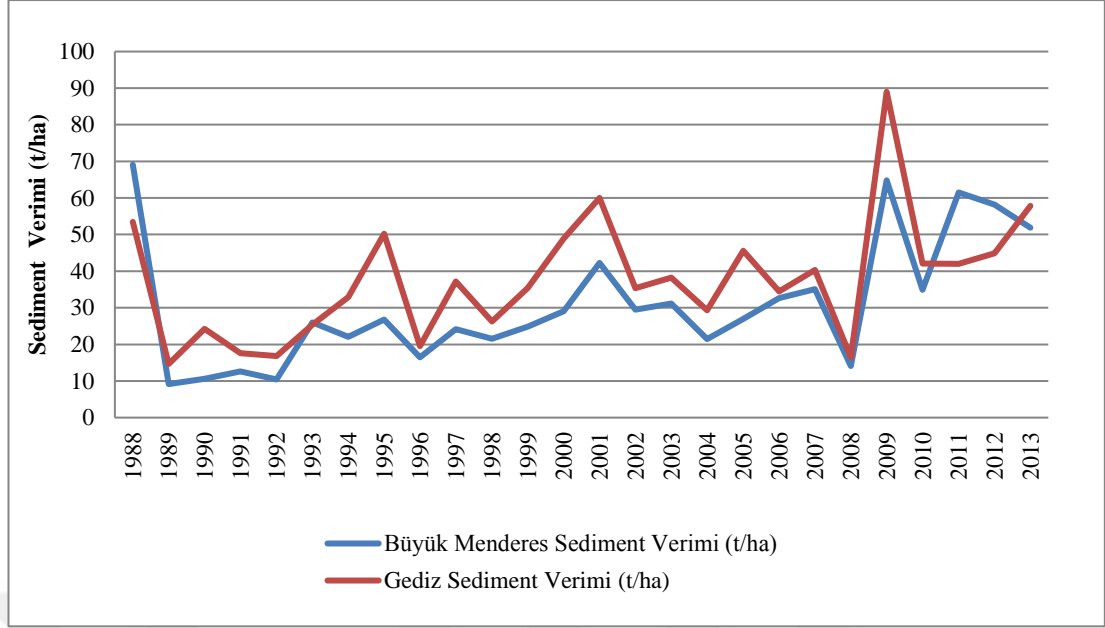
Modelin 26 yıllık periyot için çalıştırılması sonucu havzalar için elde edilen su verimleri grafiği Şekil 4.15'de verilmiştir. Su verimi havzaya düşen yağıştan kayıpların çıkartılması ile hesaplanmaktadır. Su verimi ve akımı etkileyen en önemli parametre SCS eğri numarasıdır. Bunun dışında toprak su tutma kapasitesi ve hidrolik geçirgenlik de akım ve su verimi üzerinde etkilidir. Dolayısıyla da havza toprak verilerinin doğru tespiti gerek akım gerekse model su verimi hesabında önemli verilerdir.



Şekil 4.15 : Büyük Menderes ve Gediz havzaları için elde edilen su verimi.

Model sonuçlarına bakıldığında her iki havza toprak profilindeki su tutma miktarı hemen hemen aynıdır. Ancak Gediz havzasında sızma ve yer altı suyunun akışa katkısı Büyük Menderes'e göre daha düşük hesaplanmıştır. Büyük Menderes havzasında buharlaşma Gediz'e göre daha yüksek hesaplanmıştır. Havzalara su verimi açısından bakıldığında Büyük Menderes havzası su verimi Gediz'e göre daha yüksek hesaplanmıştır.

Model sonucu elde edilen önemli verilerden biri de havzalar için bulunan sediment verimi değerleridir. Sediment verimi belirli bir zaman süresinde bir noktadan geçen toplam sediment akımını ifade eder. Modelde ton/ha/yıl şeklinde ölçülmektedir. Havzalar sediment verimi açısından değerlendirildiğinde, Gediz havzası sediment veriminin Büyük Menderes'e göre daha yüksek değerler aldığı Şekil 4.16'de verilmiştir.



Şekil 4.16 : Büyük Menderes ve Gediz havzaları için tahmin edilen sediment verimi. Çalışma kapsamında Gediz havzası sediment verimi Büyük Menderes'e göre daha yüksek hesaplanmıştır.

Debi değerleri yatay eksen ve o debiye tekabül eden sediment yükü değerleri düşey eksende noktalanırsa, bu noktaların belirlediği eğri ile sediment anahtar eğrileri elde edilir. Her istasyon için oluşturulan bu eğrilerden her yıl için taşınan sediment miktarları (ton/yıl) elde edilir. Bu sonuçlardan yararlanılarak, her istasyonun havzasının birim alanından gelen havza sediment verimi değerleri (ton/yıl/km²) hesaplanır (Alışık, 1995; DSİ, 2007; Vanoni, 1977).

25 akarsu havzasının tek tek yağış alanlarının girilmesiyle, toplam 766.878 km² lik Türkiye alanından taşınan süspansediment miktarı 182.661.885 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre, Türkiye havzalarının ağırlıklı ortalama süspansediment verimi 238 ton/yıl/km² olmaktadır (Ur1-3). Gediz havzasında işletilen 3 adet sediment ölçümlü akım gözlem istasyonundan derlenen verilere göre havzanın ortalama sediment verimi 70 ton/km²/yıl civarında olup, en fazla sediment taşınımı Gördes Çayı-Daribükü istasyonunu besleyen alanda 123 ton/yıl/km² olarak gözlenmektedir (Gediz Havzası Nihai Rapor). 1967 yılından bu yana askıda katı maddenin ölçümü yapılmakta olan ve Büyük Menderes nehri üzerindeki 701 no'lu Çine çayı Kayırlı istasyonu ortalama sediment dağılımı % 50,4 kum, % 49,6'da kil ve silt şeklindedir. Bu istasyonda ölçülen ortalama yıllık sediment miktarı 26.663 ton ve km² başına yılda

taşınan sediment miktarı da 28 ton'dur (EİE, 2006). Model tarafından tahmin edilen sediment verimleri ölçülen değerlerden yüksektir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında Büyük Menderes ve Gediz havzaları için Akarsu Hiyerarşisi, Çatallanma Oranı, Ortalama Yüzeysel Akış Uzunluğu, Ana Kanal Uzunluğu, Kanal İndeksi, Vadi İndeksi, Hidrolik Kıvrımlılık İndeksi, Topografik Kıvrımlılık İndeksi, Standart Kıvrımlılık İndeksi, Havza alanı, Havza uzunluğu, Havza çevresi, Form faktör, Dairesellik oranı, Uzama oranı, Tekstür oranı, Akarsu sıklığı, Drenaj Yoğunluğu, Havza Rölyef değeri, Engebellik Değeri, Dere Eğimi, Hipsometrik İndeks gibi çeşitli morfometrik parametreler hesaplanmıştır. Hesaplanan söz konusu parametreler doğrultusunda belirtilen havzalar için morfolojik değerlendirmeler yapılmış, bu değerlendirmelerin gerçekleşme durumu model yardımı ile denenmiştir. Belirlenen morofometrik parametreler doğrultusunda yapılan hidrolojik çıkarımlar aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

- Havzalar için drenaj yoğunluğu parametresi, havzaya ilişkin özelliklerin ve önemli hidrolojik değerlendirmelerin yapılabilmesi için büyük öneme sahiptir. Bir akarsu havzasında drenaj yoğunluğunun düşük olması, havzanın iyi bir sızma özelliğine sahip olduğunu göstermekle birlikte bunu sağlayan bitki örtüsü hakkında da öngörüle bulunabilmemizi de sağlamaktadır. Bu bağlamda, Büyük Menderes havzası ve Gediz havzaları drenaj yoğunluğu parametresi açısından değerlendirildiğinde üçüncü bölümde Çizelge 3.3’de de verilen drenaj yoğunluğu değerinin Büyük Menderes havzasında daha düşük olduğu belirlenmiştir. Büyük Menderes havzasının Gediz havzasına göre daha iyi sızma özelliği gösterdiği ve Gediz havzası konsantrasyon zamanınının Büyük Menderes havzasına göre daha kısa olduğu hesaplanmıştır.
- Havzalar, akarsu sıklığı parametresi açısından değerlendirildiğinde, Çizelge 3.3’de Gediz havzasının Büyük Menderes havzasına göre daha yüksek akarsu sıklığı değerine sahip olduğu hesaplanmıştır. Akarsu sıklığı parametresinin yüksek değer alması zeminin geçirgen olmadığını ifade etmekte olup Gediz Havzası zeminininin Büyük Menderese göre daha az geçirgen olduğu sonucu elde edilmiştir. Bu durum drenaj yoğunluğu parametresini de doğrular niteliktedir.

- Bu durumda Gediz havzasında ani pik akımları daha fazla beklenmesine yol açmaktadır. Ancak akarsu sıklığı değeri her iki havza için de düşük hesaplanmıştır.
- Özellikle toplanma zamanı ve havzalara ait taşkın hidrografının şeklini etkileyen önemli alansal morfolojik parametreler arasında yer alan havza şekli parametresidir. Havza şeklinin dar ve uzun olması, toplanma süresinin daha uzun olmasını dolayısıyla da daha düşük akımların oluşmasını ifade eder. Dairesel görünüme yakın havzalarda ise toplanma zamanı daha kısa olmakla birlikte kısa sürede yüksek akımlar oluşmaktadır. Söz konusu parametre havza alanının havza uzunluğunun karesine bölünmesi ile elde edilmektedir. Her iki havza için hesaplanan havza şekli parametre değeri Çizelge 3.3’de verilmiştir. Seçilen her iki havza bu açıdan incelendiğinde hem Büyük Menderes hem de Gediz havzasının dar ve uzun havzalar olduğu, havzalarda uzun sürede daha düz pik akımlar oluşacağı sonucuna ulaşılmıştır.
- Havzalar çatallanma oranlarına göre değerlendirildiğinde her iki havzada da çatllanma oranlarının 3 ve altı seyretmesi, ortalama çatallanma oranlarının da Büyük Menderes için 2.06 ve Gediz havzası için 2.082 olması her iki havzada da ani pik akımlarının oluşumu ihtimalinin yüksek olduğunu gösterir. Oluşan taşkın kısa sürede sönümlenmeyecektir. Ancak havzaların şekil itibari ile dar ve uzun havzalar olmaları akım toplanma süresinin uzamasına dolayısıyla da keskin pik akımların oluşumu oranını düşürür.
- Önemli bir diğer parametre de tekstür oranı morfolojik parametresi olup litolojik yapı ve arazi özelliklerinden etkilenen bir parametredir. Morfolojik parametrelerin detaylı olarak incelendiği üçüncü bölümde de ifade edildiği gibi oranın yüksek olması yüksek rölyef, dik yamaçlar ve düşük geçirgenliği ifade etmektedir. Tekstür oranı, havza akarsu ağının birinci dizininde bulunan akarsu kol sayısının, havza çevresine oranlanması ile elde edilmektedir. Kanalların birbirine yakınlığını tanımlayan bir orandır. Çalışma kapsamında seçilen her iki havza tekstür oranı açısından değerlendirildiğinde Çizelge 3.3’de de görüldüğü üzere tekstür parametre değerinin Gediz havzasında daha yüksek olduğu ve Büyük Menderes havzasına göre daha az geçirgen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Rölyef morfolojik parametreleri arasında yer alan, havza rölyefi ve drenaj yoğunluğunun çarpımı ile elde edilen havza engebelilik değeri parametresi

değerlendirildiğinde ise parametrenin yüksek değerler alması pik akımlarda artışı işaret eder. Seçilen havzalar için engebelilik değeri incelendiğinde (Çizelge 3.6) Gediz havzası engebelilik değerinin Büyük Menderes havzasına göre daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Bu parametreye bakılarak Gediz havzasında pik akımların oluşma olasılığının ve erozyon oluşumunun daha yüksek olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

- Akarsu eğimi açısından Büyük Menderes ve Gediz havzaları incelendiğinde (Çizelge 3.9) eğimin Büyük Menderes havzasında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Eğimin artması, suyun akış hızının artmasını ifade etmekte olup Büyük Menderes havzasında suyun daha yüksek hıza sahip olacağı sonucuna ulaşılmıştır.
- Çalışma kapsamında havzalar için toplam kıvrımlılık indeksinin hesaplanmasına ilişkin detaylar üçüncü bölümde açıklanmıştır. Kıvrımlılık indeksi değeri akarsuyun menderes karakteristiği gösterip göstermediği hakkında bilgi vermektedir. Havzaya ilişkin diğer önemli parametreler de hidrolojik kıvrımlılık indeksi ve topografik kıvrımlılık indeksidir. Havzanın gençlik veya olgunluk evrelerinde olup olmadığı ve buna bağlı olarak da mendereslenme karakteristiği gösterip göstermediği bu parametreler yardımıyla anlaşılmaktadır. Büyük Menderes nehri için parametreler hesaplandığında, kanal indeksi mendereslenme göstermekte olup standart kıvrımlılık indeksi ise kıvrımlı bir yapıyı işaret etmektedir. Ayrıca topografik kıvrımlılık indeksinin yüzde 100'den uzaklaşmış olduğu, etkisini tam olarak olmasa da hidrolojik etkenlere bırakmaya başladığı görülmektedir. Bu bağlamda, Büyük Menderes nehri için yaptığımız parametre hesaplarından havzanın bu bölümünde yapının olgunluk evresinin başında, hidrolojik ve topografik faktörlerin her ikisinin de etkili olduğu, menderes yapısının görüldüğü tespit edilmiştir.

Gediz havzası için ise topografik özelliklerin etkisinin, gerek topografik kıvrımlılık indeksi gerekse standart kıvrımlılık indeksinden eğim ve bakı gibi topografik özelliklerin etkisinin havza hidrolojik karakteristiği üzerinde daha fazla etkisi olduğu görülmektedir. Bu durumda nehir uzunluğu ile vadi uzunluğu hemen hemen birbirine eşit ve Gediz havzası Büyük Menderes havzasına göre daha olgundur.

- Havzaların hipsometrik analiz sonuçlarına göre üçüncü bölümde Şekil 3.7’de de verildiği üzere Gediz havzasının olgun dönemde, Büyük Menderes havzasının ise genç evreden olgun evreye geçmekte olduğu sonuçları elde edilmiştir. Bu durumda Gediz havzası için akım gücünün azaldığı ve taşkın oluşturan akımın sönümlenmesinin uzun zaman alacağı, suyun akış hızının daha düşük olması sebebiyle de sediment taşınımının düşük olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Büyük Menderes havzasında ise daha genç bir yapının olması sebebiyle kinetik enerjinin daha yüksek olacağı ve suyun hızının daha yüksek olması dolayısıyla dar ve derin vadi oluşumu ile sediment taşınımının daha yüksek olacağı sonucu elde edilmiştir. Büyük Menderes havzasında yüksek akımlar oluşsa da daha kısa sürede sönümlenecektir. Özetle, Gediz havzasında suyun daha düşük hızla hareket edeceği, havzada daha düşük akımlar oluşsa da akışın taşkın oluşturma potansiyelinin daha yüksek olacağı hesaplanmıştır.
- Havzalar dairesellik oranlarına göre değerlendirildiğinde her iki havza da daha uzun ve dolayısıyla da suyun hızlı drene olduğu, suyun toprakta tutulmasının daha az oranda olmasının beklendiği havzalar olarak elde edilmişlerdir.

Seçilen 10 yıllık periyot için modelin tahmin ettiği yıllık ortalama akım değeri Büyük Menderes havzası için 85.77 mm, Gediz havzası için ise 84.72 mm hesaplanmıştır. Ölçülen gerçek akım değerleri yıllık ortalaması ise Büyük Menderes havzası için 128.34 mm iken Gediz havzası için 68.61 mm ölçülmüştür. Model, Büyük Menderes havzası için ölçülenden düşük tahminler üretmiştir. Gediz havzası akım değerleri tahmin sonuçları ise gözlenen akım değerlerinden yüksek hesaplanmıştır. Akım değerlerinin doğru tespit edilmesi için en önemli parametre eğri numarasının doğru belirlenmesidir. Bu da doğru toprak verileri ile belirlenmektedir. Bu çalışma kapsamında morfolojik analizlerin yapılması ve modelin çalıştırılması için gerekli olan veriler ile temin edildikleri kaynaklardan yukarıdaki bölümlerde detaylı bir şekilde bahsedilmiştir. Özellikle çalışmada modele önemli bir girdi teşkil eden toprak haritaları için FAO tarafından yayınlanan toprak verileri kullanılmıştır. Günümüze kadar Türkiye’nin bazı bölge ve bölümleri için yapılan, ancak yaygın olmayan detaylı toprak etüt çalışmaları dikkate alınmazsa, ülke genelinde yapılan sadece ön etüt (yoklama) çalışmaları mevcuttur. Türkiye topraklarının toprak sınıflaması haritası, ilk kez 1943 yılında ders aracı olarak kullanılmak amacıyla yapılmıştır. Ülke düzeyinde ilk toprak etütleri, Tarım Bakanlığınca 1952–54 yılları arasında yapılmış ve 1954 yılında

1/800.000 ölçekli “Türkiye Umumi Toprak Haritası” yayınlanmıştır. Bu hususta sadece mülga TOPRAKSU Genel Müdürlüğünce 1966–1971 yıllarında yapılan ve 1982–1984 yılları arasında güncelleştirilmiş olan bu çalışmaların akabinde daha geniş ölçekte bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Topraklar hakkındaki bilgilerin artması; toprak sınıflandırma sistemlerinin geliştirilmesini ve yeni değişikliklerin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Ülkemizde yeni bir sınıflandırma sistemi geliştirme ya da uluslararası geçerliliği olan mevcut sistemlere geçme konusundaki arayışlar devam etmektedir (DPT, 2012; Erpul ve diğ. 2014). Bu bağlamda SWAT modelinin ihtiyaç duyduğu format mevcut verilerden karşılanamamıştır. Şu an dağınık bir şekilde çalışmaların yapıldığı görülmekle birlikte, ülkemizin de uluslararası düzeyde birçok gelişmiş ülkede kullanılmakta olan morfo-genetik toprak sınıflandırma sistemlerine (FAO/UNESCO gibi) göre toprak haritalarını üretmesi ayrıca SOTER (Soil and Terrain Database ,Toprak ve Arazi Veri Tabanı) programı gibi uygulamaların ülkemizde de uygulanmasının yapılan bilimsel araştırmaların güvenilirliğini de artıracaktır.

Havzalarda su tutma yapısına bakıldığında Gediz havzasında toplam akışın % 15.74’ünün toprak tarafından tutulurken, Büyük Menderes havzasında % 14.86’sı tutulmaktadır. Toprak su tutma potansiyeli Gediz havzasında daha yüksek tahmin edilmiştir.

Yine Gediz havzasında toplam yağışın % 23.33’ü toprak alt katmanlarına sızarken, Büyük Menderes havzasında toplam yağışın % 25.20’si sızmıştır. Gediz havzasında yıllık ortalama 146.28 mm suyun topraktan sızdığı tahmin edilirken, model tahminine göre Büyük Menderes havzasında 168.83 mm yağışın sızdığı hesaplanmıştır. Büyük Menderes havzasında yıllık ortalama 38.89 mm yüzeyaltı akışı görülürken, Gediz havzasında yıllık ortalama 30.24 mm yüzeyaltı akışı olduğu tahmin edilmiştir. Model, havzalar yıllık ortalama sediment verimlerine bakıldığında Büyük Menderes havzası için 31.442 ton/ha, Gediz havzası için yıllık ortalama 37.444 ton/ha sediment verimi tahmin edilmiştir. Akım dışında model, sediment verimini de ölçülen değerlerin üstünde tahmin etmiştir. Akarsular ile taşınan sediment özellikle barajlar için büyük tehdit oluşturmakta ve tahmini de bu açıdan önem arz eder. Sediment verimini etkileyen en önemli parametre toprağın erozyona karşı duyarlılığını ifade eden toprak koruma faktörü P faktörü değeridir. SWAT modelinde varsayılan olarak 1 alınmaktadır. Değerlendirilen sediment verimleri USLE_P değerinin 1 olduğu

durumda hesaplanan değerlerdir. P değeri ne kadar yüksekse havzada erozyona karşı onlemlerin de o kadar düşük olduğu anlaşılmaktadır. SWAT modelinde de P değeri uygun bir şekilde kalibre edilerek ölçülen değerlere yakın sediment verimi elde edilmektedir.

Sonuç olarak; bu bölümde açıklanan yazılım kapsamında kullanılan verilerden de anlaşıldığı üzere model, gerek dosya sistemi altında oluşturduğu Access veritabanı gerekse ASCII ve metin dosyaları ile gerekli verileri dağınık ve hibrid bir yapıda saklamaktadır. Model verileri dosya sisteminde saklandığı için özellikle büyük havzalarda çalışılırken dosya sisteminde yeterli disk alanın bulunması, projelere isim verilirken 8 karakterden uzun olmaması gibi uyarılara dikkat edilmesi gerekmektedir. Access veritabanı kabiliyetlerinin sınırlı olması özellikle büyük havzalarda coğrafi veriler oluşturulurken sorunlar yaşanmasına neden olabilmektedir. Bu dağınık yapı verilere yazılım dışında ulaşımı zorlaştırsa da modelin açık olması ve gerekli temel veriler sağlandığında hidrolojik simülasyonların kolayca yapılabilmesi önemli avantaj sağlar.

Çalışmada kullanılan modelin her ne kadar büyük havzalar için uygun olduğu yönünde açıklamalar olsa da modelin çalıştırılması ile oluşturulan HB'lerin MS Access veritabanında geometrik alanların hesaplanması ile yaratılması ve HB'lerin toprak, arazi kullanım ve eğim verilerinin kombinasyonu ile oluşturulması sebepleri ile çok büyük kombinasyonlar modelin geometrik birimleri hesaplamasında sorunlara sebep olmuştur. Küçük havzalarda ve althavza bazında detay seviyede toprak ve arazi kullanım verileri kullanılarak modeli çalıştırmanın daha doğru hesaplamalar retilereği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Connell, P.E., Rasmussen, J.** (1986). An introduction to the European Hydrological System, Systeme Hydrologique Europeen SHE. *1. History and philosophy of a physically based distributed modelling system* , Volume 87, Issues 1–2, p. 45-59, p.61-77.
- Alışık, A.** (1995). *Sediment taşınımı ve ölçüm metotları*. Ankara: EİE Hidrolik Etütler Dairesi Sediment Etütleri Şubesi Müdürlüğü.
- Altın, T.B., Altın, B.N.** (2011). Drainage Morphometry and its Influence on Landforms in Volcanic Terrain, Central Anatolia, Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 19, p.732-740. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811013073>
- Anderson, M.G., Burt, T.P.** (1978). The Role of Topography in Controlling Throughflow Generation. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 3, p. 331-344.
- Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R., Haney, E.B., Neitsch, S.L.** (2012). *SWAT Input/Output Documentation, Version 2012*. Retrieved December 10, 2016, from <http://swat.tamu.edu/media/69296/SWAT-IO-Documentation-2012.pdf>.
- Arnold, J.G., Williams J.R., Maidment D.R.** (1995). Continuous-Time Water and Sediment-Routing Model for Large Basins. *Journal of Hydraulic Engineering* , Vol. 121 (Issue 2), p. 171-183.
- Babar, Md.** (2005). *Hydrogeomorphology: Fundamentals, Applications and Techniques*. New Delhi: New India Publishing Agency.
- Bayazıt, M.** (2013). *Hidroloji*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Beven, K.J., Kirkby, M.J.** (1979). A Physically Based Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin* , Vol. 24, p. 43-69.
- Bilen, Ö.** (2008). *Türkiye'nin Su Gündemi, Su Yönetimi ve AB Su Politikaları*. Ankara: Umut Tanı Sağlık Matbaa Turizm İnş. San. ve Tic. A.Ş.
- Bishop, V., Prosser, R.** (2001). *Water Resources: Process and Management*. Collins Educational.
- Burnash, R.J.C., Ferral R.L., McGuire, R.A.** (March 1973). *A Generalized Streamflow Simulation System: Conceptual Modeling for Digital Computers*. U.S. Department of Commerce, National Weather Service and State of California, Dept. of Water Resources.

- Carlston, C.W.** (1963). Drainage Density and Streamflow. (1963). *US Geological Survey Numbered Series* , p. C1-C8.
- Carson, M.A., Petley, D.J.** (March 1970). The existence of threshold hillslopes in the denudation of the landscape. *Transactions of the Institute of British Geographers* , No. 49, p. 71–95.
- Chorley, R.J., Schumm, S.A., Sugden, D.E.** (1985). *Geomorphology*. London: Routledge Kegan & Paul.
- Cohen, S. Z., Eiden, C., Lorber, M.N.** (1986). Evaluation of Pesticides in Ground Water. In W. R. Garner (Ed.), *Monitoring Ground Water for Pesticides* (pp. 170–196).
- Crawford, N.H., Linsley, R.K.** (1966). *Digital Simulation in Hydrology: Stanford Watershed Model IV Technical Report No. 39*. Department of Civil Engineering, Stanford University.
- Davis, W.M.** (1909). *Geographical Essays*. (D. W. Johnson, Ed.) Boston: Published by Ginn.
- Davis, W.M.** (1913). Meandering Valleys and Underfit Rivers. *Annals of the Association of American Geographers* , Vol. 3, pp. 3–28.
- Davis, W.M.** (1899). The Geographical Cycle. *The Geographical Journal* , Vol. 14, p. 481-504.
- Dingman, S.L.** (1978). Drainage Density and Streamflow: A Closer Look. *Water Resources Research* , Volume 15 (No. 6), p. 1183-1187.
- Dizdar, M.Y.** (2003). *Erozyon ve Toprak Koruma Terimleri Sözlüğü*. Ankara: TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Teknik Yayınlar Dizisi.
- Doğan, O.** (2012). *Türkiye Toprak Haritalama. ANKARA : Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü* [PowerPoint slides]. Erişim: 28.11.2016, <<http://www.cem.gov.tr/>>.
- DPT (Devlet Planlama Teşkilatı).** (2012). Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018), Tarım Arazilerinin Sürdürülebilir Kullanımı Çalışma Grubu Taslak Raporu. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.
- DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü).** (2007). *Sediment Transport Technology, Post Graduate Course Book*. Ankara: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Matbaası.
- Dunne, T.R.** (1970). Partial-area contributions to storm runoff in a small New England watershed. *Water Resources Research* , Vol. 6 (No. 5), p. 1296-1311.
- EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi).** (2006). *Türkiye Sularında Süspanse Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınımı*. Ankara: EİE Matbaası.
- Erol, O.** (1993). Ayrıntılı Jeomorfoloji Haritaları Çizim Yöntemi. (Sayı:10), 19-38.
- Erpul, G., Madenoğlu S., Deviren Saygın S.** (2014). Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu: Mevcut Durum Analizi. *Verim dergisi* (37), s. 18-24.
- Eze, E.B., Efiog, J.** (2010). Morphometric Parameters of the Calabar River Basin: Implication for Hydrologic Processes. *Journal of Geography and Geology* , Vol. 2 (No. 1), p.18-22.

- Foster, G.R., Ferreira V.A.** (1981). Deposition in Uniform Grade Terrace Channels. In *Crop Production With Conservation in the 80's* (pp. 185-197). St. Joseph, Michigan: ASAE.
- 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. *Vol. 50* (4), 1211-1250.
- Ghosh, S. M.** (2012). Hydrogeomorphic Significance of Sinuosity Index in relation to River Instability: A Case Study of Damodar River, West Bengal, India. *International Journal of Advances in earth Sciences* , *Vol. 1, Issue 2*, p. 49-57.
- Goudie, A.** (2014). *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge; Reprint Edition.
- Green, W.H., Ampt, G.A.** (1911). Studies on Soil Physics, Part 1, The Flow of Air and Water Through Soils. *Journal of Agricultural Sciences* , *Vol. 4*, p. 1-24.
- Gregory, K.J.** (1976). Drainage networks and climate. In E. Derbyshire (Ed.), *Geomorphology and Climate* (pp. 289 –315). New York: Wiley.
- Gregory, K.J.** (1997). An Introduction to The Fluvial Geomorphology of Britain. In *Fluvial Geomorphology of Great Britain* (pp. 1-18). Netherlands: Springer.
- Gregory, K.J., Walling, D.E.** (1973). *Drainage Basins Forms and Processes: A Geomorphological Approach*. New York: Wiley.
- Hack, J.T., Goodlett J.C.** (1960). Geomorphology and forest ecology of mountain region in the central Appalachians. *Geological Survey Professional Paper 347* .
- Hargreaves, G.H.** (1975). Moisture availability and Crop Production. *Transactions of the ASAE* , *Vol. 18* (No.5), p. 980-984.
- Hewlett, J.D., Hibbert, A.R.** (1967). Factors Affecting the Response of Small Watersheds to Precipitation in Humid Areas. (L. H. W.E., Ed.) *Forest Hydrology* , p. 275–290.
- Horton, R.** (1932). Drainage Basin Characteristics. *American Geophysical Union* , *Vol. 13*, p. 350-361.
- Horton, R.** (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin* , *Vol. 56*, p. 275-370.
- Kaya, Ş., Tuysuz, O.** (2015). Using Digital Elevation Model and Remotely Sensed Data in Determining the Geomorphological and Morphometric Features: Gaziköy-Saros Region, Northwestern Turkey. *International Journal of Environment and Geoinformatics* , *Vol. 2* (No. 2).
- Keller, E.A., Pinter, N.** (1996). *Active Tectonics : Earthquakes, Uplift, and Landscape, Upper Saddle River*. NJ: Prentice Hall.
- Kirkby, M.J., Chorley, R.J.** (1967). Throughflow, Overland Flow and Erosion. *Hydrological Sciences Journal* , *Vol. 12* (Issue 3), p. 5-21.

- Knisel, W.** (1980). *CREAMS, A Field Scale Model for Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems*. Dept. of Agriculture, Science and Education Administration.
- Leavesley, G.H., Lichty, R.W., Troutman, B.M., Saindon, L.G.** (1983). *Precipitation-Runoff Modeling System-User's Manual*. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report 83-4238.
- Leonard, R.A., Knisel W.G., Still, D.A.** (1987). GLEAMS: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems. *Transactions of the ASAE*, Vol. 30 (No: 5), p. 1403-1418.
- Leopold, L.B., Langbein, W.B.** (1962). The Concept of Entropy in Landscape Evolution. *U.S. Geological Survey Professional Paper 500-A*, p. 1-20.
- Mark, D.M.** (1975). Geomorphometric Parameters: A Review and Evaluation. *Geographical Annals*, Vol. 57 (No. 3-4), p. 165-177.
- Marti, L.R., DeKanel, J., Dougherty, R.C.** (1984). Screening for Organic Contamination of Groundwater: Ethylene Dibromide in Georgia Irrigation Wells. *Journal of Environmental Science*, Vol. 18 (No. 12), p. 973-974.
- Matsuda, I.** (2004). River morphology and channel processes, in Fresh Surface Water. (J. C. Dooge, Ed.) *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Vol. 1, p. 299-310.
- Mein, R.G., Larson, C.L.** (1973). Modeling Infiltration During a Steady Rain. *Water Resources Research*, Vol. 9 (No. 2), p. 384-394.
- Metcalf and Eddy, Inc. University of Florida, and Water Resources Engineers, Inc.** (1971). *Storm Water Management Model Volume I, Final Report*. Environmental Protection Agency, Water Quality Office.
- Miller, V.C.** (1953). *A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee Technical Report*. New York: Department of Geology, Columbia University.
- Monteith, J.L.** (1965). Evaporation and Environment. (G. Fogg, Ed.) *The State and Movement of Water in Living Organism* (19th Symposium of the Society for Experimental Biology), p. 205-234.
- Morris, E.M.** (1980). Forecasting Flood Flows in Grassy and Forested Basins Using a Deterministic Distributed Mathematical Model. *Hydrological forecasting* (no. 129), p. 247-255.
- Mueller, J.E.** (1968). An Introduction to the Hydraulic and Topographic Sinuosity Indexes. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 58 (No. 2), p. 371-385.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R.** (2011). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2005*. Texas: Grassland, Soil and Water Research Laboratory-Agricultural Research Service Blackland Research Center-Texas Agrilife Research Service.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R.** (2011). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009*. Texas:

Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service, Texas A&M University System AgriLife Research.

- Niemann, J.D.** (1997). *Channel Network Growth and River Basin Morphology (Thesis M.S.)*. Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering.
- Ozdemir, H., Bird, D.** (2009). Evaluation of Morphometric Parameters of Drainage Networks Derived from Topographic Maps and DEM in Point of Floods. *Environmental Geology*, Vol. 56 (Issue 7), p. 1405–1415.
- Pareta, K.P.** (2012). Quantitative Geomorphological Analysis of a Watershed of Ravi River Basin H.P. India. *International Journal of Remote Sensing and GIS*, Vol. 1 (Issue 1), p. 47-62.
- Parveen, R., Kumar, U., Singh, V.** (2012). Geomorphometric Characterization of Upper South Koel Basin, Jharkhand: A Remote Sensing & GIS Approach. *Journal of Water Resource and Protection*, Vol. 4 (No. 12), p. 1042-1050.
- Penman, H.L.** (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society A, Mathematical and Physical Sciences*, Vol. 193 (No. 1032), p. 120-145.
- Penman, H.L.** (1956). Evaporation an Introductory Survey. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Vol. 4, p. 9-29.
- Priestley, C.T.** (1972). On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Division of Atmospheric Physics, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Aspendale, Victoria, Australia*, Vol. 100 (No. 2), p. 81-92.
- Quantitative Geomorphology of Some Watersheds in the Appalachian Plateau.** (1962). *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 73 (p. 1025-1046).
- Rao, N.K., Latha, S.P., Kumar, A.P., Krishna, H.M.** (2010). Morphometric analysis of Gostani river basin in Andhra Pradesh State, India Using Spatial Information Technology. *International Journal of Geomatics and Geosciences, Research Article*, Vol. 1 (No: 2), p. 179-187.
- Ritchie, J.** (1972). A Model for Predicting Evaporation from A Row Crop with Incomplete Cover. *Water resources research*, vol. 8 (Issue 5), p. 1204-1213.
- Rockwood, D.** (1982). Theory and Practice of the SSARR Model as Related to Analyzing and Forecasting the Response of Hydrologic Systems. (V.P.Singh, Ed.) *Applied Modeling in Catchment Hydrology*, p. 87-106.
- Sack, D.** (2002). The Educational Value of the History of Geomorphology. *Geomorphology*, Vol. 47 (No. 2), p. 313-323.
- Scheidegger, A.E.** (1968). Horton's Law of Stream Numbers. *Water Resources Research*, Vol. 4 (No. 3), p. 655-658.
- Scheidegger, A.E.** (1973). Hydrogeomorphology. *Journal of Hydrology*, Vol. 20 (Issue 3), p. 193-215.

- Schumm, S.A.** (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin* , vol. 67 (issue 5), p. 597-646.
- Sear, D.A., Newson M.D., Thorne, C.R.** (2003). *Guidebook of Applied Fluvial Geomorphology R&D Technical Report FD1914*. Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme.
- Shreve, R.** (1966). Stochastic Branching Processes and the Law of Stream Orders. *Journal of Geology* , Vol. 74, p. 17-37.
- Shreve, R.** (1967). Infinite Topologically Random Channel Networks. *Journal of Geology* , Vol. 75 (No. 2), p. 178-186.
- Sidle, R.O.** (2004). Hydrogeomorphology: Overview of an Emerging Science. *Hydrological Processes* , Vol. 18 (Issue 4), p. 597-602.
- Singh, P., Thakur, J.K., Singh, U.C.** (2013). Morphometric analysis of Morar River Basin, Madhya Pradesh, India, Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Environmental Earth Sciences* , Vol. 68 (Issue 7), p. 1967-1977.
- Singh, S.** (1981). Estimation of Drainage Density. *National Geographers* , Vol. 16 (No. 2), p. 81-89.
- Sivakumar, V., Biju, C., Deshmukh, B.** (2011). Hypsometric Analysis of Varattaru River Basin of Harur Taluk, Dharmapuri Districts, Tamilnadu, India using Geomatics Technology. *International Journal of Geomatics and Geosciences* , Vol. 2 (No. 1), p. 241-247.
- Smith, K.G.** (1950). Standards for Grading Texture of Erosional Topography. *American Journal of Science* , Vol. 248, p. 655-668.
- Strahler, A.** (1952). Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. *Geological Society of America Bulletin* , Vol. 63, p. 1117-1142.
- Strahler, A.** (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions American Geophysical Union*, Vol. 38 (No. 6), p. 913-920.
- Strahler, A.N.** (1958). Dimensional analysis applied to fluvially dissected landforms. *Geol. Soc. America Bull.* , Vol. 69, p. 279-300.
- Strahler, A.** (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Network. In *Handbook of Applied Hydrology* (pp. 4-76). New York: McGraw-Hill.
- Toprak Kaynakları için Dünya Referans Sistemi.** (2007). FAO-Dünya Toprak Kaynakları Raporu No:103, WRB 2007 (Çeviri), Uluslararası Toprak Sınıflandırma, İlişkilendirme ve İletişim için Uygulama Dökümanı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, FAO, IUSS, EC-JRC. Erişim: 28.11.2016, <<http://www.fao.org/3/a-a0510o.pdf>>.
- Toprak Tanımlama Kılavuzu.** (2013). Uluslararası Sınıflandırma, İlişkilendirme ve İletişim için Bir Çerçeve. İçinde H.E. Erdoğan (Çevirmen ve Editör), Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, FAO /IUSS /ISRIC. Erişim: 28.11.2016,

<http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/soils/imgs/soil_classification/Guidelines_Turkish.pdf>.

- Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat.** (2008). T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara, Erişim: 02.12.2016, <<http://www.tarim.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniFlamasiStandartlariTeknikTalimativeIlgiliMevzuat.pdf>>.
- Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023).** (2014). T. C. Resmi Gazete, 2014/11, 4 Temmuz 2014.
- USDA Soil Conservation Service.** (1972). Chapters 4-10. *National Engineering Handbook Section 4 Hydrology*. Washington: USDA.
- Vanoni, V.** (1977). *Sedimentation engineering*. New York: American Society of Civil Engineers, Manuals and Reports on Engineering Practice.
- Verstappen, H.T.** (1983). *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development*. Amsterdam: Elsevier Science Ltd.
- Vogel, R.M.** (2011). Hydromorphology. *Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 137* (Issue 2), p. 147-149.
- Williams, J. N.** (1985). Simulator for Water Resources in Rural Basins. *Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 111* (Issue 6), p. 970-986.
- Williams, J.** (1990). The Erosion-Productivity Impact Calculator (EPIC) Model: A Case History. *Philosophical Transactions: Biological Sciences, Vol. 329* (No. 1255), p. 421-428.
- Wilson, J.S.** (2012). Morphometric Analysis of Major Sub-Watersheds in Aiyar & Karai Pottanar Basin, Central Tamil Nadu, India Using Remote Sensing & GIS Techniques. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science, Vol. 2* (Special Issue 1), p. 8-15.
- Winchell, M., Srinivasan, R., Luzio, M.D., Arnold, J.** (2010). *ArcSWAT Interface for SWAT2009 User's Guide*. August, 2010. Retrieved from <http://swat.tamu.edu/documentation/>.
- Wischmeier, W.S.** (1965). *Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains*. Washington : Soil and Water Conservation Research Division, Agricultural Research Service, Agriculture Handbook No. 282.
- Wischmeier, W.S.** (1978). *Predicting Rainfall-erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Washington: Agriculture Handbook No. 537, USDA-ARS.
- Yıldız M., Özkaya M., Gürbüz A., Uçar İ.** (2007). Turkey Surface Water Potential and Its Change in Time. *Vol I*, pp. 127-139. Antalya: Republic of Turkey Ministry of Energy and Natural Resources General Directorate of State Hydraulic Works International Congress on River Basin Management.
- Zavoianu, I.** (1985). *Morphometry of Drainage Basins* (Vol. 20). Elsevier Science.

- Url-1** Havzalara Göre Yıllık Yeraltısuyu Potansiyeli, 2013-2014.
<<http://www.dsi.gov.tr/docs/resmi-i-statistikler/1-3-havzalara-gore-yillik-yeraltısuyu-potansiyeli-2013-2014.xlsx?sfvrsn=4>>, erişim tarihi 16.02.2016.
- Url-2** <<http://www.eea.europa.eu>>, erişim tarihi 02.10.2016.
- Url-3** Türkiye Akarsularında Suspense Sediment Gözlemleri (1999_2005).
<<http://www.eie.gov.tr>>, erişim tarihi 16.02.2016.
- Url-4** Havza Koruma Eylem Planları - Büyük Menderes Havzası, Tübitak MAM Çevre Enstitüsü (ÇE).
<http://www.cygm.gov.tr/CYGM/Files/Guncelbelgeler/HAVZA_FiNAL/Buyuk_Menderes/B.Menderes_Havzas%C4%B1.pdf>, erişim tarihi 30.11.2016.
- Url-5** Havza Koruma Eylem Planları - Gediz Havzası, Tübitak MAM Çevre Enstitüsü (ÇE).<<http://gediz.ormansu.gov.tr/gediz/Files/Gediz%20Havzas%C4%B1%20Nihai%20Raporu.pdf>>, erişim tarihi 30.11.2016.
- Url-6** <<http://gediz.ormansu.gov.tr/>>, erişim tarihi 16.02.2016.
- Url-7** <<http://gediz.ormansu.gov.tr/>>, erişim tarihi 01.02.2016.
- Url-8** <<http://globalweather.tamu.edu/>>, erişim tarihi 02.10.2016.
- Url-9** <<http://swat.tamu.edu/media/41586/wgen-excel.pdf>>, erişim tarihi 02.10.2016.
- Url-10** <<http://swat.tamu.edu/documentation/2012-io/>>, erişim tarihi 02.10.2016.
- Url-11** <<http://water.usgs.gov/edu/watercycle.html>>, erişim tarihi 02.10.2016.
- Url-12** <<http://hydrosheds.cr.usgs.gov/web>>, erişim tarihi 02.10.2016.
- Url-13** <<http://water.usgs.gov/edu/watercyclturkish.html>>, erişim tarihi 02.10.2016.

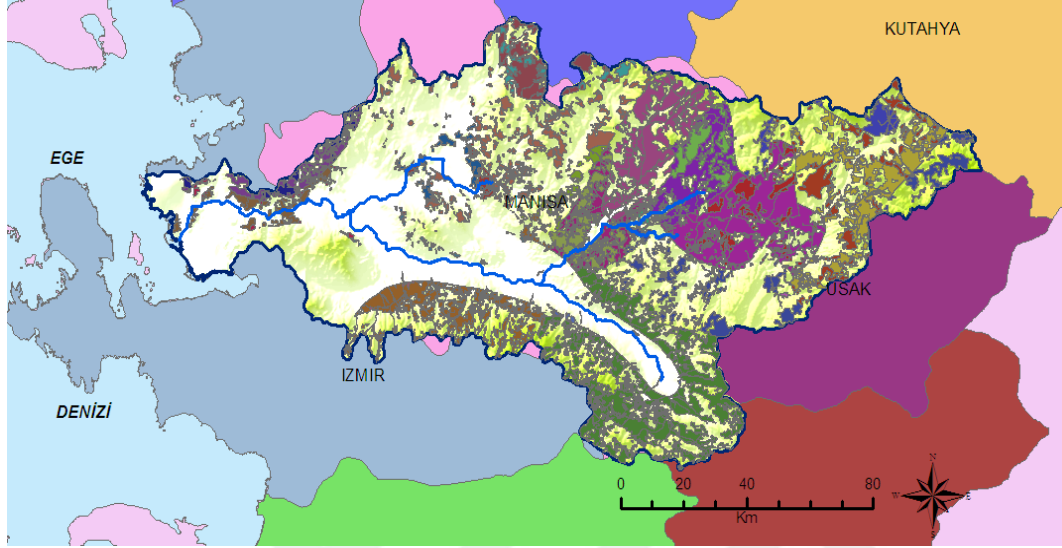
EKLER

Ek A: Harita ve Lejantlar

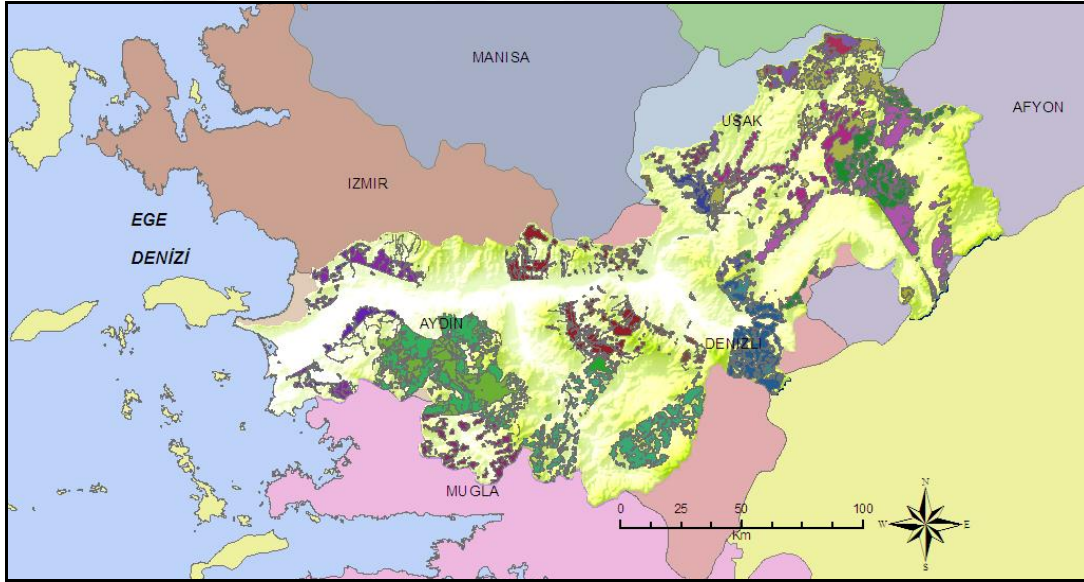
Ek B: Çizelgeler



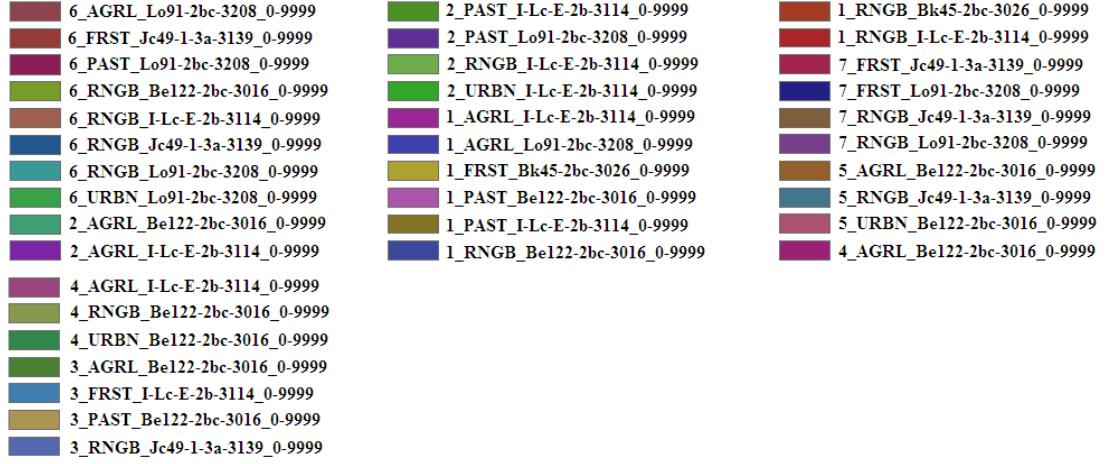
EK A



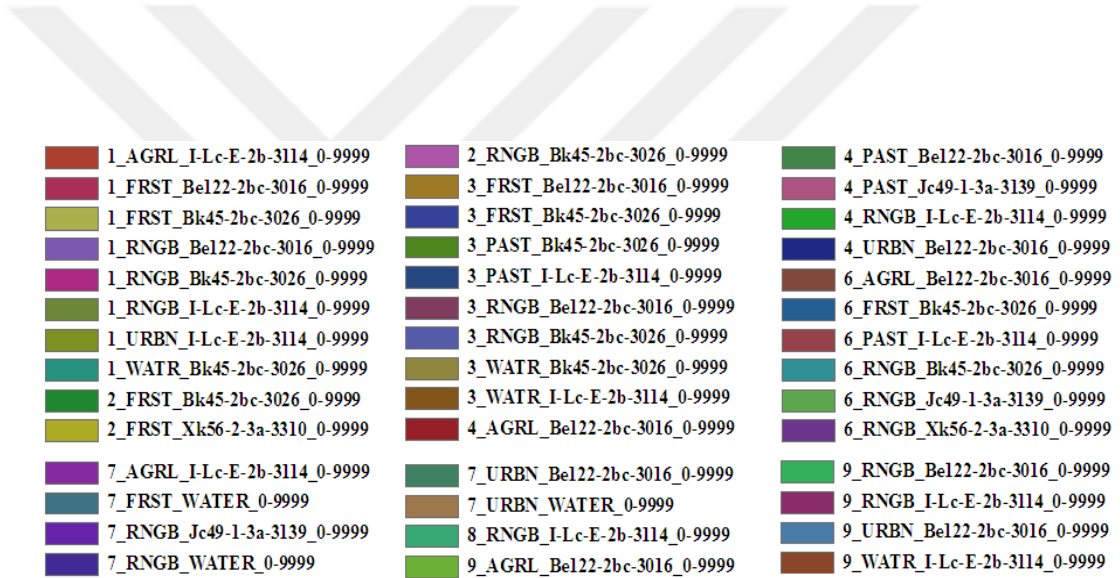
Şekil A.1 : Gediz Havzası ortalama eğimin 19-29 m aralığında olduğu toprak ve arazi kullanım verileri sınıflandırması.



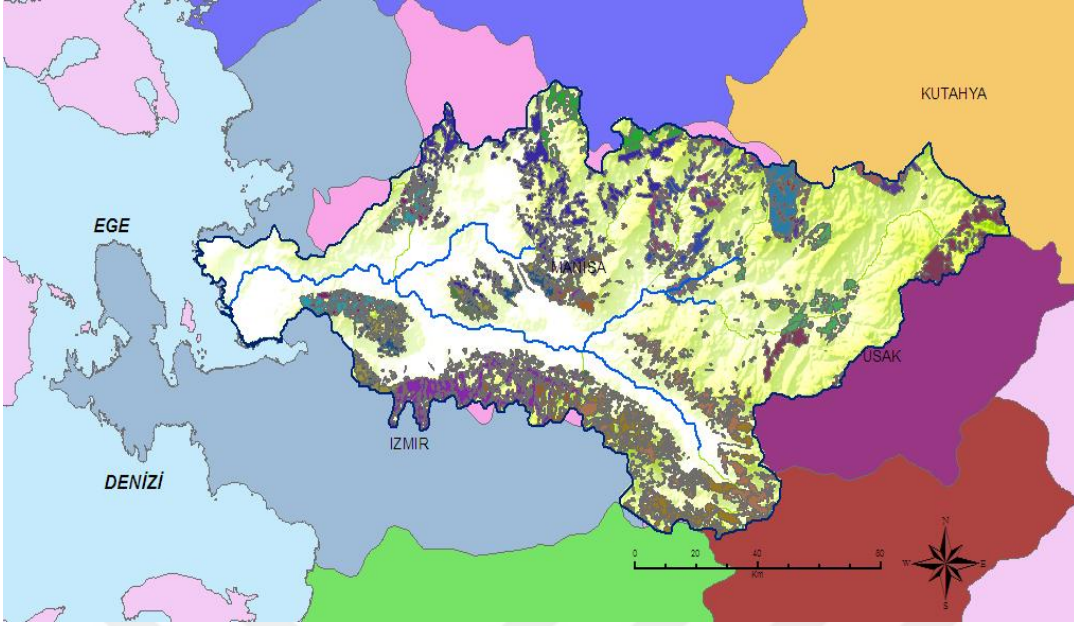
Şekil A.2 : Büyük Menderes havzası ortalama eğimin 19-29 m aralığında olduğu toprak ve arazi kullanım verileri sınıflandırması.



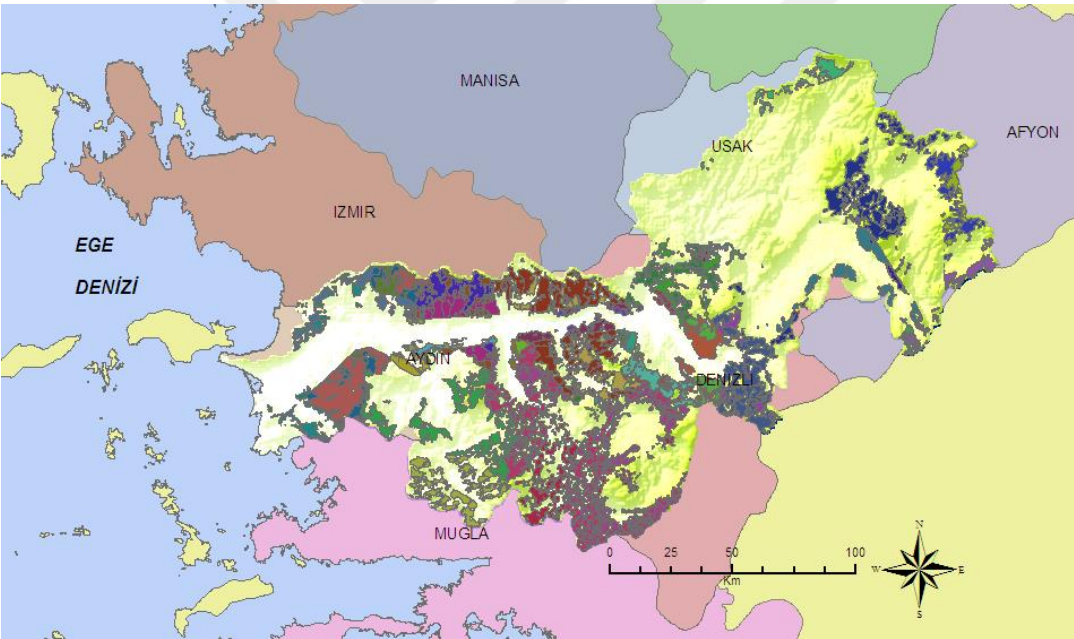
Şekil A.3 : Gediz Havzası ortalama eğimin 19-29 m aralığında olduğu toprak ve arazi kullanım verileri sınıflandırması lejantı.



Şekil A.4 : Büyük Menderes Havzası ortalama eğimin 19-29 m aralığında olduğu toprak ve arazi kullanım verileri sınıflandırması lejantı.



Şekil A.5 : Gediz Havzası için ortalama eğimin 29 metreden büyük değerler aldığındaki durumda toprak ve arazi kullanım verileri sınıflandırması.



Şekil A.6 : Büyük Menderes Havzası için ortalama eğimin 29 metreden büyük değerler aldığındaki durumda toprak ve arazi kullanım verileri sınıflandırması.

6_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999	7_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
6_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	7_RNGB_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
6_FRST_Lo91-2bc-3208_0-9999	5_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999
2_AGRL_Lo91-2bc-3208_0-9999	5_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
2_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999	5_FRST_Jc49-1-3a-3139_0-9999
2_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	5_RNGB_Bel122-2bc-3016_0-9999
2_FRST_Lo91-2bc-3208_0-9999	5_RNGB_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
2_RNGB_Bel122-2bc-3016_0-9999	4_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999
2_RNGB_Lo91-2bc-3208_0-9999	4_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
2_URBN_Lo91-2bc-3208_0-9999	4_RNGB_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
1_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999	3_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999
1_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	3_FRST_Jc49-1-3a-3139_0-9999
1_FRST_Lo91-2bc-3208_0-9999	3_RNGB_Bel122-2bc-3016_0-9999
1_RNGB_Lo91-2bc-3208_0-9999	3_RNGB_I-Lc-E-2b-3114_0-9999

Şekil A.7 : Gediz Havzası için ortalama eğimin 29 metre ve üstü değerler aldığı durumda toprak ve arazi kullanım verileri sınıflandırması lejant.

1_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999	3_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	4_URBN_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
1_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	3_RNGB_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	4_WATR_Bel122-2bc-3016_0-9999
1_WATR_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	3_RNGB_Jc49-1-3a-3139_0-9999	5_AGRL_Bel122-2bc-3016_0-9999
2_FRST_Bk45-2bc-3026_0-9999	3_WATR_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	5_AGRL_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
2_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	4_AGRL_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	5_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999
2_FRST_Jc49-1-3a-3139_0-9999	4_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999	5_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
2_FRST_XI24-2bc-3320_0-9999	4_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	5_FRST_Jc49-1-3a-3139_0-9999
2_RNGB_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	4_FRST_Jc49-1-3a-3139_0-9999	5_RNGB_Bel122-2bc-3016_0-9999
2_RNGB_Jc49-1-3a-3139_0-9999	4_RNGB_Bel122-2bc-3016_0-9999	5_RNGB_I-Lc-E-2b-3114_0-9999
2_RNGB_XI24-2bc-3320_0-9999	4_RNGB_Jc49-1-3a-3139_0-9999	5_RNGB_Jc49-1-3a-3139_0-9999
5_URBN_Bel122-2bc-3016_0-9999	7_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	9_RNGB_Jc49-1-3a-3139_0-9999
5_URBN_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	7_FRST_Jc49-1-3a-3139_0-9999	
6_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999	7_RNGB_Bel122-2bc-3016_0-9999	
6_FRST_Bk45-2bc-3026_0-9999	7_RNGB_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	
6_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	8_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999	
6_FRST_Xk56-2-3a-3310_0-9999	8_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	
6_PAST_Bel122-2bc-3016_0-9999	8_FRST_Jc49-1-3a-3139_0-9999	
6_RNGB_Bel122-2bc-3016_0-9999	8_RNGB_Bel122-2bc-3016_0-9999	
6_RNGB_Bk45-2bc-3026_0-9999	8_RNGB_Jc49-1-3a-3139_0-9999	
6_RNGB_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	9_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999	
7_AGRL_Bel122-2bc-3016_0-9999	9_FRST_I-Lc-E-2b-3114_0-9999	
7_FRST_Bel122-2bc-3016_0-9999	9_FRST_Jc49-1-3a-3139_0-9999	

Şekil A.8 : Büyük Menderes Havzası için ortalama eğimin 29 metre ve üstü değerler aldığı durumda toprak ve arazi kullanım verileri sınıflandırması lejant.

EK B**Çizelge B.1 : Büyük Menderes havzası için model yazılımı kullanılarak oluşturulan Hidrolojik Birimler tablo gösterimi.**

Hidrolojik Birim No	Althavza No	Arazi Kullanımı Türü	Toprak Adı - Hidrolojik Grubu	Alan (km ²)	Ortalama Eğim (m)
1	1	Otlak-Çalılık	Eutric Cambisol	113.96	26.69
2	1	Tarım Arazisi	Eutric Cambisol	91.61	14.85
3	1	Şehirleşme	Eutric Cambisol	3.99	6.67
4	1	Karışık Orman	Eutric Cambisol	117.29	29.65
5	1	Karışık Orman	Calcic Cambisol	578.33	25.20
6	1	Otlak-Çalılık	Calcic Cambisol	453.36	22.81
7	1	Tarım Arazisi	Calcic Cambisol	1976.54	9.32
8	1	Şehirleşme	Calcic Cambisol	70.84	6.52
9	1	Sulak Alan	Calcic Cambisol	3.47	24.26
10	1	Otlak	Calcic Cambisol	26.11	9.98
11	2	Tarım Arazisi	Calcic Cambisol	1651.75	10.75
12	2	Otlak-Çalılık	Calcic Cambisol	798.04	25.67
13	2	Şehirleşme	Calcic Cambisol	49.19	8.89
14	2	Karışık Orman	Calcic Cambisol	537.84	29.36
15	2	Otlak-Çalılık	Luvic Xerosols	178.96	30.23
16	2	Tarım Arazisi	Luvic Xerosols	362.04	16.44
17	2	Karışık Orman	Luvic Xerosols	91.30	32.52
18	2	Şehirleşme	Luvic Xerosols	8.31	10.04
19	2	Sulak Alan	Luvic Xerosols	0.64	12.45
20	2	Sulak Alan	Calcic Cambisol	16.35	2.65
21	2	Otlak	Calcic Cambisol	23.71	3.04
22	2	Otlak	Luvic Xerosols	5.98	7.24
23	3	Karışık Orman	Eutric Cambisol	36.36	28.81
24	3	Otlak-Çalılık	Eutric Cambisol	80.56	23.90
25	3	Tarım Arazisi	Eutric Cambisol	253.96	13.99
26	3	Şehirleşme	Eutric Cambisol	8.49	10.38
27	3	Sulak Alan	Eutric Cambisol	1.49	7.56
28	3	Otlak	Eutric Cambisol	0.79	9.43
29	3	Tarım Arazisi	Calcic Cambisol	262.57	12.27
30	3	Şehirleşme	Calcic Cambisol	4.90	10.82
31	3	Otlak-Çalılık	Calcic Cambisol	73.21	22.48
32	3	Karışık Orman	Calcic Cambisol	102.35	24.89
33	3	Otlak	Calcic Cambisol	3.65	22.59
34	2	Tarım Arazisi	Calcic Fluvisol	819.70	4.44

Çizelge B.1 (devam) : Büyük Menderes havzası için model yazılımı kullanılarak oluşturulan Hidrolojik Birimler tablo gösterimi.

Hidrolojik Birim No	Althavza No	Arazi Kullanımı Türü	Toprak Adı - Hidrolojik Grubu	Alan (km ²)	Ortalama Eğim (m)
35	2	Şehirleşme	Calcaric Fluvisol	22.66	5.96
36	2	Otlak	Calcaric Fluvisol	36.37	2.12
37	2	Karışık Orman	Calcaric Fluvisol	25.21	37.45
38	2	Otlak-Çalılık	Calcaric Fluvisol	200.06	32.64
39	2	Tarım Arazisi	Lithosol	167.64	16.07
40	3	Tarım Arazisi	Lithosol	434.13	12.20
41	3	Şehirleşme	Lithosol	9.23	12.70
42	2	Otlak-Çalılık	Lithosol	104.35	30.68
43	3	Otlak-Çalılık	Lithosol	149.89	30.50
44	2	Sulak Alan	Calcaric Fluvisol	72.80	0.85
45	3	Karışık Orman	Lithosol	210.33	34.27
46	3	Sulak Alan	Calcic Cambisol	0.06	27.39
47	2	Şehirleşme	Lithosol	5.73	7.99
48	2	Karışık Orman	Lithosol	48.88	31.11
49	2	Sulak Alan	Lithosol	10.98	7.87
50	3	Sulak Alan	Lithosol	9.38	29.83
51	1	Karışık Orman	Lithosol	0.62	41.00
52	1	Otlak-Çalılık	Lithosol	0.01	23.48
53	1	Tarım Arazisi	Lithosol	0.97	28.43
54	1	Sulak Alan	Lithosol	0.31	32.37
55	1	Şehirleşme	Lithosol	0.02	28.50
56	4	Tarım Arazisi	Eutric Cambisol	480.43	27.96
57	4	Otlak-Çalılık	Eutric Cambisol	252.89	36.76
58	4	Karışık Orman	Eutric Cambisol	712.12	41.08
59	7	Tarım Arazisi	Eutric Cambisol	115.38	39.24
60	7	Karışık Orman	Eutric Cambisol	167.60	39.60
61	7	Şehirleşme	Eutric Cambisol	11.51	24.76
62	7	Tarım Arazisi	Lithosol	270.78	25.52
63	7	Otlak-Çalılık	Eutric Cambisol	432.99	34.33
64	7	Karışık Orman	Lithosol	170.46	37.42
65	5	Otlak-Çalılık	Eutric Cambisol	117.48	41.08
66	3	Otlak	Lithosol	1.78	27.25
67	5	Karışık Orman	Eutric Cambisol	213.44	48.55
68	4	Şehirleşme	Eutric Cambisol	31.83	24.21
69	2	Otlak	Lithosol	1.09	2.78
70	5	Şehirleşme	Eutric Cambisol	10.12	35.26
71	5	Tarım Arazisi	Eutric Cambisol	243.82	39.82

Çizelge B.1 (devam) : Büyük Menderes havzası için model yazılımı kullanılarak oluşturulan Hidrolojik Birimler tablo gösterimi.

Hidrolojik Birim No	Althavza No	Arazi Kullanımı Türü	Toprak Adı - Hidrolojik Grubu	Alan (km ²)	Ortalama Eğim (m)
72	7	Şehirleşme	Lithosol	19.90	15.59
73	7	Otlak-Çalılık	Lithosol	120.29	32.28
74	2	Otlak-Çalılık	Calcic Xerosols	10.99	17.92
75	2	Tarım Arazisi	Calcic Xerosols	50.27	7.32
76	2	Otlak	Calcic Xerosols	5.26	6.05
77	2	Şehirleşme	Calcic Xerosols	1.58	4.94
78	3	Otlak-Çalılık	Calcaric Fluvisol	33.56	30.06
79	3	Tarım Arazisi	Calcaric Fluvisol	102.86	5.50
80	7	Otlak-Çalılık	Calcaric Fluvisol	100.71	28.81
81	7	Tarım Arazisi	Calcaric Fluvisol	721.36	4.89
82	7	Şehirleşme	Calcaric Fluvisol	47.55	5.56
83	3	Şehirleşme	Calcaric Fluvisol	4.66	5.55
84	4	Sulak Alan	Eutric Cambisol	0.54	32.88
85	7	Karışık Orman	Calcaric Fluvisol	33.97	30.45
86	4	Karışık Orman	Lithosol	18.61	34.90
87	4	Tarım Arazisi	Lithosol	59.44	30.18
88	4	Otlak-Çalılık	Lithosol	43.81	22.24
89	4	Karışık Orman	Calcaric Fluvisol	118.58	37.32
90	4	Tarım Arazisi	Calcaric Fluvisol	391.49	7.47
91	4	Otlak-Çalılık	Calcaric Fluvisol	48.67	32.45
92	5	Karışık Orman	Lithosol	11.59	53.30
93	4	Şehirleşme	Calcaric Fluvisol	32.24	6.72
94	5	Şehirleşme	Lithosol	0.78	41.78
95	4	Şehirleşme	Lithosol	0.50	31.62
96	6	Tarım Arazisi	Calcic Cambisol	260.99	13.65
97	4	Sulak Alan	Calcaric Fluvisol	0.95	6.51
98	5	Tarım Arazisi	Lithosol	3.75	43.07
99	6	Otlak-Çalılık	Calcic Cambisol	113.16	29.36
100	6	Şehirleşme	Calcic Cambisol	8.02	9.99
101	6	Tarım Arazisi	Lithosol	367.25	13.00
102	4	Otlak	Calcaric Fluvisol	5.04	23.21
103	6	Şehirleşme	Lithosol	57.79	7.81
104	6	Karışık Orman	Calcic Cambisol	415.23	29.79
105	3	Otlak	Calcaric Fluvisol	0.65	0.68
106	6	Karışık Orman	Lithosol	139.10	42.07
107	5	Otlak-Çalılık	Lithosol	2.22	52.57
108	5	Tarım Arazisi	Calcaric Fluvisol	387.12	7.11

Çizelge B.1 (devam) : Büyük Menderes havzası için model yazılımı kullanılarak oluşturulan Hidrolojik Birimler tablo gösterimi.

Hidrolojik Birim No	Althavza No	Arazi Kullanımı Türü	Toprak Adı - Hidrolojik Grubu	Alan (km ²)	Ortalama Eğim (m)
109	5	Şehirleşme	Calcaric Fluvisol	32.27	10.64
110	5	Otlak-Çalılık	Calcaric Fluvisol	39.96	31.29
111	6	Tarım Arazisi	Calcaric Fluvisol	101.03	3.03
112	6	Şehirleşme	Calcaric Fluvisol	3.63	5.78
113	5	Karışık Orman	Calcaric Fluvisol	32.52	38.77
114	6	Otlak-Çalılık	Lithosol	172.54	31.06
115	2	Karışık Orman	Calcic Xerosols	19.96	28.69
116	5	Sulak Alan	Calcaric Fluvisol	5.70	0.78
117	6	Otlak-Çalılık	Calcaric Fluvisol	3.50	20.30
118	7	Sulak Alan	Calcaric Fluvisol	7.36	0.96
119	8	Tarım Arazisi	Calcaric Fluvisol	68.42	6.09
120	8	Şehirleşme	Calcaric Fluvisol	4.41	14.04
121	8	Sulak Alan	Calcaric Fluvisol	1.77	1.25
122	8	Karışık Orman	Calcaric Fluvisol	22.25	36.81
123	8	Otlak-Çalılık	Calcaric Fluvisol	19.09	33.20
124	6	Otlak	Lithosol	2.31	23.98
125	4	Otlak	Lithosol	0.12	9.09
126	8	Karışık Orman	Eutric Cambisol	840.03	35.88
127	8	Tarım Arazisi	Eutric Cambisol	950.46	15.19
128	9	Tarım Arazisi	Calcaric Fluvisol	53.28	18.74
129	9	Şehirleşme	Calcaric Fluvisol	1.64	18.03
130	4	Otlak	Eutric Cambisol	6.36	22.80
131	9	Karışık Orman	Eutric Cambisol	471.56	32.52
132	9	Karışık Orman	Calcaric Fluvisol	12.04	38.38
133	9	Otlak-Çalılık	Eutric Cambisol	730.52	28.91
134	8	Otlak-Çalılık	Eutric Cambisol	650.33	30.60
135	9	Şehirleşme	Eutric Cambisol	59.32	19.46
136	8	Şehirleşme	Eutric Cambisol	42.33	13.31
137	9	Otlak-Çalılık	Calcaric Fluvisol	56.46	33.52
138	6	Tarım Arazisi	Eutric Cambisol	65.43	24.63
139	6	Karışık Orman	Eutric Cambisol	150.70	49.76
140	6	Şehirleşme	Eutric Cambisol	29.34	7.37
141	6	Otlak	Eutric Cambisol	0.69	36.65
142	9	Tarım Arazisi	Eutric Cambisol	604.58	19.07
143	6	Otlak-Çalılık	Eutric Cambisol	61.41	51.62
144	9	Sulak Alan	Eutric Cambisol	4.49	18.40
145	6	Otlak	Calcic Cambisol	23.83	5.94

Çizelge B.1 (devam) : Büyük Menderes havzası için model yazılımı kullanılarak oluşturulan Hidrolojik Birimler tablo gösterimi.

Hidrolojik Birim No	Alhavza No	Arazi Kullanımı Türü	Toprak Adı - Hidrolojik Grubu	Alan (km2)	Ortalama Eğim (m)
146	8	Sulak Alan	Eutric Cambisol	9.83	10.86
147	6	Sulak Alan	Calcic Cambisol	0.81	2.82
148	8	Otlak	Eutric Cambisol	9.72	8.62
149	7	Sulak Alan	Eutric Cambisol	2.65	0.68
150	7	Sulak Alan	Water	47.35	0.12
151	7	Sulak Alan	Lithosol	11.78	0.32
152	7	Karışık Orman	Water	7.42	19.94
153	8	Otlak-Çalılık	Lithosol	661.82	26.32
154	8	Tarım Arazisi	Lithosol	498.03	16.83
155	7	Otlak-Çalılık	Water	6.68	26.45
156	8	Şehirleşme	Lithosol	19.05	14.80
157	7	Tarım Arazisi	Water	1.91	13.85
158	8	Karışık Orman	Lithosol	346.19	34.67
159	6	Otlak-Çalılık	Calcic Xerosols	0.17	21.64
160	6	Karışık Orman	Calcic Xerosols	0.00	40.66
161	8	Otlak	Lithosol	8.16	14.32
162	7	Şehirleşme	Water	0.11	28.30
163	8	Sulak Alan	Lithosol	0.29	8.15
164	9	Otlak-Çalılık	Lithosol	225.93	28.07
165	9	Şehirleşme	Lithosol	47.98	13.34
166	9	Tarım Arazisi	Lithosol	211.00	13.01
167	9	Karışık Orman	Lithosol	296.85	31.56
168	9	Sulak Alan	Lithosol	0.57	23.90

Çizelge B.2 : Gediz havzası için model yazılımı kullanılarak oluşturulan Hidrolojik Birimlerin tablo gösterimi.

Hidrolojik Birim No	Althavza No	Arazi Türü	Kullanımı	Toprak Adı - Hidrolojik Grubu	Alan (km ²)	Ortalama Eğim (m)
1	6	Otlak-Çalılık		Luvisol	73.00	27.86
2	6	Karışık Orman		Luvisol	147.64	31.64
3	6	Tarım Arazisi		Luvisol	191.96	26.95
4	6	Şehirleşme		Luvisol	3.25	23.16
5	6	Otlak-Çalılık		Lithosol	384.17	27.29
6	6	Tarım Arazisi		Lithosol	1048.49	15.40
7	6	Karışık Orman		Lithosol	574.41	29.86
8	6	Şehirleşme		Lithosol	27.21	13.93
9	6	Otlak		Luvisol	0.24	27.72
10	6	Otlak		Lithosol	6.71	16.07
11	4	Otlak-Çalılık		Lithosol	183.29	29.25
12	4	Karışık Orman		Lithosol	123.39	29.91
13	4	Tarım Arazisi		Lithosol	514.08	23.75
14	4	Şehirleşme		Lithosol	10.50	17.99
15	4	Otlak		Lithosol	2.62	17.34
16	1	Otlak-Çalılık		Calcic Cambisol	243.12	24.10
17	1	Tarım Arazisi		Calcic Cambisol	786.85	16.69
18	1	Karışık Orman		Calcic Cambisol	483.30	27.97
19	1	Şehirleşme		Calcic Cambisol	29.22	15.45
20	6	Tarım Arazisi		Calcaric Fluvisol	543.07	4.15
21	1	Tarım Arazisi		Luvisol	107.01	20.72
22	6	Şehirleşme		Calcaric Fluvisol	33.45	2.80
23	1	Otlak-Çalılık		Luvisol	47.17	30.63
24	6	Karışık Orman		Calcaric Fluvisol	36.76	27.88
25	2	Tarım Arazisi		Luvisol	143.16	31.72
26	2	Karışık Orman		Luvisol	16.21	37.05
27	1	Karışık Orman		Luvisol	41.04	30.48
28	6	Otlak		Calcaric Fluvisol	9.21	2.58
29	4	Otlak-Çalılık		Luvisol	0.01	15.50
30	1	Şehirleşme		Luvisol	2.95	13.64
31	2	Otlak-Çalılık		Lithosol	156.89	28.94
32	2	Karışık Orman		Lithosol	53.72	33.01
33	2	Şehirleşme		Luvisol	0.67	29.81
34	2	Tarım Arazisi		Lithosol	338.43	20.84
35	7	Otlak-Çalılık		Lithosol	75.32	29.35

Çizelge B.2 (devam) : Gediz havzası için model yazılımı kullanılarak oluşturulan Hidrolojik Birimlerin tablo gösterimi.

Hidrolojik Birim No	Alhavza No	Arazi Türü	Kullanımı	Toprak Adı - Hidrolojik Grubu	Alan (km ²)	Ortalama Eğim (m)
36	7	Tarım Arazisi		Lithosol	150.78	18.43
37	7	Tarım Arazisi		Luvisol	84.85	18.97
38	7	Otlak-Çalılık		Luvisol	120.56	25.16
39	2	Otlak-Çalılık		Luvisol	22.21	32.78
40	7	Şehirleşme		Luvisol	3.17	10.82
41	7	Karışık Orman		Lithosol	163.13	32.62
42	7	Karışık Orman		Luvisol	59.72	28.37
43	7	Şehirleşme		Lithosol	5.55	15.96
44	2	Şehirleşme		Lithosol	1.57	23.99
45	6	Otlak-Çalılık		Calcaric Fluvisol	82.05	22.93
46	1	Sulak Alan		Calcic Cambisol	0.67	13.74
47	1	Karışık Orman		Eutric Cambisol	265.80	30.96
48	1	Otlak-Çalılık		Eutric Cambisol	354.27	27.83
49	1	Şehirleşme		Eutric Cambisol	12.78	13.90
50	1	Otlak		Calcic Cambisol	10.92	15.53
51	2	Otlak		Luvisol	2.42	26.55
52	2	Otlak		Lithosol	0.76	26.87
53	1	Otlak		Eutric Cambisol	6.39	21.05
54	1	Tarım Arazisi		Lithosol	723.71	19.58
55	1	Şehirleşme		Lithosol	7.96	16.47
56	1	Otlak-Çalılık		Lithosol	169.62	25.34
57	1	Tarım Arazisi		Eutric Cambisol	836.75	15.07
58	1	Otlak		Lithosol	11.99	20.25
59	6	Otlak-Çalılık		Eutric Cambisol	73.41	25.46
60	4	Tarım Arazisi		Eutric Cambisol	201.76	19.05
61	4	Otlak-Çalılık		Eutric Cambisol	223.34	28.01
62	6	Tarım Arazisi		Eutric Cambisol	117.00	17.92
63	4	Karışık Orman		Eutric Cambisol	8.95	32.00
64	6	Şehirleşme		Eutric Cambisol	0.95	16.30
65	1	Karışık Orman		Lithosol	177.63	29.15
66	4	Şehirleşme		Eutric Cambisol	2.57	20.67
67	6	Karışık Orman		Eutric Cambisol	34.58	33.62
68	7	Otlak-Çalılık		Calcaric Fluvisol	115.17	21.08
69	7	Tarım Arazisi		Calcaric Fluvisol	567.62	4.37
70	7	Şehirleşme		Calcaric Fluvisol	40.30	4.53

Çizelge B.2 (devam) : Gediz havzası için model yazılımı kullanılarak oluşturulan Hidrolojik Birimlerin tablo gösterimi.

Hidrolojik Birim No	Althavza No	Arazi Türü	Kullanımı	Toprak Adı - Hidrolojik Grubu	Alan (km ²)	Ortalama Eğim (m)
71	7	Karışık Orman		Calcaric Fluvisol	21.90	27.28
72	7	Otlak		Calcaric Fluvisol	9.17	1.04
73	5	Karışık Orman		Lithosol	145.23	36.13
74	5	Karışık Orman		Calcaric Fluvisol	35.79	29.58
75	5	Otlak-Çalılık		Calcaric Fluvisol	22.27	26.77
76	5	Otlak-Çalılık		Lithosol	139.78	30.19
77	5	Tarım Arazisi		Lithosol	339.39	12.16
78	5	Şehirleşme		Lithosol	19.33	6.69
79	5	Tarım Arazisi		Calcaric Fluvisol	850.28	4.55
80	5	Şehirleşme		Calcaric Fluvisol	37.55	4.43
81	2	Tarım Arazisi		Eutric Cambisol	14.53	23.82
82	4	Sulak Alan		Lithosol	9.93	2.34
83	2	Otlak-Çalılık		Eutric Cambisol	16.71	41.14
84	5	Tarım Arazisi		Eutric Cambisol	408.92	25.20
85	5	Karışık Orman		Eutric Cambisol	408.66	43.77
86	2	Karışık Orman		Eutric Cambisol	6.19	43.56
87	5	Otlak-Çalılık		Eutric Cambisol	162.54	40.17
88	5	Şehirleşme		Eutric Cambisol	10.32	19.12
89	4	Sulak Alan		Eutric Cambisol	38.48	3.91
90	7	Sulak Alan		Calcaric Fluvisol	1.55	1.00
91	5	Sulak Alan		Lithosol	41.21	0.73
92	5	Sulak Alan		Eutric Cambisol	0.00	5.84
93	5	Sulak Alan		Calcaric Fluvisol	22.71	0.71
94	5	Otlak		Lithosol	0.90	1.19
95	4	Tarım Arazisi		Calcaric Fluvisol	36.88	5.66
96	4	Şehirleşme		Calcaric Fluvisol	1.57	9.19
97	5	Otlak		Calcaric Fluvisol	4.60	3.27
98	4	Otlak-Çalılık		Calcaric Fluvisol	4.92	9.79
99	3	Tarım Arazisi		Eutric Cambisol	1032.40	26.30
100	3	Otlak-Çalılık		Eutric Cambisol	439.65	38.50
101	3	Karışık Orman		Eutric Cambisol	398.51	42.46
102	3	Şehirleşme		Eutric Cambisol	14.15	17.76
103	3	Tarım Arazisi		Calcaric Fluvisol	469.08	4.56
104	3	Şehirleşme		Calcaric Fluvisol	24.23	3.32
105	3	Otlak-Çalılık		Calcaric Fluvisol	20.76	27.85

Çizelge B.2 (devam) : Gediz havzası için model yazılımı kullanılarak oluşturulan Hidrolojik Birimlerin tablo gösterimi.

Hidrolojik Birim No	Althavza No	Arazi Türü	Kullanımı	Toprak Adı - Hidrolojik Grubu	Alan (km ²)	Ortalama Eğim (m)
106	5	Otlak		Eutric Cambisol	0.31	1.82
107	3	Otlak		Calcaric Fluvisol	3.68	1.66
108	3	Karışık Orman		Calcaric Fluvisol	4.88	43.57
109	1	Sulak Alan		Eutric Cambisol	1.20	8.95
110	3	Otlak		Eutric Cambisol	0.40	19.53
111	3	Sulak Alan		Eutric Cambisol	6.64	5.21
112	3	Tarım Arazisi		Lithosol	3.84	14.07
113	3	Şehirleşme		Lithosol	0.00	4.48
114	3	Karışık Orman		Lithosol	0.68	27.21
115	3	Otlak-Çalılık		Lithosol	2.63	31.93

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Arzu KÜTÜKCÜ
Doğum Tarihi ve Yeri : 1978, Samsun
E-posta : kutukcuarzu@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 1999, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
- **Yükseklisans** : 2010, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2000-2005 Genkur. Mubildeskom, Bilgisayar Mühendisi.
- 2005-2015 DSİ Genel Müdürlüğü, Bilgisayar Mühendisi.
- 2015- T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Kaya, S., **Kutukcu, A.**, 2016. Investigation Of Morphometric And Hydrological Characteristics Of A Water Basin Using Numerical Models, Fresenius Environmental Bulletin Journal.
- Kaya, S., **Kutukcu, A.**, 2015. Investigation of Morphometric and Hydrological Characteristics of Water Basins Using Gis Based Numerical Models, 18th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, September 26 to October 30, 2015, Crete – Greece (Poster Sunumu).
- **Kutukcu, A.**, Kaya, S., Kabdasli, S., Gazioglu, C., 2015. Nehir Havzalarının Morfolojik Karakteristiklerinin CBS Destekli Nümerik Modeller Kullanılarak Analizi, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB), Konya.

