

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİDROLOJİK MODELLEME İÇİN HAVZA PARAMETRELERİNİN COĞRAFI
BİLGİ SİSTEMLER İLE BELİRLENMESİ

ARMAN UÇAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN – 2018

Tezin Başlığı: Hidrolojik Modelleme için Havza Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemler ile Belirlenmesi

Tezi Hazırlayan: Arman UÇAR

Sınav Tarihi: 28.06.2018

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mahmut FIRAT

İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. M. Emin EMİROĞLU

Fırat Üniversitesi

Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN

İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum, “Hidrolojik Modelleme için Havza Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemler ile Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Arman UÇAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HİDROLOJİK MODELLEME İÇİN HAVZA PARAMETRELERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLER İLE BELİRLENMESİ

Arman UÇAR

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

100 + ix sayfa
2018

Danışman: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

Bazı akarsu havzalarında çeşitli sebeplerden dolayı akım ölçümü yapılamamakta ya da eksik ölçümler bulunabilmektedir. Akım ölçümü olmayan ya da akım verileri eksik olan havzalarda taşkın tahmini, hazne işletme çalışması, debi süreklilik eğrisi gibi analizler için ihtiyaç duyulan akım verilerinin tahmin edilmesinde çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada, akarsu havzalarında akış ve katı madde miktarı tahmin çalışmalarına altlık oluşturacak havza ve drenaj ağı parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) yaklaşımı ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu parametreler özellikle bölgesel tahmin modellerinin kurulmasında, benzer özelliğe sahip alt havzaların belirlenmesi ve hidrolojik verisi olmayan havzalarda tahmin çalışmaları için oldukça önemlidir. Bu amaçla Ceyhan Havzası uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanında gözlem değeri olan 25 adet ve gözlem değeri olmayan 33 adet alt havza belirlenmiştir. Bu alt havzalarda sayısal yüksek modeli (DEM) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla havzaya ait toplam 52 adet morfometrik, drenaj ve fiziksel parametreler otomatik olarak ve/veya hesap yoluyla belirlenmiştir. Gözlem değeri olan alt havzalar için hesaplanan parametreler ile akarsu akımları arasındaki ilişki grafiksel olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen çıktılar özellikle bundan sonraki tahmin çalışmalarına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Akarsu havzası, CBS, havza parametreleri, drenaj parametreleri

ABSTRACT

Msc Thesis

DETERMINATION OF BASIN PARAMETERS FOR HYDROLOGICAL MODELING WITH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

Arman Uçar

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

100 + ix pages

2018

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

Flow measurement may not be performed in some river basins due to various reasons or lack of measurements. Various methods are suggested to estimate flow data which needed for analyzes like estimating flood forecasting, reservoir management operation, flow duration curve etc. in gauged or ungauged basins. In this study, it is aimed to determine the basin and drainage network parameters by using Geographical Information Systems (GIS) approach which will be the basis for flow and solids estimation studies in river basins. These parameters are especially important for the establishment of regional prediction models, identification of sub-basins with similar characteristics, and estimation studies in basins which has no hydrological data. For this purpose, Ceyhan basin is chosen as the application area. 25 sub basins which has observation values and 33 sub basins which has no observation values determined in the application area. 52 morphometric, drainage and physical parameters of the basin were determined automatically and / or by calculation with the help of Digital Elevation Model (DEM) and Geographical Information Systems (GIS) in these basins. The relationship between the parameters which calculated for the sub-basins which has observation values and the stream currents was studied graphically. It is thought that the results obtained within the scope of the study will provide significant contributions especially to the estimation works.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinde değerli bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mahmut FIRAT' a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı arz ederim.

Yüksek Lisans tezinde kullanılan sayısal yükseklik modellerine altlık oluşturan verilerin temin edilmesinde destek olan Harita Genel Komutanlığı'na;

Tezin analiz kısmında desteklerinden dolayı Orman Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü 15. Bölge Müdürlüğü personeli Orman Yüksek Müh. Köksal MACAROĞLU'na;

Tez kapsamında kullanılan harita verilerinin temini noktasında desteklerinden Harita Genel Komutanlığı'na;

Ayrıca eğitim-öğretim hayatım boyunca bana her konuda destek veren çok kıymetli Ailem'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP 2015/75 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
3. HAVZA PARAMETRELERİ.....	10
4. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ.....	29
5. CBS İLE HAVZA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ: İŞLEM ADIMLARI.....	31
5.1. Verilerin Elde Edilmesi.....	31
5.2. ArcGIS Havza Karakteristiği Belirleme İşlem Adımları.....	33
6. HAVZA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ.....	43
7. SONUÇLAR.....	87
KAYNAKLAR.....	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1	Uygulama alanı.....	29
Şekil 5.1	DSİ havza veri tabanında Ceyhan Havzası genel görünümü (DSİ, 2017) ve CBS yazılımı görüntüsü.....	32
Şekil 5.2	Ceyhan Havzasında gözlem değeri olan AGİ genel görünümü...	33
Şekil 5.3	ArcGIS yazılımında TIN yapısının oluşturulması.....	34
Şekil 5.4	ArcGIS yazılımında DEM oluşturulması.....	34
Şekil 5.5	ArcGIS yazılımında Fill komutunun uygulanması.....	35
Şekil 5.6	Flow direction Menüsü.....	36
Şekil 5.7	Flow Accumulation Menüsü.....	36
Şekil 5.8	Con Menüsü.....	37
Şekil 5.9	Stream Order Menüsü.....	38
Şekil 5.10	Stream To Feature Menüsü.....	38
Şekil 5.11	Nokta atımı özet adımları.....	39
Şekil 5.12	Snap pour point menüsü.....	39
Şekil 5.13	Watershed Menüsü.....	40
Şekil 5.14	Raster to polygon menüsü.....	41
Şekil 5.15	Layer properties menüsü.....	41
Şekil 5.16	Clip menüsü.....	42
Şekil 5.17	ArcCIS yardımıyla elde edilen havza parametreler.....	42
Şekil 6.1	D20A005 AGİ İstasyonu Dem Haritası.....	44
Şekil 6.2	D20A005 AGİ Flow Direction Haritası.....	45
Şekil 6.3	D20A005 AGİ Flow Accumulation Haritası.....	46
Şekil 6.4	D20A005 AGİ Drenaj Alanı Haritası.....	47
Şekil 6.5	D20A005 AGİ Drenaj Ağı Haritası.....	48
Şekil 6.6	D20A005 AGİ Eğim Haritası.....	49
Şekil 6.7	Ceyhan Havzasında oluşturulan alt havzalar.....	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri.....	24
Çizelge 3.1	Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri (devam).....	25
Çizelge 3.1	Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri (devam).....	26
Çizelge 3.1	Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri (devam).....	27
Çizelge 3.1	Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri (devam).....	28
Çizelge 4.1	Çalışma alanında yer alan gözlem değeri olan AGİ'lere ait bilgiler.....	30
Çizelge 6.1	Gözlem değeri olan havzalara ait fiziksel parametreler.....	52
Çizelge 6.1	Gözlem değeri olan havzalara ait fiziksel parametreler (devam).....	53
Çizelge 6.2	Gözlem değeri olmayan havzalara ait fiziksel parametreler.....	54
Çizelge 6.2	Gözlem değeri olmayan havzalara ait fiziksel parametreler (devam).....	55
Çizelge 6.3	Gözlem değeri olan havzalarda akarsu mertebesi ve sayıları.....	58
Çizelge 6.4	Gözlem değeri olmayan havzalarda akarsu mertebesi ve sayıları.....	59
Çizelge 6.5	Gözlem değeri olan havzalara ait fiziksel parametreler.....	60
Çizelge 6.6	Gözlem değeri olmayan havzalara ait fiziksel parametreler.....	61
Çizelge 6.7	Gözlem değeri olan havzalara ait çatallanma oranı parametreleri.....	62

Çizelge 6.8	Gözlem değeri olmayan havzalara ait çatallanma oranı parametreleri.....	63
Çizelge 6.9	Gözlem değeri olan havzalara ait ortalama akarsu uzunluğu parametreleri.....	65
Çizelge 6.10	Gözlem değeri olmayan havzalara ait ortalama akarsu uzunluğu parametreleri.....	66
Çizelge 6.11	Gözlem değeri olan havzalara ait akarsu uzunluk oranı parametreleri.....	67
Çizelge 6.12	Gözlem değeri olmayan havzalara ait akarsu uzunluk oranı parametreleri.....	68
Çizelge 6.13	Gözlem değeri olan havzalara ait akarsu mertebe uzunluğu parametreleri.....	69
Çizelge 6.14	Gözlem değeri olmayan havzalara ait akarsu mertebe uzunluğu parametreleri.....	70
Çizelge 6.15	Gözlem değeri olan havzalara ait boyutsuz parametreler.....	71
Çizelge 6.15	Gözlem değeri olan havzalara ait boyutsuz parametreler (devam).....	72
Çizelge 6.16	Gözlem değeri olmayan havzalara ait boyutsuz parametreler.....	73
Çizelge 6.16	Gözlem değeri olmayan havzalara ait boyutsuz parametreler (devam).....	74
Çizelge 6.17	Gözlem değeri olan havzalara ait biçim katsayıları.....	78
Çizelge 6.18	Gözlem değeri olmayan havzalara ait biçim katsayıları.....	79
Çizelge 6.19	Gözlem değeri olan havzalara ait boyutsuz parametreler.....	82
Çizelge 6.20	Gözlem değeri olmayan havzalara ait boyutsuz parametreler.....	83
Çizelge 6.21	Gözlem değeri olan ve olmayan havzalara ait fiziksel parametreler.....	86

1.GİRİŞ

Akarsu havzalarında taşkın analizi, bölgesel taşkın analizlerinin gerçekleştirilmesi, kuraklık analizinin yapılması, gözlem değeri olmayan havzalarda akarsu debisinin tahmin edilmesi, katı madde analizinin gerçekleştirilmesi vb. diğer analizler için, bölgenin yapısını ve fiziksel özelliklerini temsil edecek verilerin elde edilmesi veya belli yazılımlar yardımıyla hesaplanması gerekmektedir. Özellikle bilgisayar teknolojisinin gelişimi ve buna bağlı olarak mühendislik alanında geliştirilen yazılımlar bu tür çalışmaların daha yaygın olarak yapılmasına imkân tanımaktadır.

Gözlem değeri olmayan akarsu havzalarında akımın ve/veya taşkın debisinin tahmin edilmesinde havza ve akarsu fiziksel özellikleri ve drenaj ağı karakteristikleri gibi havzaya ait değişkenler kullanılarak denklemler geliştirilmekte ve tahmin modelleri kurulmaktadır. Diğer taraftan gözlem değeri olan havzalara ait veriler kullanılarak geliştirilen bölgesel tahmin modelleri, gözlem değeri olmayan havzalarda havzaya ait fiziksel değişkenler kullanılarak akım veya taşkın frekans analizi için uygulanmaktadır. Bu modellerin doğruluğu, havzanın fiziksel yapısını temsil eden, sahada ölçülmüş veya hesaplanmış değişkenlere bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle analizlerde problemin yapısına uygun, ölçülebilir, problemle ilgili değişkenlerin belirlenmesi ve doğru bir şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir.

Önerilen bu çalışmada, hidrolojik çalışmalarda kullanılmak ve tahmin modellerine altlık oluşturmak amacıyla akarsu havzasına ve drenaj ağına ait parametrelerin Coğrafi Bilgi Sistemler yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, detaylı bir literatür taraması yapılarak farklı amaçlar için geliştirilen tahmin modelleri ve hidrolojik modeller incelenmiş ve havza ve drenaj ağına ait değişken listesi oluşturulmuştur. Detaylı çalışma sonucunda akarsu havzasına ait 35 adet değişken, akarsu drenaj ağına ait 17 adet değişken olmak üzere toplamda 52 adet değişken belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında Ceyhan havzası uygulama alanı olarak seçilmiştir. Seçilen uygulama alanında Devlet Su İşleri (DSİ) kayıtları incelenerek en az 5 yıllık gözlem değeri olan akım gözlem istasyonu verileri (AGİ) incelenmiş ve düzenli verisi olan, memba kesiminde baraj vb. yapı olmayan toplamda 25 adet AGİ

belirlenmiştir. Ayrıca, uygulama alanında gözlem değeri olmayan akarsu kollarının drenaj özelliklerini belirlemek için detaylı bir çalışma yapılmış ve toplamda 33 adet gözlem değeri olmayan alt havza oluşturulmuştur.

Tez çalışmasında, gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan alt havzalarda toplamda 58 adet havza ve drenaj ağı parametresinin belirlenmesi için CBS yazılımı olan ArcGIS 10.4 programı (İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Lisansı bulunmaktadır) kullanılmıştır. Tez kapsamında Harita Genel Komutanlığı'ndan satın alınan sayısal haritalar dikkate alınmıştır.

Tez çalışması temel olarak şu bölümlerden oluşmaktadır; (i) çalışma konusu ile ilgili literatürde yer alan çalışmaları içeren Literatür Özeti bölümü, (ii) Uygulama alanı ve özelliklerinin anlatıldığı Çalışma Alanı bölümü, (iii) Çalışma kapsamında kullanılan yöntemlerin açıklandığı Materyal ve Yöntem bölümü, (iv) Uygulama alanında havza ve drenaj ağı parametrelerinin belirlenmesi, (v) Sonuçlar bölümü şeklindedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kroll vd. (2004) minimum akış tahmini hususunu ele alarak yaptıkları çalışmada, Birleşik Devletlerde sayısal yükseklik modelini (DEM) kullanarak USGS'in Hidro-İklimsel veri ağının akarsu akış ölçümleri vasıtasıyla boşaltım havzalarının sınırları oluşturulmuştur. Çalışmada, hidrojeolojik göstergelerin dahil edilmesi, özellikle düzeltilmiş taban akışı regresyon sabit tahmin aracı ile birlikte minimum akış tahmini hususunda etkileyici gelişmelerin gerçekleşmesinin sağlanacağı belirtilmiştir.

Cheng vd. (2006) yaptıkları çalışmada, ölçüm değerleri bulunan bir havzada yer alan bir nehrin akım verilerine ve aynı bölgede bulunan bir yağış gözlem istasyonundan elde edilmiş yağış verilerine dayanarak, gözlem değeri bulunmayan havzalarda yüzeysel akış tahmini için model geliştirmeyi amaçlamıştır. Bunun için, yüzeysel jeoloji, sayısal yükseklik modeli (DEM), Landsat TM görüntüleri, tarihsel akış verileri ile meteoroloji istasyonlarından alınmış yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır.

Jena ve Tiwari (2006) boşaltım havzalarının jeomorfolojik parametreleri ile sentetik birim hidrograf parametrelerinin modellenmesi için Midnapore ve Bankura bölgelerinde yer alan iki orta büyüklükteki tarımsal drenaj havzasında ve bunların alt drenaj havzalarında CBS ile havza parametreleri hesaplamıştır. Çalışma kapsamında, drenaj ağını uzaktan algılama uydu görüntülerinden elde ederek, birim hidrograf parametreleri ile jeomorfolojik parametreler arasında bir korelasyon matrisi oluşturulmuş ve regresyon denklemi geliştirilmiştir.

Bhattarai ve Dutta (2007) tarafından yapılan çalışmada, Tayland'da bulunan Mun Nehrindeki küçük havza sınırındaki toprak erezyonu ve sediment veriminin hesaplanması için Universal Soil Loss Equation (USLE) önerilmiş ve kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, karşılaştırma yapmak amacıyla 90 m ve 30 m çözünürlüğe sahip iki farklı sayısal model dikkate alınmış ve CBS yaklaşımı havzaların gruplandırılması, havzaya ait fiziksel parametrelerin hesaplanması ve erozyon tahmini gerçekleştirilmiştir.

Patil vd. (2008) NRSC-CN tekniği ve bu tekniğin 3 modifikasyonunu uyarlayarak yüzeysel akış tahmini gerçekleştirebilmek için Visual Basic for Applications (VBA) of ArcGIS® in- built makro programlama dili vasıtasıyla bir CBS arayüzü geliştirilmiştir. Hindistanın Jharkhand Eyaletinde Benha Kentinde yer alan Yukarı Damador Vadisinde yer alan ölçüm değeri olan havzada 1993-2001 yılları periyoduna ait ölçüm verileri kullanılarak, Interface for Surface Runoff Estimation using Curve Number techniques (ISRE-CN) adıyla geliştirilen bu arayüz modeli doğrulanmıştır.

Chen vd. (2009) yaptıkları çalışmada, CBS tabanlı kentsel taşkın modellemesinin geliştirebilmesi ve test edilebilmesi amacıyla niversite kampüsü için bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, kentsel alanlardaki taşkın potansiyelinin simülasyonu için Green – Ampt taşkın modeli ve Flat- Water kavramsal modelini GUFIM ile adapte edilmiştir.

Raju ve Kumar (2011), tarafından yapılan çalışmada, havzaya uygun koruma ve yönetim uygulamalarının formüle edilebilmesi için Rajasthandaki Khetal boşaltım havzası uygulama alanı olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında havzaya ait 25 mikro boşaltım havzasının homojen gruplara ayırabilmek için K- Ortalamalar Kümeleme Analizi, Fuzzy Kümeleme Analizi ve Kohonen Sınır Ağları olmak üzere toplam üç sınıflandırma tekniği kullanılmıştır. Kümeleme analizinde, Drenaj Yoğunluğu, atallanma Oranı, Akarsu/Akım frekansı, Yüzey akış uzunluğu, Form Faktörü, Şekil faktörü, uzama Oranı, Sirkülatör Oranı, Doluluk katsayısı ve Karakter Oranı olmak üzere toplamda on parametre kullanılmıştır.

Bhalla vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, Mikro boşaltım havzalarının iyileştirilmesi amacıyla önceliklendirilmesinde CBS tekniğini kullanmıştır. Çalışma kapsamında, mikro boşaltım havzaların Hidrolik açıdan iyileştirilmesi maksadıyla seçilmiş olan kriterlerin, sosyal ve ekonomik açıdan geliştirilmiş bir hidrolik fonksiyonun önceliklendirilmesi ve verimli kaynak kullanımı vurgusu yapılarak yeniden formüle edilmesi sonucu vurgulanmıştır.

Coskun vd. (2010) ölçüm değeri olmayan ya da yetersiz olan havzada hidroelektrik enerji üretiminde su potansiyelinin saptanması için, havza sınırı ve havza alanı, minimum, maksimum, ortalama kot, havzanın eğim bilgisi, uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistem teknikleri kullanılarak sayısal yükseklik modelinden türetmiştir. Çalışmada, türetilen DEM yardımıyla sentetik drenaj ağı üretilerek regresyon modeli geliştirilmiş ve bu modelin geçerliliği alt havza üzerinde ortalama bölgesel yağış kullanılarak kriging metodu ile üretilmiş eş yağış haritasında hesaplanarak doğrulanmış ve bölge için hidroelektrik istasyon noktaları önerilmiştir.

Magesh vd. (2011) boşaltım havzalarının drenaj karakteristikleri ve topografyasını tanımlamak ve morfometrik analizi yapmak için, Hindistanın Tamil Nadu Eyaleti, Tirunelveli Bölgesi, Batı Ghats Kısımlarında Yer Alan Papanasam and Manimuthar havzaları uygulama alanı olarak seçilmiştir. Seçilen havzalara ait parametreler belirlenmiş ve bu parametreler ile akım özellikleri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

Ley vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, Self-Organizing Map (SOM) yöntemini kullanarak akarsu akış davranışını esas alan havza sınıflandırma çalışması gerçekleştirmiştir. Bunun için 53 alt havza göz önünde bulundurulmuş ve bu alt havzalarda akışlar, debi süreklilik eğrileri analiz edilerek kümeleme yöntemi ile havza sınıflandırması yapılmıştır.

Paul ve Bayode (2012) Nijeryadaki Yukarı Sokoto havzasında hidrolojik tepki hususunda drenaj havzası karakteristiklerinin çıkarımı için CBS tekniklerini kullanmış olup çalışma neticesinde elde edilen bulguları sunmuşlardır.

Venkatramanan vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, CBS yaklaşımı kullanılarak akarsu havzasının karakteristik özelliklerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, Tirumalairajan Nehir havza derecesinin morfolojik karakteristiği yaklaşımında CBS tabanlı yaklaşımın geleneksel yöntemlere göre daha uygun olduğu ileri sürülmüştür.

Vincy vd. (2012) Meenachil Nehir Havzasının Alt Boşaltım Havzalarının Coğrafi Bilgi Sistemler temelli morfometrik karakterizasyonu çalışmalarında; drenaj ağını, 1:50.000 Ölçekli SOI topografik haritaları kullanarak ArcGIS yazılımında çizmişlerdir. Akarsu mertebeleri, Sthraler (1964) tarafından önerilen bir metot ile hesaplanmış olup, iki alt boşaltım havzasına ait sonuçlar sergilenmiştir.

Bagherzadeh (2014) yaptığı çalışmada, İranın kuzeydoğusunda yer alan Mashhad Ovasının yıllık ortalama toprak kaybını belirlemek amacıyla farklı eğimli erozyonlu arazilerin bölgesel dağılımı USLE modeli ve CBS aracılığıyla karakterize edilmiştir. Çalışma kapsamında, 100x100 m temel hücre çözünürlüğüne sahip sayısal model temel alınmıştır. Havzaya ait kısımların iyileştirme maksatlı önceliklendirilmesinde ve yönetim senaryolarının geliştirilmesine yardımcı olabilecek sonuçlar sergilenmiştir.

Jasmin ve Mallikarjuna (2013), uzaktan algılama ve CBS tekniklerinin kullanımı ile potansiyel yer altı suyu alanlarının tespit edilmesini amaçlamıştır. Bunun için Araniar nehir havzasının morfometrik analizinin yapılmış, alt havzaların Doğrusal, Alansal ve Rölyef parametreleri hesaplanmış, potansiyel yeraltısuyuna sahip alt havzaları ‘yapay tekrar yükleme yapıları’ için uygun alanları tespit etmişlerdir.

Parveen vd. (2012) Yukarı Güney Koel Havzasının drenaj morfometriklerini uzaktan algılama ve CBS yaklaşımı kullanarak morfometrik analiz gerçekleştirmiş ve havza parametrelerini belirlemiştir.

Seckin ve Guven (2012), gözlem değeri olmayan veya gözlem kayıtlarının yetersiz olduğu durumlarda daha da karmaşıklaşan nehir havzalarındaki pik taşkın debisinin tahmin edilmesi amacıyla LGP4 ve GEP4 modelleri incelenmiştir. Çalışmada, her iki genetik programlama tekniği yani LGP ve GEP'in taşkın olaylarının pik debilerinin tahmininde başarılı bir şekilde kullanılabileceği önerilmektedir.

Shu ve Ouarda (2012) tarafından yapılan çalışmada, gözlem değeri olmayan havzalarda günlük ortalama akarsu debilerinin tahmin edilmesi için iyileştirilmiş debi süreklilik eğrisini ve alan oran yöntemlerini uygulamıştır. Bölgesel debi süreklilik eğrisinin elde edilmesinde havzaya ait fiziksel özellikler temel alınarak standart AR tabanlı yöntem uygulanmıştır.

Magesh vd. (2012) yaptıkları bu çalışmada, morfometrik niteliklerin Coğrafi Bilgi Sistemlerine dayalı tanımlama işlemi için Hindistan'ın Kerala eyaleti bölgesi olan Thrissur'de yer alan Chimmini ve Mupily boşaltım havzalarında doğrusal, alansal ve rölyef görünümlerine ait çeşitli parametreleri hesaplamışlardır. Bunun için, akarsu sayısı, akarsu mertebesi, akarsu uzunluğu, ortalama akarsu uzunluğu, akarsu uzunluk oranı, çatalanma oranı, kara üzerinden gerçekleşen akış uzunluğu, drenaj modeli gibi doğrusal görünümleri hesaplanmıştır. Ayrıca, dairesellik oranı, uzama oranı, drenaj yoğunluğu gibi parametreler ve havza rölyefi, rölyef oranı, bağlantılı rölyef, engebellik sayısı gibi rölyef görünümleri belirlenmiştir.

Bajabaa vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, Ali Lith Havzasının ve alt havzalarının detaylı morfometrik karakteristiklerine dayanarak geçmişe yönelik ölçümü bulunmayan Ali Havzasındaki ani taşkınlar için değerlendirme yapılmıştır. Çalışma kapsamında CBS tabanlı ArcGIS (ArcHydro) yazılımı aracılığıyla Boşaltım Havzası sınırı, akış birikimi, akış yönü, akış uzunluğu ve akarsu mertebesi gibi parametreler belirlenmiş ve Ali Lith Havzası ve alt havzalarındaki ani seller üç grupta (Şiddetli, Orta, Düşük risk seviyesi) tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır. Bu çalışma aynı zamanda ani sel uyarısı olan bölgelerde yağmur suyu hasadı ve boşaltım havzası yönetimini planlaması hususlarına yardımcı olması amaçlanmıştır.

Bhatt ve Ahmed (2014) yaptıkları çalışmada, CBS ve Cartosat DEM kullanarak morfometrik analiz gerçekleştirmeyi ve drenaj ağlarını çıkarmayı amaçlamıştır. Bu amaçla, taşkın riski bulunan 10 adet havza uygulama alanı olarak seçilmiş ve havzalara ait parametreler belirlenmiştir.

Kellens vd. (2013) Flandredeki sel risk yönetimi hususundaki son yönetim stratejisi olan; 'risk temelli yaklaşımın' işleyiş modelinin CBS uygulamasını ve gelecek mücadeleleri ele alarak Sel risklerinin değerlendirmesi ve yönetimini amaçlamıştır.

Magesh vd. (2013) Bharathapuzha Nehir Havzasının morfometrik analizini CBS’de jeoprocessing teknikleri kullanarak gerçekleştirmiş, drenaj ağı, Strahler’in Sınıflandırma Sistemine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında, Uzaktan algılama (STRM-DEM) ile jeoprocessing tekniklerinin birleştirilmesinin morfometrik analiz hususunda etkin bir araç olduğu görülmüş olup ayrıca havza yönetimi ve gelecekte yapılacak olan diğer hidrolojik çalışmalarda kullanılabileceği belirtilmiştir.

Peterson vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada 97 adet akarsu havzasının karakteristiklerinin belirlenmesi ve bu karakteristiklere göre havzaların hidrolojik olarak bölgeselleştirilmesi amaçlanmıştır.

Aher vd. (2014) Hindistandaki su kıtlığı çeken bölgelerdeki kritik ve öncelikli boşaltım havzalarının tanımlanması için jeo-konumsal istatistiksel teknikleri kullanmış olup Hidrolojik birimleri mertebelendirmek için Weighted Sum Analysis (WSA) tekniği kullanmış ve sonuçları sunmuşlardır.

Avinash vd. (2014) yaptıkları çalışmada, gözlem verilerinin olmadığı havzalarda hidrolojik analizlerde kullanmak üzere havza parametrelerinin belirlenmesinde CBS tekniklerinin uygulama potansiyeli araştırılmıştır. Bunun için Mulki- Pavanje nehir havzası uygulama alanı olarak seçilmiş, havzaya ait morfometrik parametreler (doğrusal, alansal ve rölyef) hesaplanarak havza 7 alt havzaya ayrılmıştır.

Kumar vd. (2015) Narmada Nehir Havzasının merkez zonunda yer alan 6 alt havzanın (Chandni Nalla, Tawa Nehri, Gunjari Nalla, Gadaria Nalla, Kaliyadeh Nehri and Bhagner Nehri) morfometrik analizi, uzaktan algılama ve Coğrafi Bigi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Masoud (2014) gözlem değeri olmayan ya da eksik olan havzalarda ani sel tehlikelerine karşı dikkat çekmek ve yağış ile akış arasındaki ilişkiyi tahmin edebilmek ve sel tehlikesi ve azaltıcı tedbirleri uygulayabilmek için CBS tekniğini uygulamıştır.

Samal vd. (2015) Yukarı Bhima Nehri Havzasındaki çeşitli drenaj morfolojik parametreleri (akış, pik akım, pik zamanı, sızma, yüzeysel akış vb.) ve bu parametrelerin hidrolojik prosesler üzerindeki etkisini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama Teknikleri kullanılarak ele almışlardır. CBS ortamında morfolojik parametre değerlendirilmesi ve Tematik veri tabanı üretimi amacıyla Hindistan'ın topoğrafik haritaları ve ASTER dijital yükseklik modeli birleştirilmiştir.

Singh vd. (2014) Hindistanın Ashok Nagar Bölgesinde yer alan Orr Boşaltım Havzasının taslağının tasvir edilmesi, hesaplanması ve morfolojik analizinin yapılması için SRTM DEM kullanarak ARC GIS yazılımının hidrolojik modülünden faydalanmıştır. Çalışma kapsamında, Havzaya ait morfolojik parametreler hesaplanarak sonuçlar sunulmuştur.

Vieceli vd. (2015) Brezilya'nın Caxias do Sul Şehrindeki boşaltım havzalarının morfolojik karakteristiklerini belirlemek amacıyla SRTM (DEM ve CBS kullanmış ve boşaltım havzalarına ait fiziksel karakteristiklerinin analizi gerçekleştirmiştir.

Meraj vd. (2015), Jhelum Havzasındaki Lidder ve Rembiara boşaltım havzalarının yüzey hidrolojik davranışlarını değerlendirmek amacıyla, CBS ortamında Linear Imaging Self-Scanner Uydu verileri ve Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Dijital Yükseklik Modelinin bütünleşmiş kullanımına ilaveten kapsamlı arazi bilgisi ile destekli incelemesi yapılarak, alt akış feyzan riski değerlendirilmiştir. Boşaltım havzalarının yüzeysel akış potansiyelinin incelenmesinde bilgi-tabanlı veri işleme yöntemleri uygulanmıştır.

Çalışmamızda söz konusu literatür taramasında havzaya ve drenaj ağına ait belirlenen toplam 52 adet parametre Ceyhan Havzasında yer alan 25 adeti akım gözlem değerine sahip, 33 adeti akım gözlem değerine sahip olmayan toplam 58 akım gözlem istasyonu için alt havzalarda tek tek hesaplanmış olup, bu çalışma neticesinde elde edilen veriler alt havzalar arasında kıyaslanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

3. HAVZA PARAMETRELERİ

Akarsu havzaları üzerine düşen yağışı çıkış noktasında akışa dönüştüren sistem olarak tanımlanabilir (USUL, 2017). Yağışın akışa dönüşmesinde akarsu havzasının fiziksel özellikleri ve drenaj karakteristikleri büyük önem taşımaktadır. Bu parametrelerin belirlenmesi özellikle fiziksel tabanlı yağış akış modellerinin kurulmasında, taşkın frekans analizlerinde, debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesinde, gözlem değeri olmayan havzalarda hidrolojik modellerin geliştirilmesi için homojen bölgelerin belirlenmesinde ve bu bölgelerde bölgesel modellerin kurulmasında kullanılmaktadır. Bu tür çalışmalarda havza ve drenaj parametreleri ile hidrolojik değişkenler arasındaki ilişkinin derecesinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) yardımıyla akarsu havzalarına ait fiziksel (morfolojik) ve drenaj parametrelerinin belirlenmesi ve belirlenen bu parametreler ile hidrolojik değişkenler arasındaki ilişkinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla Ceyhan akarsu havzası uygulama alanı olarak seçilmiş ve CBS yardımıyla Çizelge 3.1’de verilen parametreler belirlenmiştir. Çalışmanın bu bölümünde Çizelge 3.1’de belirtilen ve çalışma kapsamında belirlenen parametrelere ait açıklamalar ve kullanılan denklemler verilmiştir. Çizelgede verilen parametrelerin hesaplanmasında İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı Laboratuvarında Lisanslı olarak yer alan ArcGIS yazılımından faydalanılmıştır.

Havza Sınırı

Akarsu havzasına ait parametrelerin hesaplanabilmesi ve havzanın ürettiği akış miktarının ortaya konulabilmesi için çalışma alanının yani akarsu havzasının sınırlarının belirlenmesi en temel adım olarak gösterilebilir. *Havza sınırının* belirlenmesinde genel olarak yüzey şekilleri ve havzanın topoğrafyasından faydalanılır. Havza sınırının belirlenmesinde ArcGIS CBS yazılımı kullanılmaktadır.

Havza Alanı (A)

Havza alanı, Horton (1932) ve Schumm (1956) tarafından ortaya atılmış ve üzerine düşen yağışı akışa dönüştüren havza yüzeyinin alanı olarak ifade edilebilir. Hidrolojik çalışmalarda havza alanı km² biriminde kullanılmaktadır. Havza alanı ArcGIS CBS yazılımı kullanılarak belirlenmektedir.

Havza Çevresi (P)

Topoğrafik yapı göz önünde bulundurularak sınırları belirlenen akarsu havzasının en uzak noktasından çıkış noktasına kadar dış sınırlarının birleştirilmesi ile elde edilen hattın (havza sınırının) toplam uzunluğunun ölçülmesi ile belirlenen *havza çevresi* Schumm (1956) tarafından önerilmiş olup (km) birimindedir. Havza çevresi ArcGIS CBS yazılımı kullanılarak belirlenmektedir.

Havza Uzunluğu (L_b)

Sınırları belirlenen akarsu havzasının en uzak noktası ile havzada üretilen akışın iletiildiği havza çıkış noktası arasındaki mesafe olarak tanımlanan *havza uzunluğu* Schumm (1956) ve Gregory ve Walling (1973) tarafından önerilen Eşitlik (3.1) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$L_b = 1.312 A^{0.568} \quad (3.1)$$

Havza Genişliği (W)

Sınırları belirlenen, alanı ve uzunluğu belirlenen bir akarsu *havzasının genişliği*, Horton (1932) ve Schumm (1956) tarafından önerilen Eşitlik (3.2) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$W = \frac{A}{L_b} \quad (3.2)$$

Havzanın Maksimum Kotu (H_{mak})

Havzanın maksimum kotu, sınırları belirlenen bir akarsu havzasının topoğrafik özelliğine göre en yüksek kot değerini ifade etmektedir. Havzanın maksimum kotu ArcGIS CBS yazılımı yardımıyla belirlenmektedir.

Havzanın Minimum Kotu (H_{min})

Havzanın minimum kotu, sınırları belirlenen bir akarsu havzasının topoğrafik özelliğine göre en düşük kot değerini ifade etmektedir. Havzanın minimum kotu ArcGIS CBS yazılımı yardımıyla belirlenmektedir.

Havzanın Ortalama Kotu (H_{ort})

Havzanın ortalama kotu, sınırları belirlenen bir akarsu havzasının topoğrafik özelliğine göre ortalama kot değerini ifade etmektedir. Havzanın ortalama kotu ArcGIS CBS yazılımı yardımıyla belirlenmektedir.

Havzanın Ağırlık Merkezi

Bir akarsu havzasının ağırlık merkezinin koordinatları (X,Y) CBS yazılımı yardımıyla belirlenmektedir.

Havzanın Yöneyi (Bakı)

Bakı ya da havza yöneyi, havza yamaçlarının eğim yönünü ifade eder ve özellikle kar erimesi, bitki deseni dağılımı ve çeşitliliği, yağış karakteristiği, buharlaşma, güneş alma süresi ve rüzgar alma durumları için önem taşımaktadır (Speight, 1980; Moore vd., 1991). Havza yöneyi değerlendirmesinde 0^0 dünya eksenine göre kuzey yönü gösterirken, 90^0 ise doğu yönü ifade etmektedir (Magesh vd., 2011). Havzanın bakı (yöney) haritası CBS yazılımı yardımıyla belirlenmektedir.

Havzanın Eğimi

Havza eğimi, sınırları belirlenen akarsu havzasının eğimi özellikle yağış sonrasında oluşan yüzeysel akışın akarsuya ulaşma süresini ve debi değerini etkileyen önemli değişkenlerden biri olarak ifade edilebilir (Sreedevi vd., 2005). Çalışma alanına ait eğim haritası CBS yazılımı yardımıyla oluşturulmaktadır.

Akarsuyun Mertebesi (U)

Akarsu mertebesi, bir akarsu havzasında, havzanın fiziksel karakteristikleri dışında yüzeysel akışı etkileyen diğer önemli parametreler havzada yer alan drenaj ağı ve özellikleri gösterilebilir. Akarsuyun mertebesi ilk defa Horton (1932) tarafından önerilmiştir. Strahler (1957,1964) yaptığı çalışmada akarsuyun mertebesinin belirlenmesi amacıyla farklı bir sıralama sistemi önermiştir. İncelenen havzada akarsuyun mertebesinin bilinmesi özellikle, farklı mertebelerdeki akarsu sayılarının ve uzunluklarının belirlenmesinde ve akarsuyun sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde akarsuyun mertebesinin belirlenmesinde gerek Horton (1932) ve gerekse de Strahler (1957, 1957b, 1964) tarafından önerilen yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir.

Akarsu Sayısı (N_u)

CBS yazılımı yardımıyla drenaj ağı belirlenen bir akarsu havzasında her bir akarsu mertebesindeki *akarsu sayısı* kolaylıkla belirlenebilmektedir. Akarsuyun mertebesi membadan havzanın çıkış noktasına doğru arttığı düşünülürse akarsu sayısı bu durumun tersine azalmaktadır (Horton, 1932 ve 1945, Strahler, 1957). Çalışma alanında her bir akarsu mertebesi için akarsu sayısı CBS yazılımı yardımıyla oluşturulmaktadır.

Akarsu Uzunluğu (L_u)

Bir akarsu havzasında, havzanın çıkış noktasında görülen yüzeysel akış hidrografının şeklini, debinin büyüklüğünü, debinin çıkış noktasında ulaşma süresini etkileyen en temel parametrelerden biri *akarsu uzunluğu* gösterilebilir (Horton, 1932 ve 1945, Strahler, 1957). Bu nedenle akarsu havzasında her bir mertebedeki akarsu uzunluğunun hesaplanması gerekmektedir. Akarsu sayısında olduğu gibi, akarsuyun mertebesi arttıkça akarsu uzunluğu azalmakta olup akarsuların kollarının toplam uzunluğunun en büyük değeri birinci mertebede gözlenmektedir. İncelenen akarsu havzasında, bir her bir akarsu mertebesi için akarsu uzunlukları sayısal harita üzerinde CBS yazılımı yardımıyla belirlenmektedir.

Ana Akarsu Uzunluğu (L_m) ve Eğim Endeksi (S_m)

Bir akarsu havzasında, membadan gelen akarsuların taşıdığı suların toplandığı ve toplanan suların havzanın çıkış noktasına iletildiği drenaj hattı kolu *ana akarsu kolu* olarak ifade edilir. Bu ana akarsu kolunun uzunluğu (L_m) ve eğimi (S_m) yine sayısal harita ve CBS yazılımı yardımıyla belirlenmektedir. Ana akarsu eğimi hesabında ana akarsuyun havza çıkışından olan uzaklığın % 85 (E_{85}) ve %10'u (E_{10}) kadar olan mesafedeki noktaların kotları arasındaki fark ile ana akarsu uzunluğu dikkate alınır (Majure ve Soenksen, 1991).

$$S_m = \frac{(E_{85} - E_{10})}{0.75 * L_m} \quad (3.3)$$

Ortalama Akarsu Uzunluğu (L_{sm})

Ortalama akarsu uzunluğu, bir akarsu havzasında ortalama akarsu uzunluğu, havzadaki drenaj ağının bileşenlerinin karakteristik yapısını ifade eden yüzeysel akış üzerinde etkiye sahip olan parametre olarak tanımlanabilir (Strahler, 1957 ve 1964). Bu parametrenin hesaplanmasında denklem (3,4)'te verilen eşitlik kullanılmakta olup, her bir akarsu mertebesinde belirlenen akarsu sayısı ve akarsu uzunlukları göz önünde bulundurulmaktadır.

$$L_{sm} = \frac{L_u}{N_u} \quad (3.4)$$

Akarsu Uzunluk Oranı (RL)

Akarsu uzunluk oranı, Horton (1945) tarafından önerilen akarsu uzunluk oranı, denklem (3,5)'te verildiği gibi herhangi bir mertebedeki ortalama akarsu uzunluğunun (L_u) bir önceki mertebedeki akarsu uzunluğuna (L_{u-1}) oranı şeklinde ifade edilmektedir (Sreedevi vd., 2005).

$$RL = \frac{L_u}{L_{u-1}} \quad (3.5)$$

Akarsu Mertebe Uzunluk Oranı (OL)

Bir akarsu havzasında yer alan drenaj ağında akarsuların mertebesi belirlendikten sonra, herhangi bir mertebedeki akarsu uzunluğunun bir sonraki mertebedeki akarsu uzunluğuna oranı *Akarsu mertebe uzunluk oranı* olarak ifade edilen parametreyi vermektedir (Vincy vd., 2012).

$$OL = (L_u)/(L_u + 1) \quad (3.6)$$

Çatallanma Oranı (R_b)

Çatallanma oranı, Horton (1932,1945) tarafından önerilen çatallanma oranı akarsu, havzasında yer alan drenaj ağında, herhangi bir mertebedeki akarsu kollarının sayısının bir sonraki mertebedeki kolların sayısına oranı şeklinde ifade edilmektedir (Schumm, 1956; Strahler, 1964).

$$Rb = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (3.7)$$

Strahler (1957, 1964) tarafından, akarsu havzasında yer alan drenaj ağında tüm mertebelerdeki çatallanma oranlarının ortalaması olarak ifade edilen *Ortalama Çatallanma Oranı (R_{bm})* önerilmiştir.

Ağırlıklı Çatallanma Oranı (WRb)

Strahler (1953, 1957) tarafından önerilen *ağırlıklı çatallanma oranı* parametresinin hesabında denklem (3,8)'de verildiği gibi, herhangi bir akarsu mertebesi ve bir sonraki mertebedeki çatallanma oranı ve bunlara karşılık gelen akarsu kollarının sayısı kullanılmaktadır.

$$WRb = \frac{\sum(Rbu/Rbu+1)*(Nu+Nu+1)}{\sum N} \quad (3.8)$$

Rho Katsayısı (Ro)

Akarsu havzasında drenaj ağının depolama kapasitesinin ve drenaj yoğunluğunun ortaya konulmasında ve değerlendirilmesinde kullanılan, iklim, jeolojik ve jeomorfolojik özelliklere bağlı olarak değişen ve “akarsu uzunluk oranının (RL)” “Çatallanma Oranı (Rb)” değişkenine oranı şeklinde ifade edilen bir parametredir (Horton, 1945).

$$Ro = \frac{RL}{Rb} \quad (3.9)$$

İncelik Oranı (Fi)

Melton (1957) tarafından önerilen *İncelik Oranı* parametresi, bir akarsu havzasında ana akarsu kolunun uzunluğunun havza çevresine oranı şeklinde ifade edilmektedir.

$$Fi = (Lm)/(P) \quad (3.10)$$

Kıvrım Oranı (Rw)

Smart ve Surkan (1967) tarafından önerilen *Kıvrım Oranı* parametresi, bir akarsu havzasında ana akarsu kolunun uzunluğunun havza /vadi uzunluğuna oranı şeklinde ifade edilmektedir.

$$Rw = (Lm)/(Lb) \quad (3.11)$$

Havza Rölyefi (Rf)

Bir akarsu havzasında sayısal harita ve CBS yazılımı yardımıyla havzanın topoğrafyası elde edilebilmekte ve buna bağlı olarak havzanın en yüksek ve en düşük kota sahip noktaları belirlenebilmektedir. Bir akarsu havzasının en yüksek ve en düşük kotları arasındaki fark *Rölyef* olarak ifade edilmektedir (Schumm (1956; Strahler, 1957; Hadley ve Schumm, 1961). Literatürde yapılan çalışmalarda, havza rölyef değerinin özellikle, yüzeysel ve yüzey altı akış, havza erozyonu ve geçirgenliği gibi birçok hidrolojik süreçler için oldukça önemli bir parametre olduğu vurgulanmaktadır.

$$R_f = H_{mak} - H_{min} \quad (3.12)$$

Rölyef Oranı (Rr)

Akarsu havzasında *Rölyef Oranı*, havza için hesaplanan rölyef değerinin havza uzunluğuna oranı şeklinde ifade edilmektedir (Schumm, 1956; Strahler, 1957; Hadley ve Schumm, 1961).

$$R_r = \left(\frac{R_f}{L_b} \right) * 100 \quad (3.13)$$

Rölatif Rölyef (Rp)

Bir akarsu havzası için *Rölatif Rölyef*, havza için hesaplanan rölyef değerinin havzanın çevresine oranı şeklinde ifade edilmektedir (Schumm, 1956).

$$R_p = \frac{R_f}{P} \quad (3.14)$$

Engebelik Sayısı (Rn)

Bir akarsu havzasında, havza için hesaplanan rölyef değerinin havzadaki drenaj yoğunluğuna oranı şeklinde tanımlanan ve incelenen havzada arazi yapısının yapısal karmaşıklığını gösteren bir parametre olarak tanımlanmaktadır (Melton, 1957; Strahler, 1958).

$$Rn = Rf * Dd \quad (3.15)$$

Melton Engebelik Sayısı (MRn)

Bir akarsu havzasında *Melton Engebelik Sayısı* için havzaya ait rölyef değeri ile havza alanı kullanılmakta ve denklem (3,16) ile eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Melton, 1965).

$$MRn = \frac{H_{mak} - H_{min}}{A^{0.5}} \quad (3.16)$$

Yuvarlaklık Oranı (R_{or})

Akarsu havzasının şekli hakkında bilgi elde etmeye yardımcı olan ve havza alanı ve havzanın uzunluğu dikkate alınarak denklem (3,17) yardımıyla hesaplanan parametre Chorley (1957) tarafından önerilmiştir.

$$R_{or} = \frac{4 * A}{P * L_b^2} \quad (3.17)$$

Eğim Oranı (Gr)

Bir akarsu havzasında *Eğim Oranı*, drenaj ağında suyun kaynaktan çıktığı noktanın kotu ile havzanın çıkış noktasında toplandığı noktanın kotunun farkının havza uzunluğuna oranı şeklinde ifade edilmektedir (Sreedevi vd., 2005)

$$Gr = \frac{(H1 - H2)}{Lb} \quad (3.18)$$

Drenaj Yoğunluğu (Dd)

Bir akarsu havzasında *drenaj yoğunluğu*, tüm mertebelerdeki akarsuların toplam uzunluğunun (Lu) havza alanına (A) oranı şeklinde ifade edilen denklem (3,19)'da verilen bir parametredir (Horton, 1932 ve 1945).

$$Dd = \frac{Lu}{A} \quad (3.19)$$

Akarsu Sıklığı (F)

Akarsu sıklığı, akarsu havzasında drenaj ağındaki tüm akarsu sayısının (Nu) havza alanına (A) oranı şeklinde ifade edilen ve denklem (3,20)'de verilen eşitlik yardımıyla hesaplanan parametredir (Horton, 1932 ve 1945). Literatürde yapılan çalışmalarda, drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı ile yüzeysel akış arasında ilişkinin olduğu vurgulanmaktadır.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^K Nu}{A} \quad (3.20)$$

Bir akarsu havzasında drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığının toplamı “Drenaj Şiddeti” olarak ifade edilen parametreyi vermektedir.

Kanal Bakım Sabiti (C)

Schumm (1956) tarafından önerilen bu parametre temel olarak, havzadaki kayaç özelliklerine, zeminin geçirgenliğine, bölgenin iklim özelliklerine, bitki örtüsü vb. doğal faktörlere bağlıdır.

$$C = (1/Dd) \quad (3.21)$$

Dairesellik Oranı (Rc)

Bir akarsu havzası için *dairesellik oranı*, havza alanının havza ile aynı çevreye sahip bir dairenin alanına oranı şeklinde ifade edilmektedir (Miller, 1953; Strahler, 1964). Hesaplanan bu parametrenin 1 olması durumunda havzanın şeklinin dairesel olduğu şeklinde yorumlanabilir.

$$Rc = (4 * \pi * A) / P^2 \quad (3.22)$$

Uzama Oranı (Re)

Bir akarsu havzası için *uzama oranı*, havza alanı ile aynı alana sahip dairenin çapının havzanın maksimum uzunluğuna (Lb) oranı şeklinde hesaplanan ve drenaj havzasının hidrolojik karakteristiği hakkında bilgi veren havza şekil analizinde kullanılan bir parametre olarak tanımlanabilir (Schumm, 1956).

$$Re = 1.128 * \left(\frac{\sqrt{A}}{Lb} \right) \quad (3.23a)$$

ya da

$$Re = \left(\frac{2}{Lb} \right) * \left(\frac{A}{\pi} \right)^{0.5} \quad (3.23b)$$

Sıkışıklık Oranı (Cr)

Bir akarsu havzası için *Sıkışıklık Oranı*, havzanın çevresinin havza alanı ile aynı alana sahip bir dairenin çevresine oranı şeklinde tanımlanmaktadır (Horton, 1945; Gupta, 1999).

$$Cr = 0.2821 * P / (A^{0.5}) \quad (3.24)$$

Drenaj Deseni (Dt)

Bir akarsu havzasında *drenaj deseni*, akarsu havzasında bulunan drenaj ağının yoğunluğu ve akarsu sıklığına bağlı olup alt havzaların jeolojik yapısı, zemin özellikleri ve sızma kapasitesi vd. hidrolojik ve fiziksel karakteristikleri hakkında değerlendirme yapılmasına imkan tanıyan bir parametre olarak verilebilir (Horton, 1932; Smith, 1950).

$$Dt = Dd * F \quad (3.25)$$

Biçim Faktörü (Fr)

Biçim/form faktörü, Horton (1932, 1945) tarafından önerilmiş olup havza alanının (A) ve havza uzunluğunun karesine (L_b^2) şeklinde hesaplanmaktadır (Denklem (3,26)).

$$Fr = A/L_b^2 \quad (3.26)$$

Havza Şekil Faktörü (Sw)

Form faktörü, Horton (1932, 1945) tarafından önerilmiş olup havza uzunluğunun karesinin (L_b^2) havza alanına (A) ve şeklinde hesaplanmaktadır (Denklem (3,27)).

$$Sw = L_b^2/A \quad (3.27)$$

Havza Desen Oranı (Rt)

Bir akarsu havzasında *Desen Oranı*, drenaj ağında belirlenen tüm mertebelerdeki akarsu sayısının havza çevresine oranı şeklinde ifade edilmektedir (Horton, 1945). Smith (1950) tarafından yapılan çalışmada, havza desen oranının iklim, bitki örtüsü, bölgenin zemin özellikleri, sızma kapasitesi gibi doğal faktörlere bağlı olduğu vurgulanmış ve beş farklı desen sınıflandırması yapılmıştır.

$$Rt = \frac{Nu}{P} \quad (3.28)$$

Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg)

Bir akarsu havzasında *Yüzeysel Akış Uzunluğu*, yağıştan sonra yüzey akışının zemin üzerinde akarsuya kadar kat ettiği uzunluk olarak tanımlanabilir (Horton, 1945; Strahler, 1957).

$$Lg = \frac{1}{2 * D_d} \quad (3.29)$$

Sekiz/Kelebek Eğrisi (Lemniscate) Oranı (Le)

Chorley (1957) tarafından önerilen bu parametre, drenaj havzası şekillerindeki değişimi ayırt etmek, bir havzanın diğer havzadan farkını ortaya koyabilmek, bir drenaj havzasının şeklinin sekiz/kelebek eğrisine ne kadar yakın veya benzerlik gösterdiğine karar vermek için kullanılmaktadır (Ivanoua vd., 2012; Farhan ve Nawaysa, 2015; Farhan vd., 2015).

$$Le = \frac{L_b^2}{4 * A} \quad (3.30)$$

Havza Şekil Faktörü (BSI)

Hagget (1956) tarafından önerilen *Havza Şekil Faktörü*, havzanın şekli hakkında değerlendirme yapabilmek, diğer havzalarla şekil açısından karşılaştırma yapmak amacıyla kullanılan bir parametredir.

$$BSI = (1.27 * A / L_b^2) \quad (3.31)$$

Standart Kıvrımlılık İndeksi (Si)

Gregory ve Walling (1973) tarafından önerilen *Standart Kıvrımlılık İndeksi* parametresi, bir akarsu havzasında ana akarsu kolunun uzunluğunun havza /vadi uzunluğuna oranı şeklinde ifade edilmektedir. Bu parametre drenaj hattının izlediği yolun düz bir güzergahtan değişimini göstermektedir. Düz bir akarsu hattı olan havzalarda bu parametre 1.0 değerine eşit çıkmaktadır.

$$S_i = (L_m) / (L_b) \quad (3.32)$$

3.45 İçsel Rölyef (E)

Strahler (1957) tarafından önerilen bu parametrenin hesaplanması denklem (3,33)'te verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$E = E(85) - E(10) \quad (3.33)$$

Konsantrasyon Süresi (Tc)

Kirpich (1940) tarafından önerilen bu parametrenin hesaplanması denklem (3,34)'de verildiği gibi hesaplanmaktadır. Bu parametre yağış olayından sonra yüzeysel akışın havzanın en uzak noktasından havzanın çıkış noktasına varana kadar geçen süreyi temsil etmektedir.

$$Tc = 0.0078 * L^{0.77} * (Lb/H mak)^{0.385} \quad (3.34a)$$

ya da

$$Tc = 6.95 * (L_b^{1.15} / R_f^{0.385}) \quad (3.34b)$$

Hipsometrik İntegral (HI)

Hipsometrik eğri ya da integral, incelenen akarsu havzasının yatay kesit alanı ve buna karşılık gelen kot arasındaki ilişkiyi gösteren bir parametre olarak verilebilir (Strahler, 1957; Sharma ve Tiwari, 2009). Hipsometrik eğri, akarsu havzasında rölatif alan ve buna karşılık gelen kot kullanılarak çizilir.

$$HI = (Hort - Hmin) / (Hmak - Hmin) \quad (3.35)$$

Dilimleme İndeksi (Dis)

Akarsu havzasında *Dilimleme İndeksi* olarak ifade edilen parametre, rölatif rölyef değerinin havza rölyef değerine oranı şeklinde hesaplanır (Dove, 1957).

$$Dis = \frac{Rp}{Rf} \quad (3.36)$$

Çizelge 3.1 Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri

Sıra	Parametre	Formül / Yöntem	Açıklama	Birimi	Kaynak
1	Havza Sınırı	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	CBS yazılımı ile havza sınırı belirlenir	Boyutsuz	
2	Havza Alanı (A)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	A; Havza alanı (km ²)	km ²	Schumm (1956)
3	Havza Çevresi (P)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	P; Havza çevresi (km)	km	Schumm (1956)
4	Havza Uzunluğu (Lb)	$Lb=(1.312*A^{0.568})$	A; Havza alanı (km ²)	km	Schumm (1956) Gregory ve Walling (1973)
5	Havza Genişliği (W)	$W=(A)/(Lb)$	A; Havza alanı (km ²) Lb; Havza uzunluğu (km)	km	Horton (1932) Schumm (1956)
6	Havzanın maksimum kotu (Hmak)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	CBS yazılımı ile belirlenir	m	
7	Havzanın minimum kotu (Hmak)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	CBS yazılımı ile belirlenir	m	
8	Havzanın ortalama kotu (Hort)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	CBS yazılımı ile belirlenir	m	
9	Havzanın ağırlık merkezi (X,Y) Koordinatları	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	CBS yazılımı ile belirlenir		
10	Havzanın Yöneyi (Bakı)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	CBS yazılımı ile belirlenir		Speight (1980) Moore vd. (1991)
11	Havza Eğimi	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	CBS yazılımı ile belirlenir	%	Sreedevi vd. (2005).
12	Akarsu mertebesi (u)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	Hiyerarşik sıraya göre belirlenir.	Boyutsuz	Horton (1932) Strahler (1957) 1964)
13	Her bir Mertebedeki Akarsu Sayısı (Nu)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	Her bir mertebedeki akarsu sayısı belirlenir.	Boyutsuz	Horton (1932) Strahler (1957) 1964)
14	Her bir Mertebedeki Akarsu Uzunluğu (km) (Lu)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	Her bir mertebedeki akarsu uzunluğu belirlenir.	km	Horton (1932, 1945) Strahler (1957)
15	Akarsu Ana Kol Uzunluğu (Lm)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	Ana akarsu kol uzunluğu belirlenir.	km	
16	Akarsu ana kol eğimi (Smain)	Sayısal Yükseklik Modeli +CBS	Ana akarsu kol eğimi belirlenir.	%	

Çizelge 3.1 Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri (devam)

17	Ortalama Akarsu Uzunluğu (Lsm)	$Lsm=(Lu/Nu)$	Lu; “u” mertebesindeki akarsu uzunluğu (km) Nu; “u” mertebesindeki akarsu sayısı	km	Strahler (1957,1964)
18	Akarsu Uzunluk Oranı (RL)	$RL=(Lu)/(Lu-1)$	Lu; “u” mertebesindeki akarsu uzunluğu (km) Lu-1; “u” mertebesinden bir önceki mertebedeki akarsu uzunluğu (km)	Boyutsuz	Horton (1945) Sreedevi vd. (2005)
19	Akarsu Mertebe Uzunluğu (OL)	$OL=(Lu)/(Lu+1)$	Lu; “u” mertebesindeki akarsu uzunluğu (km) Lu+1; “u” mertebesinden bir sonraki mertebedeki akarsu uzunluğu (km)	Boyutsuz	Vincy vd. (2012)
20	Çatallanma Oranı (Rb)	$Rb=(Nu/(Nu+1))$	Nu; “u” mertebesindeki akarsu sayısı Nu+1; “u” mertebesinden bir sonraki mertebedeki akarsu sayısı	Boyutsuz	Horton (1932,1945) Schumm (1956) Strahler (1964)
21	Ortalama Çatallanma Oranı (Rbm)	$Rbm=Ortalama (Rb)$	Rb; Çatallanma oranı	Boyutsuz	Strahler (1957, 1964)
22	Ağırlıklı Ortalama Çatallanma Oranı (WRb)	$WRb = \frac{\sum(Rbu/Rbu+1)*(Nu+Nu+1)}{\sum N}$	Ru; “u” mertebesindeki çatallanma oranı Ru+1; “u” mertebesinden bir sonraki mertebedeki çatallanma oranı Nu; “u” mertebesindeki akarsu sayısı Nu+1; “u” mertebesinden bir sonraki mertebedeki akarsu sayısı	Boyutsuz	Strahler (1953,1957)
23	Ro Katsayısı (Ro)	$Ro = \frac{RL}{Rb}$	RL; Akarsu Uzunluk Oranı Rb; Çatallanma Oranı	Boyutsuz	Horton (1945)
24	İncelik Oranı (Fi)	$Fi = (Lm)/(P)$	Lm; Ana akarsu uzunluğu (km) P; Havza çevresi (km)	Boyutsuz	Melton (1957)
25	Kıvrım Oranı (Rw)	$Rw = (Lm)/(Lb)$	Lm; Ana akarsu uzunluğu (km) Lb; Havza uzunluğu (km)	Boyutsuz	Smart ve Surkan (1967)
26	Havza Rölyefi (Rf)	$Rf = Hmak - Hmin$	Hmak; Havzanın maksimum kotu (m) Hmin; Havzanın minimum kotu (m)	Boyutsuz	Strahler (1957) Schumm (1956) Hadley ve Schumm (1961)

Çizelge 3.1 Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri (devam)

27	Rölyef Oranı (Rr)	$Rr = \left(\frac{Rf}{Lb}\right) * 100$	Rf; Havza rölyefi (m) Lb; Havza uzunluğu (km)	Boyutsuz	Schumm (1956,1963) Hadley ve Schumm (1961)
28	Rölatif Rölyef (Rp)	$Rp = \frac{Rf}{P}$	Rf; Havza rölyefi (m) P; Havza çevresi (km)	Boyutsuz	Schumm (1956)
29	Engebelilik Sayısı (Rn)	$Rn = Rf * Dd$	Rf; Havza rölyefi (m) Dd; Drenaj Yoğunluğu	Boyutsuz	Melton (1957), Strahler (1958)
30	Melton Engebelilik Sayısı (MRn)	$MRn = \frac{Hmak - Hmin}{A^{0.5}}$	Hmak; Havzanın maksimum kotu (m) Hmin; Havzanın minimum kotu (m) A; Havza alanı (km ²)	Boyutsuz	Melton (1965)
31	Yuvarlaklık Oranı (Ror)	$Ror = \frac{4*A}{P*Lb^2}$	A; Havza alanı (km ²) P; Havza çevresi (km) Lb; Havza uzunluğu (km)	Boyutsuz	Chorley (1957)
32	Eğim Oranı (Gr)	$Gr = \frac{(H1 - H2)}{Lb}$	H1; Suyun çıktığı noktanın kotu (m) H2; Havzanın çıkış noktasının Kotu (m)	Boyutsuz	Sreedevi vd. (2005)
33	Drenaj yoğunluğu (Dd)	$Dd = \frac{Lu}{A}$	Lu; "u" mertebesindeki akarsu uzunluğu (km) A; Havza alanı (km ²)	km/km ²	Horton (1932, 1945)
34	Akarsu Sıklığı (F)	$F = \frac{\sum_{i=1}^K Nu}{A}$	Nu; "u" mertebesindeki akarsu sayısı A; Havza alanı (km ²)	km ⁻²	Horton (1932, 1945)
35	Kanal Bakım Sabiti (C)	$C = (1/Dd)$	Dd; Drenaj Yoğunluğu	km/km ²	Schumm (1956)
36	Dairesellik Oranı (Rc)	$Rc = (4 * \pi * A)/P^2$	A; Havza alanı (km ²) P; Havza çevresi (km)	Boyutsuz	Miller (1953) Strahler (1964)
37	Uzama Oranı (Re)	$Re = 1.128 * \left(\frac{\sqrt{A}}{Lb}\right)$ ya da $Re = \left(\frac{2}{Lb}\right) * \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0.5}$	A; Havza alanı (km ²) Lb; Havza uzunluğu (km)	Boyutsuz	Schumm (1956)
38	Sıkışıklık Oranı (Cr)	$Cr = P/(2 * (\sqrt{\pi * A}))$ ya da $Cr = 0.2821 * P/(A^{0.5})$	A; Havza alanı (km ²) P; Havza çevresi (km)	Boyutsuz	Horton (1945) Gupta (1999) Gravelius (1914)

Çizelge 3.1 Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri (devam)

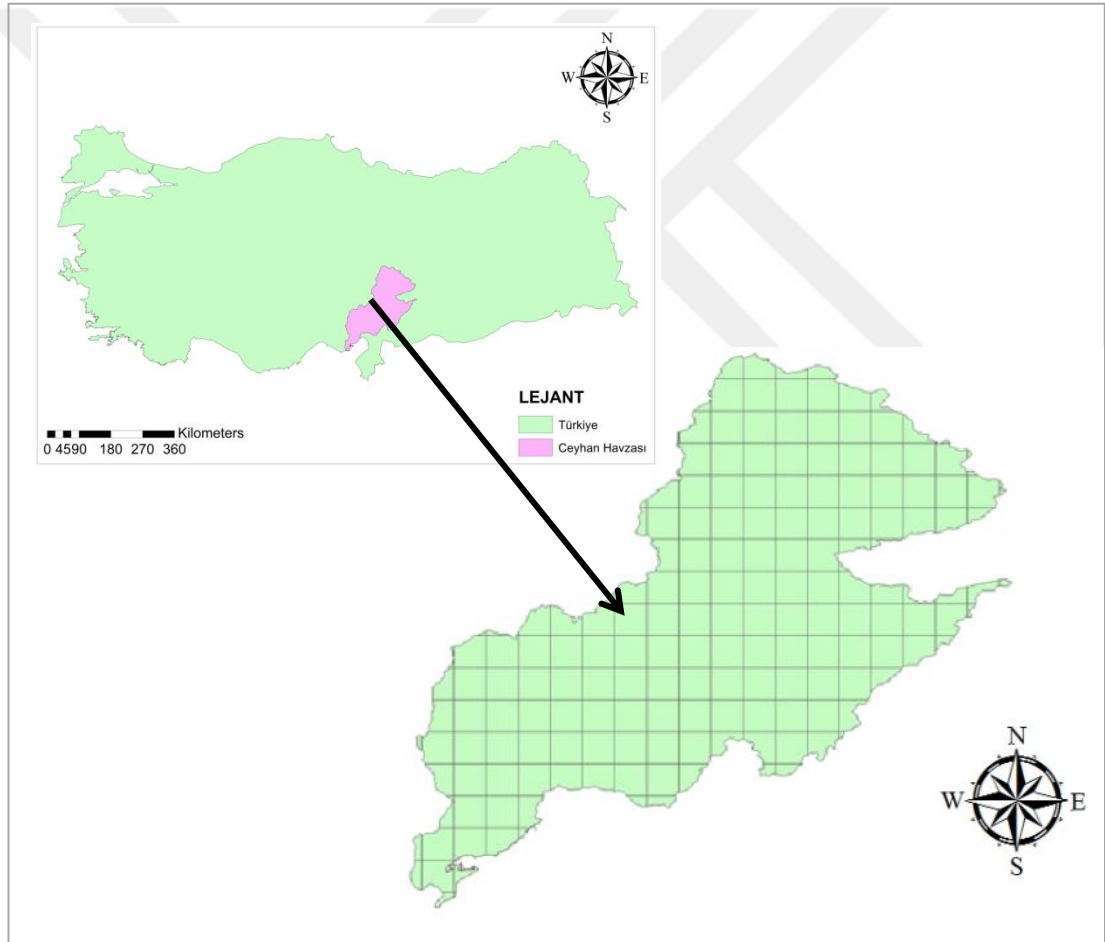
39	Drenaj Deseni (Dt)	$Dt = Dd * F$	Dd; Drenaj Yoğunluğu F; Akarsu Sıklığı	km	Horton (1932) Smith (1950)
40	Biçim Faktörü (Fr)	$Fr = A/L_b^2$	A; Havza alanı (km ²) Lb; Havza uzunluğu (km)	Boyutsuz	Horton (1932,1945)
42	Havza Şekil İndeksi (Sw)	$Sw = L_b^2/A$	Lb; Havza uzunluğu (km) A; Havza alanı (km ²)	Boyutsuz	Horton (1932, 1945)
43	Havza Desen Oranı (Rt)	$Rt = \frac{Nu}{P}$	Nu; “u” mertebesindeki akarsu sayısı P; Havza çevresi (km)	km ⁻¹	Horton (1945)
44	Yüzeysel akış uzunluğu (Lg)	$Lg = \frac{1}{2 * D_d}$	Dd; Drenaj Yoğunluğu	km	Horton (1945) Strahler (1957)
45	Leminiscate Oranı (Le)	$Le = \frac{L_b^2}{4 * A}$	Lb; Havza uzunluğu (km) A; Havza alanı (km ²)	Boyutsuz	Chorely (1957) Ivanoua vd. (2012); Farhan vd. (2015)
46	Havza Şekil faktörü (BSI)	$BSI = (1.27 * A/L_b^2)$	Lb; Havza uzunluğu (km) A; Havza alanı (km ²)	Boyutsuz	Hagget (1956)
47	Standart Kıvrımlılık İndeksi (Si)	$Si = (Lm)/(Lb)$	Lm; Akarsu ana kol uzunluğu (km) Lb; Havza uzunluğu (km)	Boyutsuz	Gregory ve Walling (1973)
47	Eğim İndeksi (Sm)	$Sm = (E/(0.75 * Lm)) * 100$	Lb; Havza uzunluğu (km) E; İçsel Rölyef	%	Majure ve Soenksen (1991)
48	İçsel Rölyef (E)	$E = E(85) - E(10)$	E(85); Ana akarsuyun çıkış noktasından uzaklığının % 85 i mesafe E(10); Ana akarsuyun çıkış noktasından uzaklığının % 10 u mesafe	Km	Strahler (1957)
49	E85	Ana akarsuyun çıkış noktasından uzaklığının % 85'i mesafe	CBS yazılımı ile belirlenir	km	Strahler (1957)
50	E10	Ana akarsuyun çıkış noktasından uzaklığının % 10'u mesafe	CBS yazılımı ile belirlenir	km	Strahler (1957)

Çizelge 3.1 Çalışma kapsamında hesaplanan havza ve drenaj parametreleri (devam)

51	Konsantrasyon Süresi (Tc)	$Tc = 0.0078 * L^{0.77} * (Lb/H mak)^{0.385}$ <p>ya da</p> $Tc = 6.95 * (L_b^{1.15} / R_f^{0.385})$	Lb; Havza uzunluğu (km) Hmak; Havzanın maksimum kotu (m) Rf; Havza rölyefi (m)		Kirpich (1940)
52	Hipsometrik İntegral (HI)	$HI = (Hort - Hmin) / (Hmak - Hmin)$	Hmak; Havzanın maksimum Hmin; Havzanın minimum kotu (m) Hort; Havzanın ortalama kotu (m)	Boyutsuz	Strahler (1957); Sharma ve Tiwari (2009)
53	Dilimleme İndeksi (Dis)	$Dis = \frac{Rp}{Rf}$	Rf; Havza rölyefi (m) Rp; Rölatif rölyefi (m)	Boyutsuz	Singh ve Dubey (1994)

4. Çalışma Alanı ve Veri

Bu tez çalışmasında akarsu havzalarında havza ve drenaj ağı parametrelerinin belirlenmesi amacıyla Ceyhan Havzası uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 4.1). Ceyhan Havzası, Kayseri, Osmaniye, Sivas, Adıyaman, Gaziantep, Malatya, Adana, Hatay, Kahramanmaraş illerinin bir kısmını içine almaktadır (DSİ, 2017). Ancak şekil (4.1)'den de görüldüğü gibi, havza temel olarak Adana, Osmaniye ve Kahramanmaraş illeri sınırları içinden geçmekte ve Ceyhan Nehri Akdeniz'e dökülmektedir.



Şekil 4.1 Uygulama alanı

Ceyhan Havzasının en önemli akarsuyu Ceyhan Nehri olup 509 km uzunluğunda, 21 391 km² drenaj alanına sahiptir.

DSİ verilerine göre Ceyhan Havzasının toplam drenaj alanı 21 391 km²'dir. Uygulama alanında DSİ tarafından işletilen ve çalışma kapsamında kullanılan 25 adet AGİ'ye ait veriler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgede verilen veriler dikkate alınarak uygulama alanında 5 yıl ve daha fazla gözlem değerine sahip ve memba tarafında doğal akışı bozulmamış istasyonlar olmasına dikkat edilmiştir.

Çizelge 4.1 Çalışma alanında yer alan gözlem değeri olan AGİ'lere ait bilgiler

AGİ Adı/Kodu	Akarsu adı	Ölçüm Başlangıç- Bitiş	Drenaj Alanı
d20a005	YARPUZ Ç. (ÇONA)	1962-	93.84
d20a006	SABUN S. (HARUNİYE)	1962-2015	174.48
d20a008	KARAÇAY (OSMANİYE)	1963-	130.32
d20a010	HUMUS S. (ARIKLIKAŞ)	1962-	189.96
d20a015	TÜRBEZEKS. (ÇAMKÖPRÜ)	1962-	190.89
d20a016	/KÖMÜR S. (ALİŞLIBUCAK)	1962-	297.07
d20a021	AKSU Ç. (DEHLİZ)	1969-2015	1180.61
d20a043	KESİK S. (TAŞKÖPRÜ)	1976-	174.63
d20a044	DALACAK D. (DAĞLICAK)	1976-	32.78
d20a045	KIRK S.(ESKİMANTAŞ KÖP.)	1976-	175.12
d20a056	BERTİZ Ç. (HİMMETLİ)	1985-	242.53
d20a057	ÇEMRENGEÇ S. (KOSCAĞIZ)	1985-	224.38
d20a058	TAHTA S. (CANBAZKÖY)	1985-	24.53
d20a059	KEŞİŞ D. (KELEŞLİ)	1985-	170.48
d20a063	ORCAN Ç. (JANDARMALAR)	1989-	53.13
d20a068	KÖPRÜAĞZI D. (GEBEN)	1994-	51.79
d20a069	KARAPINAR D. (GEBEN)	1993-	29.43
d20a071	KARAPINAR D.(KIZILLAR K.)	1996-	42.12
d20a072	MELETMEZ D.	1993-2016	47.1
d20a074	TEKİR D. (ALİŞAR)	2011-2016	133.69
d20a077	ÇATAK DERESİ (ÇATAK)	2002-2016	45.62
d20a080	TANIR D. (ŞAHİNKAYASI)	2011-2016	37.38
e20a008	SAVRUN D. (KADİRLİ)	1969-2016	440.95
e20a022	SÖĞÜTLÜ SUYU (HANKÖY)	1973-2016	402.14
e20a025	HURMAN SUYU (GÖZLER ÜSTÜ)	1996-2016	967.15

5. CBS ile Havza Parametrelerinin Belirlenmesi: İşlem Adımları

Çalışmanın bu bölümünde CBS ile akarsu havzalarında aşağıda verilen çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

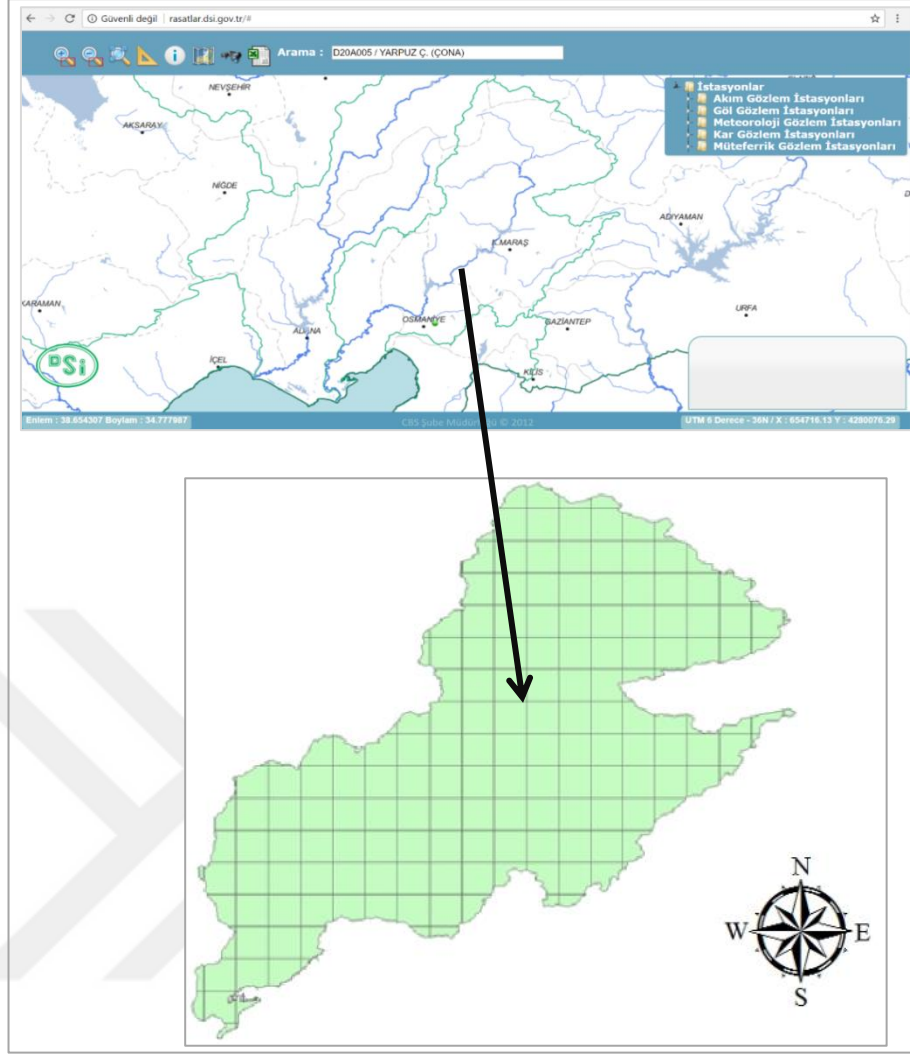
- Havzaya ait verilerin elde edilmesi
- Havza TIN modelinin oluşturulması
- Havza sayısal yükseklik modelinin oluşturulması
- Drenaj sınırlarının oluşturulması,
- Havza fiziksel parametrelerinin belirlenmesi,
- Drenaj ağının oluşturulması ve alt havzaların oluşturulması vb.

Analizler yapım aşamaları adım adım anlatılmıştır. Bunun için İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Lisansı bulunan ArcGIS 10.4 yazılımı kullanılmıştır.

5.1. Verilerin Elde Edilmesi

Büyük ölçekli bir havzada ArcGIS yazılımı vasıtasıyla yapılması planlanan parametre analizini gerçekleştirmek amacıyla Türkiye'deki her bir havzada yer alan toplam akım gözlem istasyonları (AGİ) sayısına bakılarak, bunlar içerisinde üst üste 5 yıl ve daha fazla yıl ölçüm değerine sahip olan Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Kurumlarına ait istasyon sayısı tespit edilmiştir. Tüm havzalarda gerçekleştirilen AGİ taramasının ardından, Ceyhan Havzasındaki 25 adet minimum üst üste 5 yıl ölçüm değerine sahip mevcut AGİ'nin kullanılmasına karar kılınmıştır (Şekil 1).

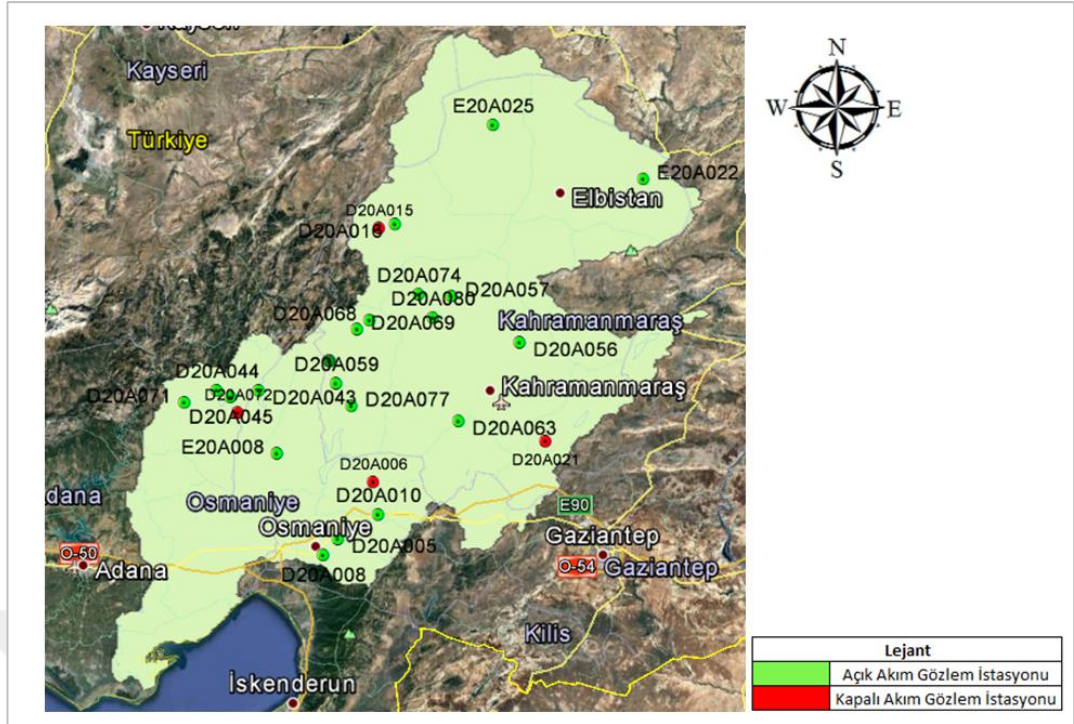
Havzadaki akarsu kollarında boş kalan kısımlara da Ceyhan Havzasının genel karakteristiğini tespit edebilmek amacıyla ArcGIS yazılımı kullanılarak farklı drenaj alanlarına sahip 33 adet gözlem değeri olmayan havza tanımlanmıştır. Böylece, toplamda 58 adet AGİ'nin drenaj alanları ve akarsu ağları ve bunlara ait parametrenin hesabı ve her bir AGİ'ye ait haritalar yine ArcGIS yazılımı ile elde edilerek, 58 AGİ'ye ait sonuçlar arasındaki ilişki sunulmuştur.



Şekil 5.1. DSİ havza veri tabanında Ceyhan Havzası genel görünümü (DSİ, 2017) ve CBS yazılımı görüntüsü

ArcGIS Yazılımında üretilecek olan sanal Ceyhan Havzası için harita altlıkları Harita Genel Komutanlığı'ndan satın alınmış ve sırasıyla aşağıdaki ArcGIS fonksiyonları işlemleri uygulanarak sayısal Ceyhan Havzası elde edilmiştir (Şekil 1).

İşleme başlarken Ceyhan Havzasında yer alan bütün 5 yıl ve daha fazla yıl ölçüm değerine sahip akım gözlem istasyonlarının koordinatları DSİ rasatlar veri tabanı dikkate alınarak ArcGIS Yazılımına girilerek işlenmiş ve Şekil 2'de gösterilmiştir (DSİ, 2017). Drenaj alanları ArcGIS Yazılımında elde edilmiş olup yapılan incelemede drenaj ağları birbirini kapatmayacak olan AGİ'lerden maksimum alan çeşitliliği ve maksimum AGİ sayısı elde edilmesi amaçlanmıştır.



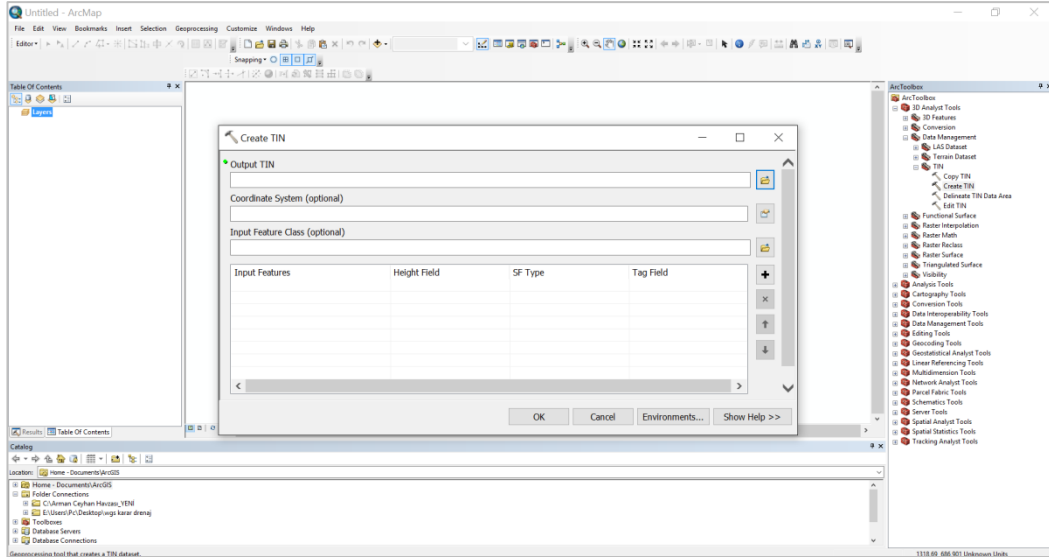
Şekil 5.2. Ceyhan Havzasında gözlem değeri olan AGİ genel görünümü

5.2. ArcGIS Havza Karakteristiği Belirleme İşlem Adımları

Bu bölümde gözlem değeri olan 25 adet ve gözlem değeri olmayan 33 adet alt havza için ArcGIS yazılımı yardımıyla drenaj sınırları ve karakteristiklerinin belirlenmesi adım adım anlatılmıştır. Bunun için yukarıda belirtildiği Ceyhan havzası sayısal haritası temel alınmıştır.

“TIN” Yapısının Oluşturulması

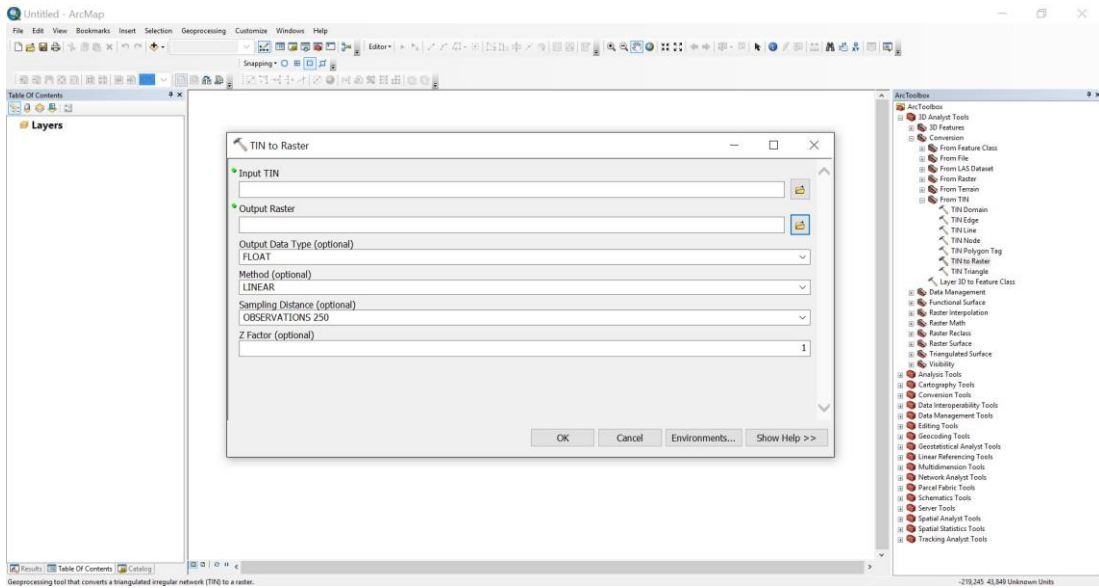
Triangulated irregular network (TIN), üçgenlenmiş düzensiz ağ oluşturma menüsü, yükseklik eğri ve noktalarının yükseklik değerlerinin kullanarak arazinin topoğrafik yapısını belirlemek amacıyla arazinin üçgen modelinin oluşturulmasını sağlamaktadır. *Add* butonu ile kullanılacak 1/25000’lik yükseklik paftaları ekrana çağrılmakta, *Arctoolbox*’da bulunan *3d Analyst Tools-Data Management Tools-TIN-Create TIN* işlem sırası ile yükseklik değerleri bulunan veriler (eğri ve nokta) kullanılarak arazi modelinin oluşturulması amacıyla üçgenleme yapılır. Bu işlem yapılırken bu verilerin (eğri, nokta) *Elevation* değerlerinin kullanılması sağlanır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. ArcGIS yazılımında TIN yapısının oluşturulması

“DEM” Modelinin Oluşturulması

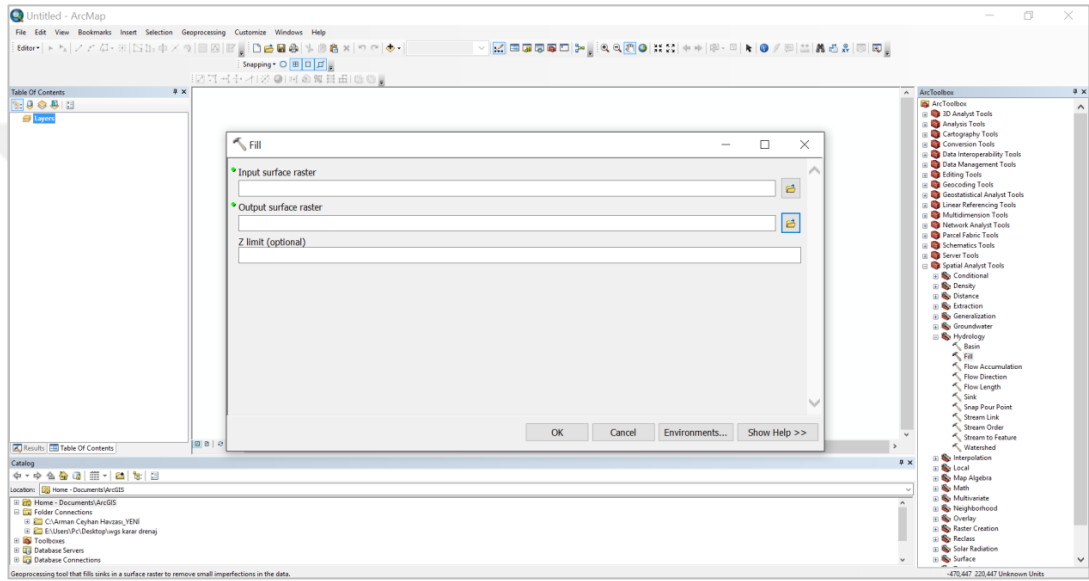
Oluşturulan üçgen modelinde yer alan değerlerindeki yükseklik verilerinin piksel boyutlarına bölerek her piksele yükseklik değeri atanmasını sağlamak için *Tin to Raster* menüsü kullanılır. *Create TIN* işleminden sonra elde edilen tin verileri bu şekilde kullanılamayacağından, yükseklik değerleri bulunan piksellere bölünmesi işlemi gerçekleştirilir. *Arctoolbox* altında, *3d Analyst Tools- Conversion- from TIN- TIN to Raster* işlemi kullanılarak tin verileri yükseklik değeri bulunan piksellere bölünür ve dem verisi elde edilir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. ArcGIS yazılımında DEM oluşturulması

“Fill” Komutu

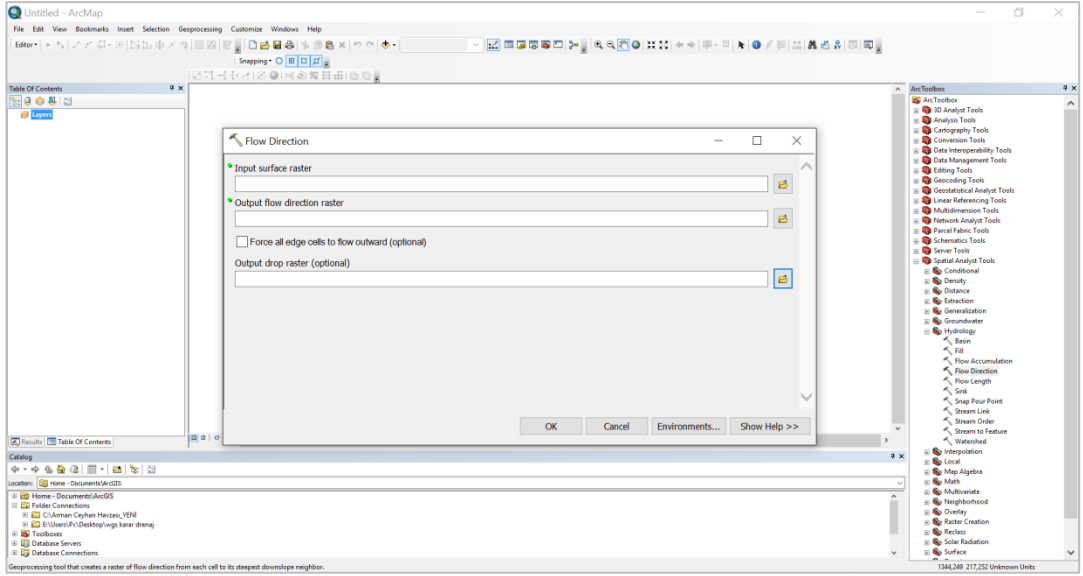
Yükseklik değerine sahip piksellerin boş kalan ve düzensiz olan hücrelerini komşu piksellerdeki yükseklik verilerini referans olarak boş kalan kısımları enterpole etmek suretiyle yükseklik verilerinin düzenlenmesi işlemidir. Elde edilen dem verilerinde bulunan bazı yükseklik değerleri bulunan düzensiz piksellerin enterpolasyon yöntemiyle komşu piksellerin yükseklik değerlerinden yola çıkarak düzenlenip sağlıklı yükseklik verileri elde etme işlemidir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. ArcGIS yazılımında Fill komutunun uygulanması

“Flow direction”

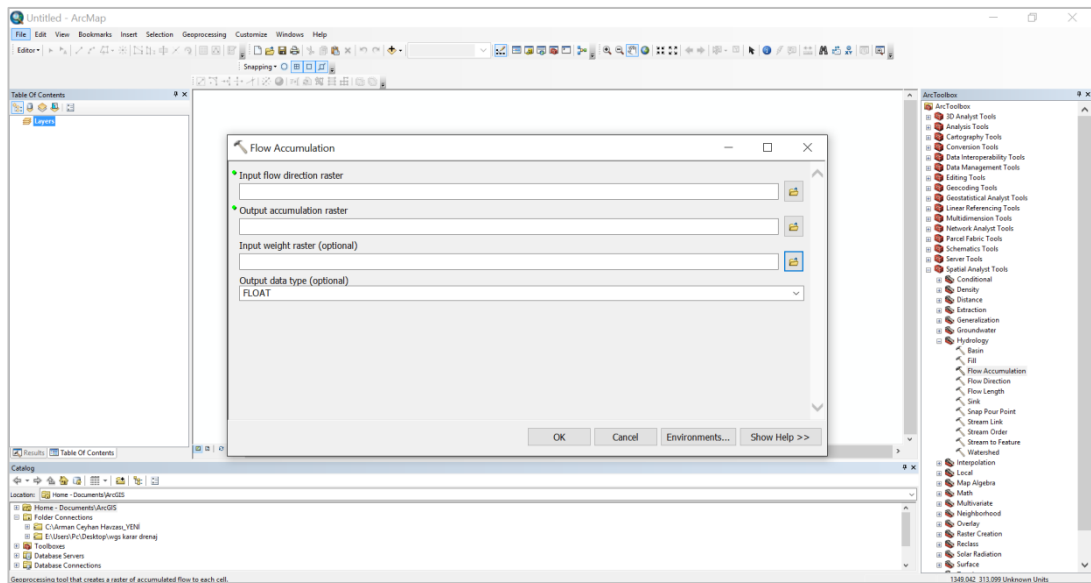
Yükseklik değerleri düzenlenmiş pikseller kullanılarak yükseklik haritasındaki yükseklik verilerinin akarsu akış yönünü ve akarsu ağını ortaya çıkarılması için *Flow Direction* menüsü kullanılır. *Flow Direction* menüsünde her bir hücrenin en dik eğimli komşusuna akım yönü raster olarak oluşturulur. *Fill* komutu ile yükseklik değerleri düzenlenmiş piksellerden *Arctoolbox* altında, *Spatial Analyst Tools-Hydrology- Flow Direction* işlemi sırası ile akış yönü belirlenir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Flow direction Menüsü

“Flow accumulation”

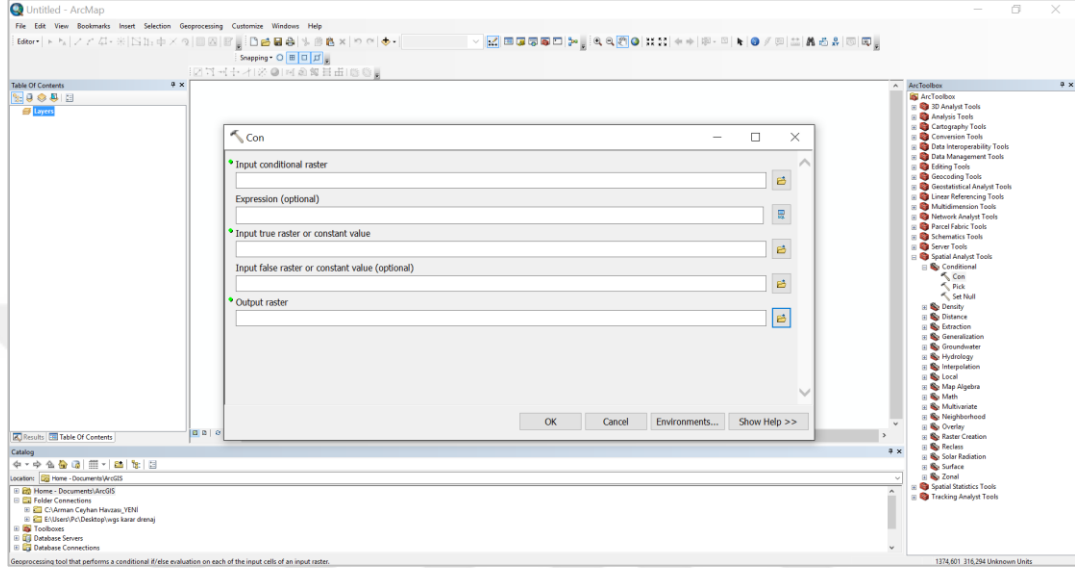
Her bir hücreye biriken akış raster olarak tanımlanabilecek olan *Flow Accumulation*, her bir alt eğimdeki hücrelere akan tüm hücreler için ağırlığın biriktirilmesiyle elde edilir. Akış yönü verilerinin belirlenmesinin ardından *ArcToolbox* altında, *Spatial Analyst tools-Hydrology- Flow Accumulation* işlemi vasıtasıyla bu değerler kullanılarak suyun toplanma yoğunluğu piksel değerlerine bölünür. Diğer bir deyişle debi yoğunluğunun belirlenmesi işlemidir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. Flow Accumulation Menüsü

“Con “

Bir girdi rasterındaki her bir girdi hücrelerinde koşullu *if/else* değerlendirmesi yapılmasıdır. *Arctoolbox* altında, *Spatial Analyst Tools- Conditional- Con* işlem sırası ile debi yoğunlukları belirlenen piksellerin istenilen sınır değerinden yüksek verilerin elemine edilmesi işlemidir (Şekil 5.8).



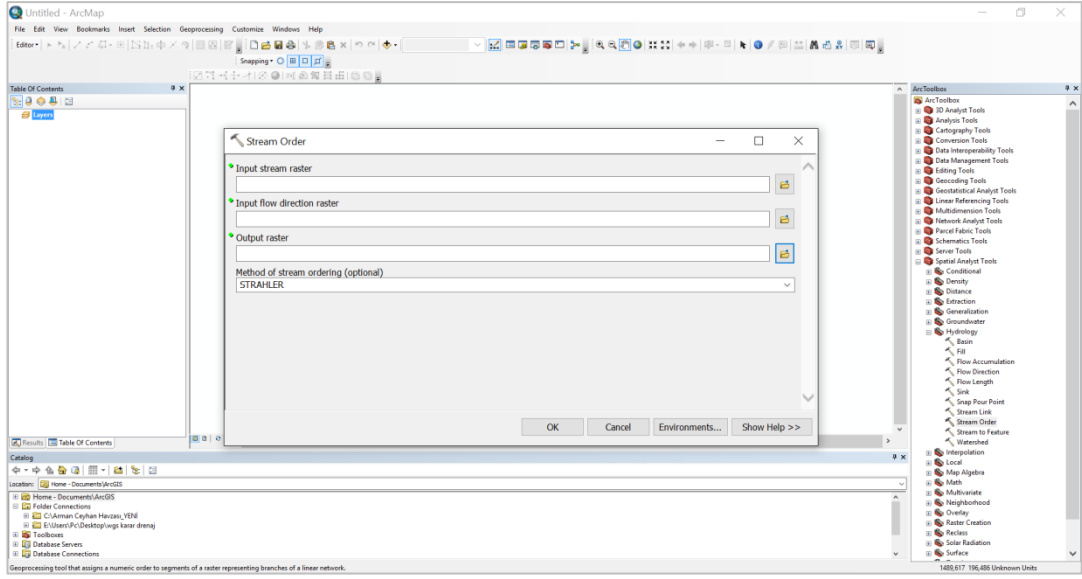
Şekil 5.8. Con Menüsü

“Stream order“

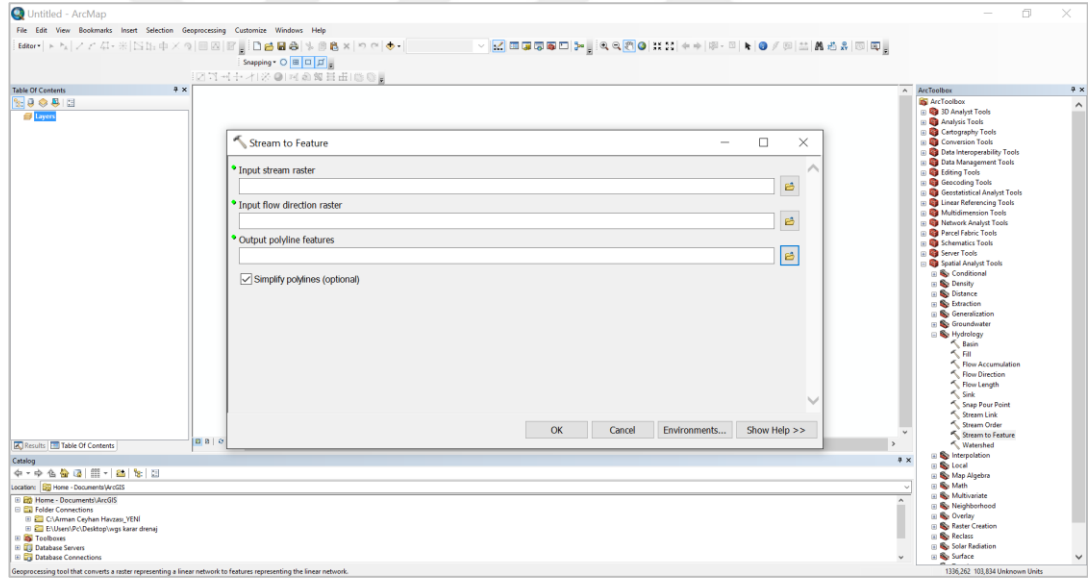
Lineer bir ağın kollarını temsil eden raster parçalarına sayısal bir mertebelenendirme atanması işlemidir. *Arctoolbox* altında, *Spatial Analyst Tools- Hdyrology-Stream Order* işlemi ile drenaj ağı ortaya çıktından sonra Strahler (1957) ya da Shreve (1966) Yöntemi ile akarsu kollarını mertebelenendirme işlemidir (Şekil 5.9).

“Stream to feature”

Lineer ağları temsil eden bir rasterın linear ağı temsil eden özelliklere dönüştürülmesi işlemidir. *Arctoolbox* altında *Spatial Analyst Tools- Stream to Feature* işlemi ile mertebeleri belirlenen akarsu ağının geometrik olarak oluşturulması işlemidir (Şekil 5.10).



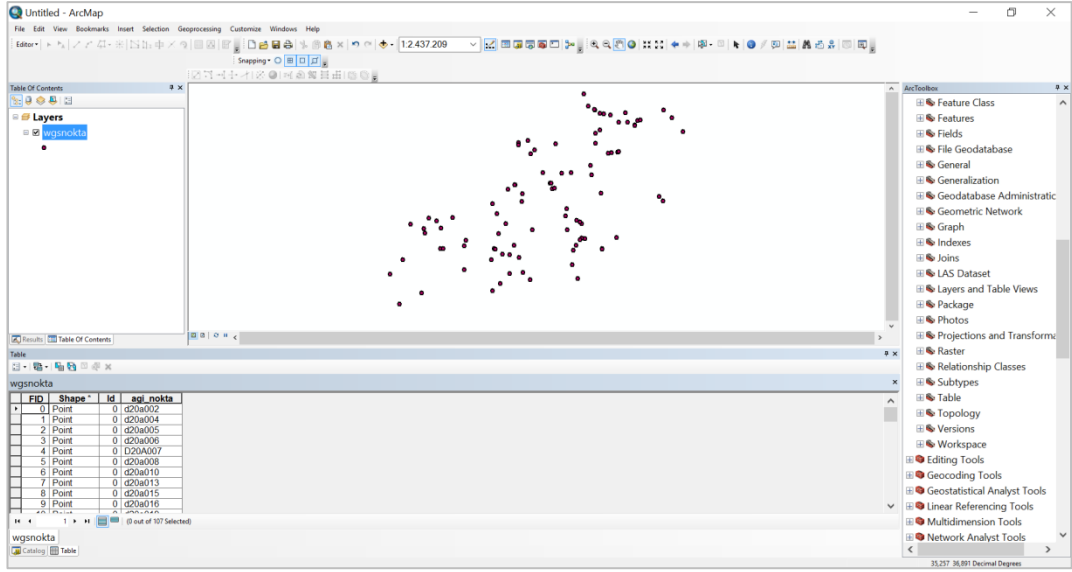
Şekil 5.9. Stream Order Menüü



Şekil 5.10. Stream To Feature Menüü

“Nokta Atımı”

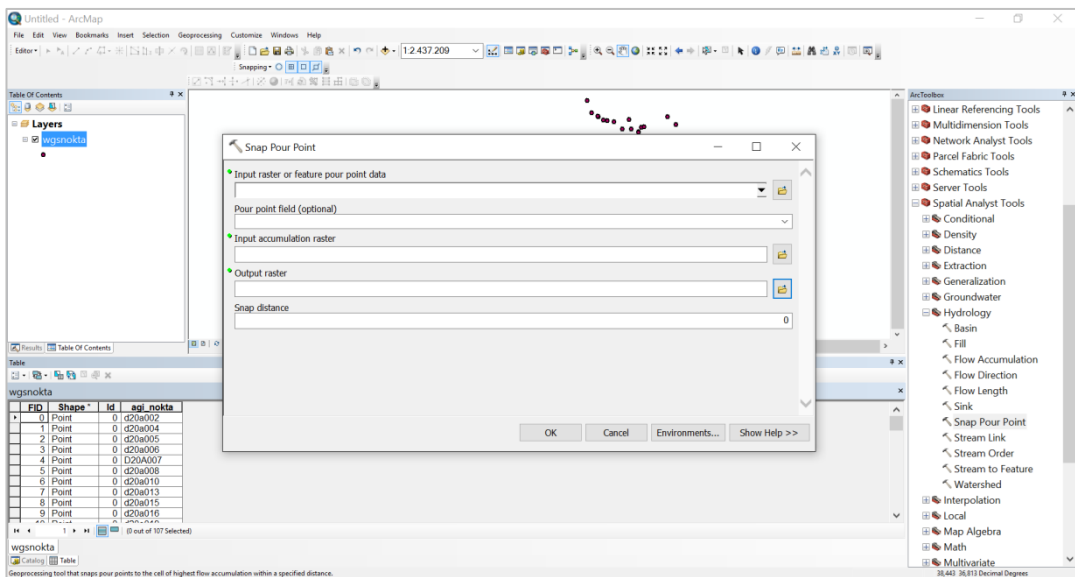
Sanal olarak oluşturulacak ağı noktalarının koordinatlarının girilmesi veya manuel olarak drenaj ağı üzerine yerleştirilmesi işlemlerinin ARCGIS Yazılımında gerçekleştirilmesi işlemidir. Çalışma klasörünün altında *Create New Shapefile* özelliği ile noktaların yer alacağı klasör oluşturulur, “Start Editing” komutu ile noktalar ARCGIS programında koordinat girilerek veya manuel olarak drenaj ağı üzerine yerleştirilir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Nokta atımı özet adımları

“Snap Pour Point oluşturma”

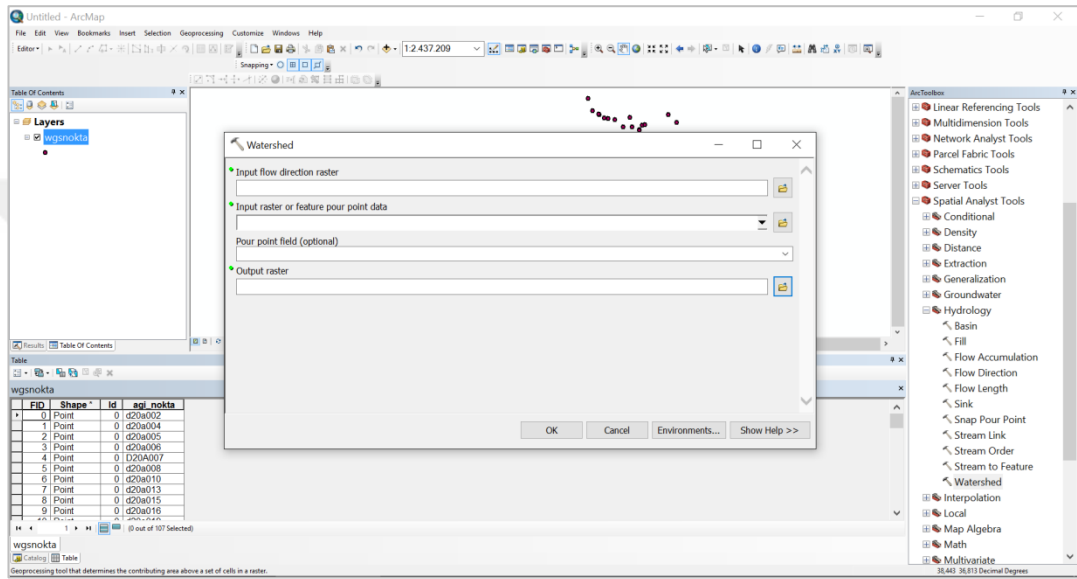
ARCGIS yazılımında yerleştirilen noktaların yazılımdaki *Snap Pour Point* fonksiyonu ile drenaj ağı çevirme işlemi öncesinde drenaj ağı üzerine sabitlenmesi işlemidir. Nokta yerleştirme işleminin tamamlanmasının ardından *Arctoolbox* altında, *Spatial Analyst Tools-Hydrology-Snap Pour Point* işlemi ile söz konusu drenaj ağı üzerine yerleştirilmiş olan noktalar, akarsu üzerine ağı noktasını temsil edecek şekilde sabitlenir ve böylece akarsu ağı ve nokta birleşmiş olur (Şekil 5.13).



Şekil 5.12. Snap pour point menüsü

“Watershed oluşturma”

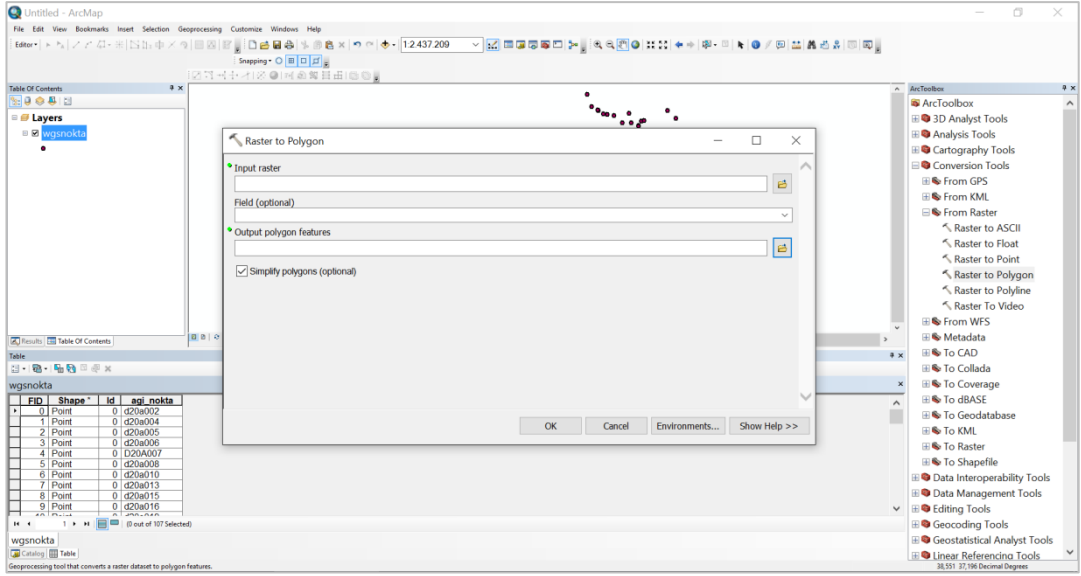
Raster içerisindeki bir hücre kümesi üstünde katılan alanın belirlenmesi işlemi ile drenaj ağı taslağının elde edilmesidir. *Arctoolbox* altında, *Spatial Analyst Tools-Hydrology- Watershed* işlemi ile akarsu üzerindeki noktanın ağı noktası olduğu kabul edilerek, bu noktadan akarsuyun u kısmına kadar olan kısım yorumlanarak drenaj ağı çevrilir (şekil 5.13).



şekil 5.13. Watershed Menüsü

“Raster to polygon oluşturma”

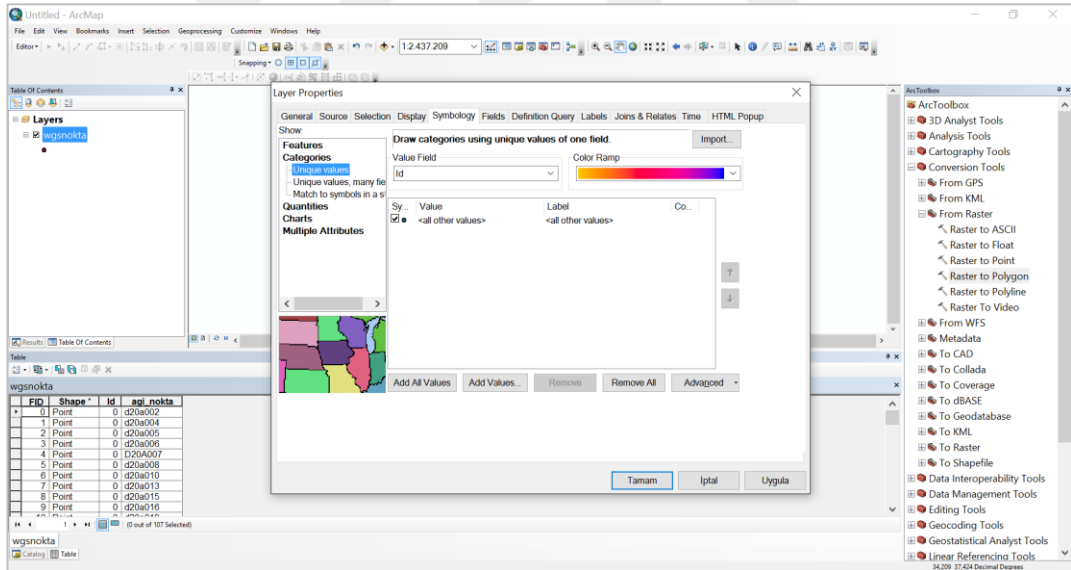
Raster veri kümesinin poligon özelliklerine dönüştürülmesi işlemidir. *Arctoolbox* altında *Conversion Tools* altında *From Raster* altında yer alan *Raster to Polygon* işlemi ile watershed işlemi ile oluşturulan drenaj ağı poligon görünümüne kavuşturulur (şekil 5.14).



Şekil 5.14. Raster to polygon menüsü

“Layer properties”

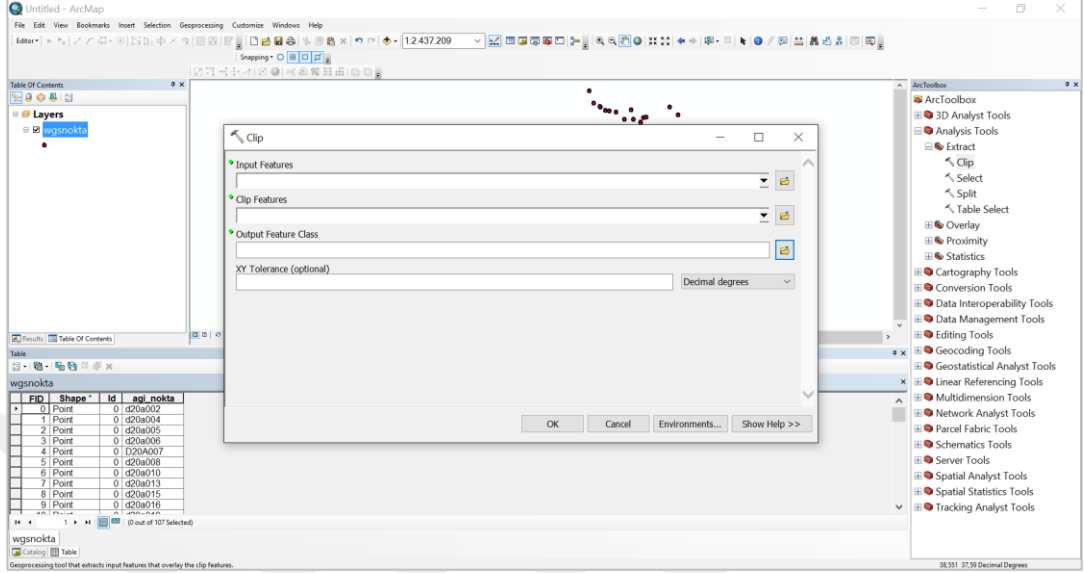
Katmanlara ait özelliklerin seçilebildiği, ayarlanabildiği menüdür (Şekil 15).



Şekil 5.15. Layer properties menüsü

“Clip işlemi”

Tüm Ceyhan Havzası içerisinde belirlenen mikro havzaların drenaj ağlarını kesmek için kullanılan ARCGIS Yazılımı fonksiyonudur (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. Clip menüsü

“Havza parametreleri sonuç tablosu”

25 adet gözlem değeri olan ve 33 gözlem değeri olmayan AGİ’ye ait fiziksel parametrelerin sergilendiği tablodur (Şekil 5.17).

OBJECTID	SHAPE	Agi	Havza Alanı A_kimetre2	Havza Çevresi P_kimetre	Havza Uzunluğu Lb_kimetre	Havza Genişliği W_kimetre	Havza Maks_Kotu Hmak_metre	Havza Min_Kotu Hmin_metre	Hmaks
1	Polygon	d20a005	93.840854	49.710446	17.308222	5.42175	2079	186	186
2	Polygon	d20a006	174.481051	65.830557	24.617665	7.087636	2233	344	344
3	Polygon	d20a008	130.315806	55.694413	20.857016	6.248056	2154	215	215
4	Polygon	d20a010	189.961159	69.364704	26.835415	7.352743	1794	604	604
5	Polygon	d20a015	190.888702	74.808212	25.906993	7.368231	2752	1380	1380
6	Polygon	d20a016	297.084908	95.209639	33.305304	8.914447	2954	1394	1394
7	Polygon	d20a021	1180.610976	275.629697	72.927362	16.188862	2450	591	591
8	Polygon	d20a040	69.967679	49.645894	14.649632	4.775973	1410	605	605
9	Polygon	d20a043	174.605663	67.486141	24.026252	7.086173	1889	219	219
10	Polygon	d20a044	32.776028	26.531753	9.522913	3.441807	1368	299	299
11	Polygon	d20a044	172.110601	77.437381	34.628873	7.008814	1043	776	776

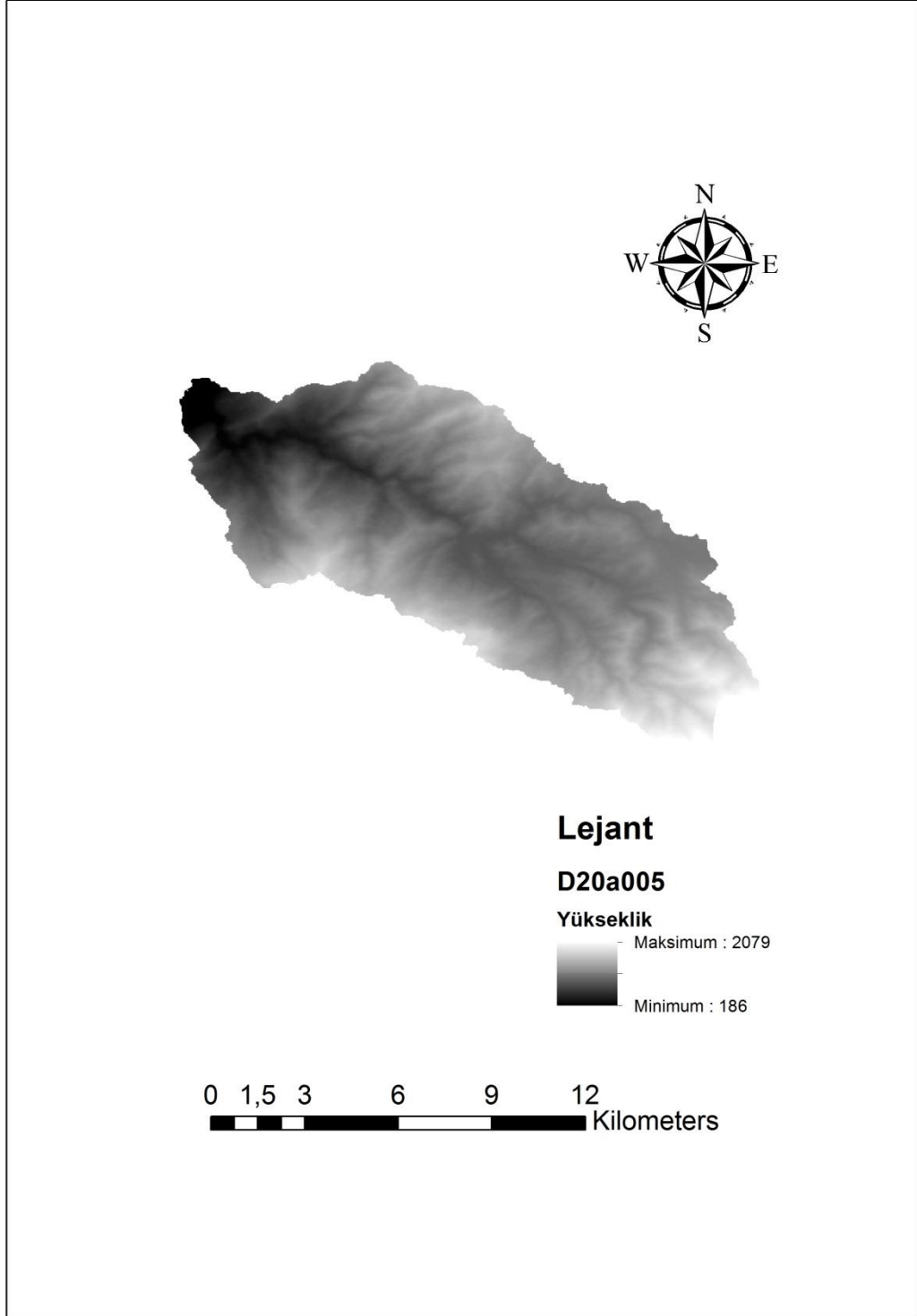
Şekil 5.17. ARCGIS yardımıyla elde edilen havza parametre değerleri tablosu

6. HAVZA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

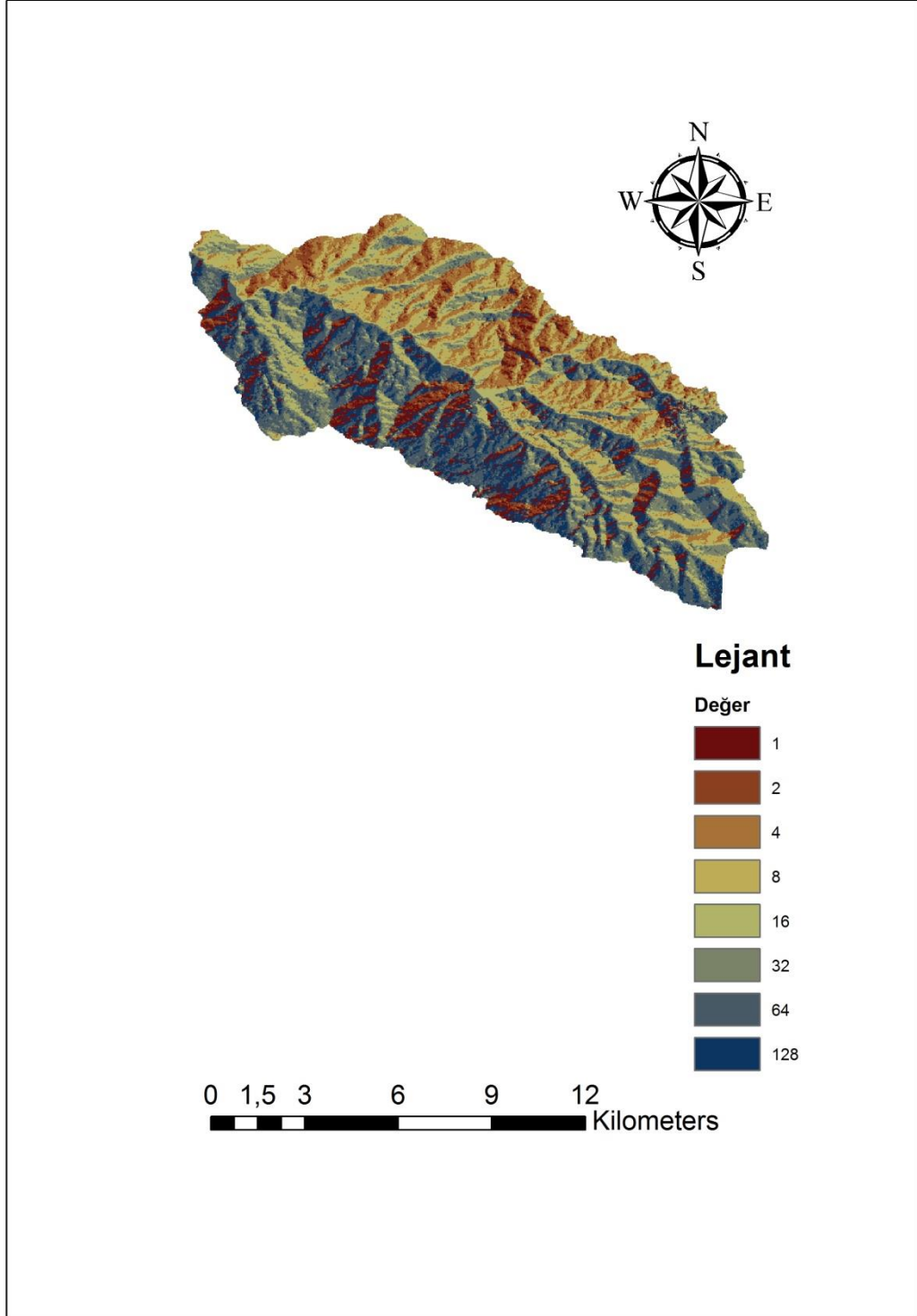
Çalışmanın bu bölümünde uygulama alanı olarak seçilen Ceyhan havzasında belirlenen alt havzalara ait fiziksel, boyutsuz ve drenaj parametreleri CBS yazılımı ile belirlenmiştir. Havza parametreleri belirlenecek alt havzalar iki farklı grupta toplanmıştır. Çalışma alanı bölümünde de bahsedildiği gibi Ceyhan havzasında 5 yıldan daha fazla gözlem değerine sahip AGİ'ler dikkate alınmış ve bunların drenaj sınırları belirlenerek havza parametreleri hesaplanmıştır. Her bir alt havza için önceki bölümlerde detaylı bir şekilde verilen havza fiziksel ve drenaj parametreleri belirlenmiş ve bu parametreler yardımıyla havzaya ait boyutsuz parametreler hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında ayrıca, Ceyhan havzasında AGİ noktası olmayan akarsu kolları incelenmiş ve gözlem değeri olmayan alt havzalar belirlenmiştir. Bu alt havzalara ait drenaj sınırlarının belirlenmesi ve parametrelerin hesaplanması için "sanal AGİ" olarak ifade ettiğimiz noktalar atanmış ve noktalar referans alınarak drenaj havzası oluşturulmuştur. Her bir gözlem değeri olmayan alt havza için benzer şekilde tüm parametreler CBS yardımıyla belirlenmiş ve boyutsuz parametreler hesaplanmıştır.

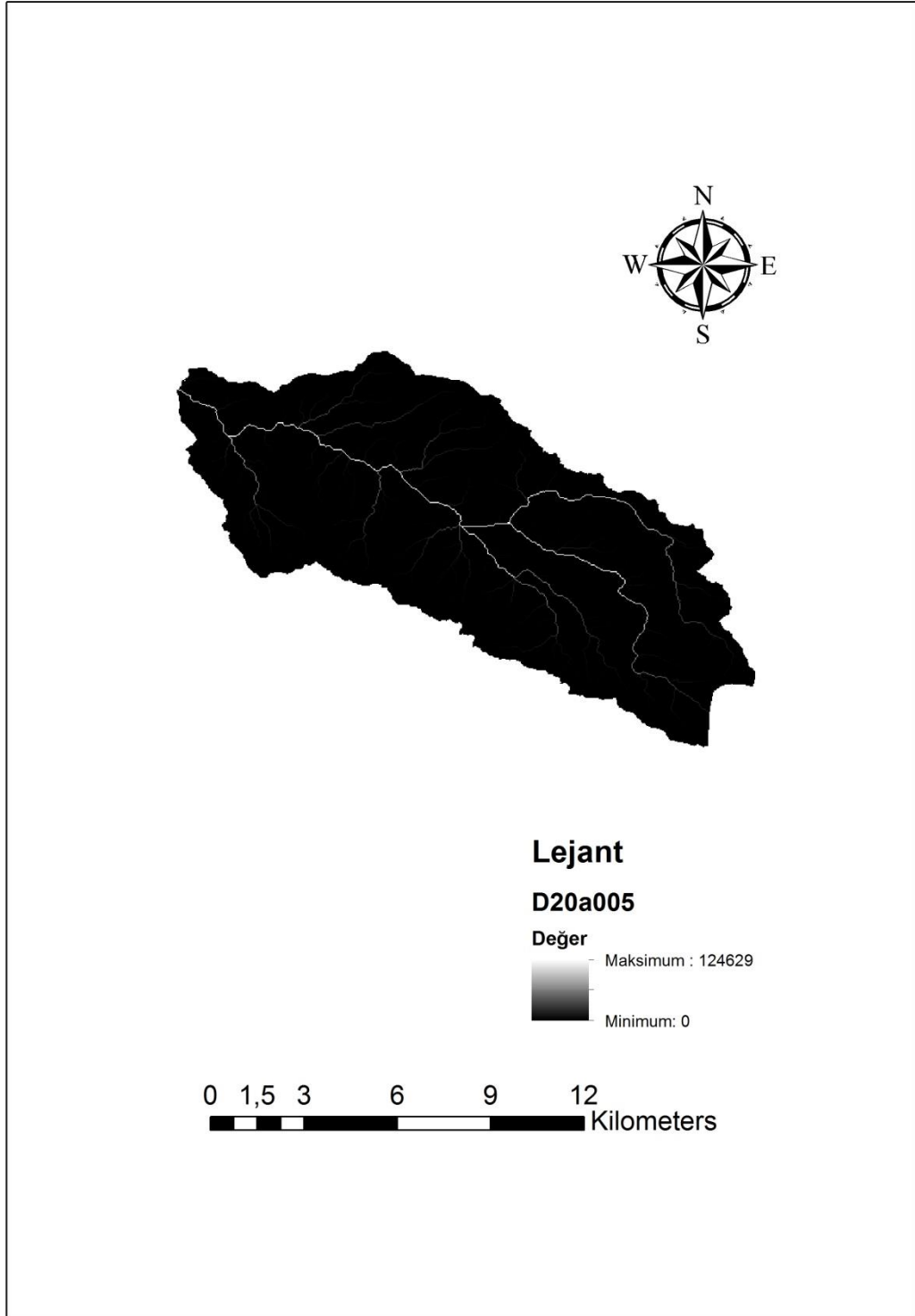
Çalışma kapsamında toplamda 58 adet alt havza için 53 adet parametre belirlenmiş olup tüm alt havzalar için oluşturulan oldukça fazla sayıda haritaların burada verilmesinden ziyade örnek bir alt havza için oluşturulan haritalar örneklendirilecektir. Verilen bu örnek alt havzadaki bütün analizler, çalışmalar, raporlamalar ve değerlendirmeler tüm alt havzalar için benzer şekilde oluşturulmuştur. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesinde önceki bölümlerde verilen ArcGIS işlem adımları ve sayısal haritalar kullanılmıştır.



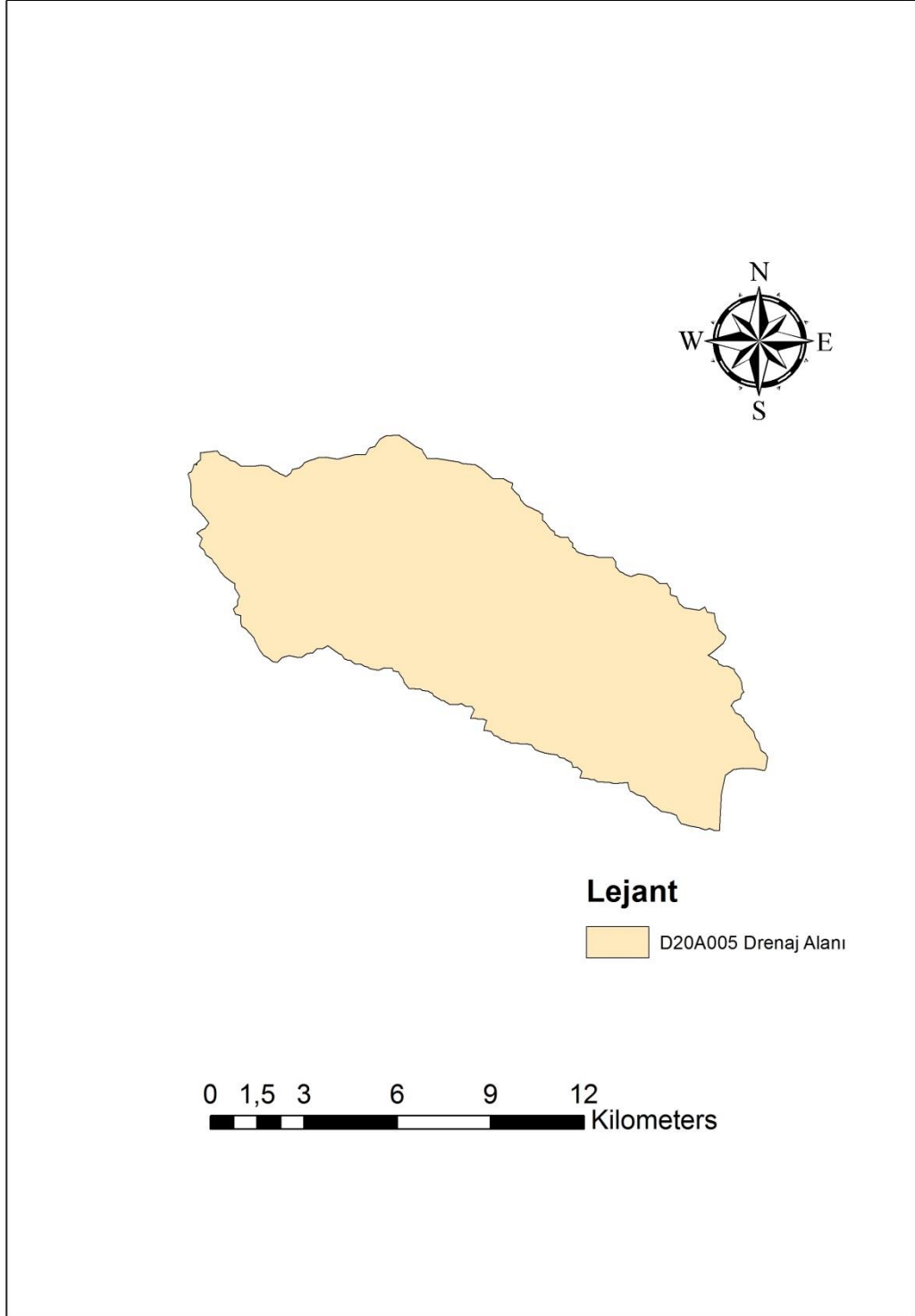
Şekil 6.1. D20A005 Agi İstasyonu Dem Haritası



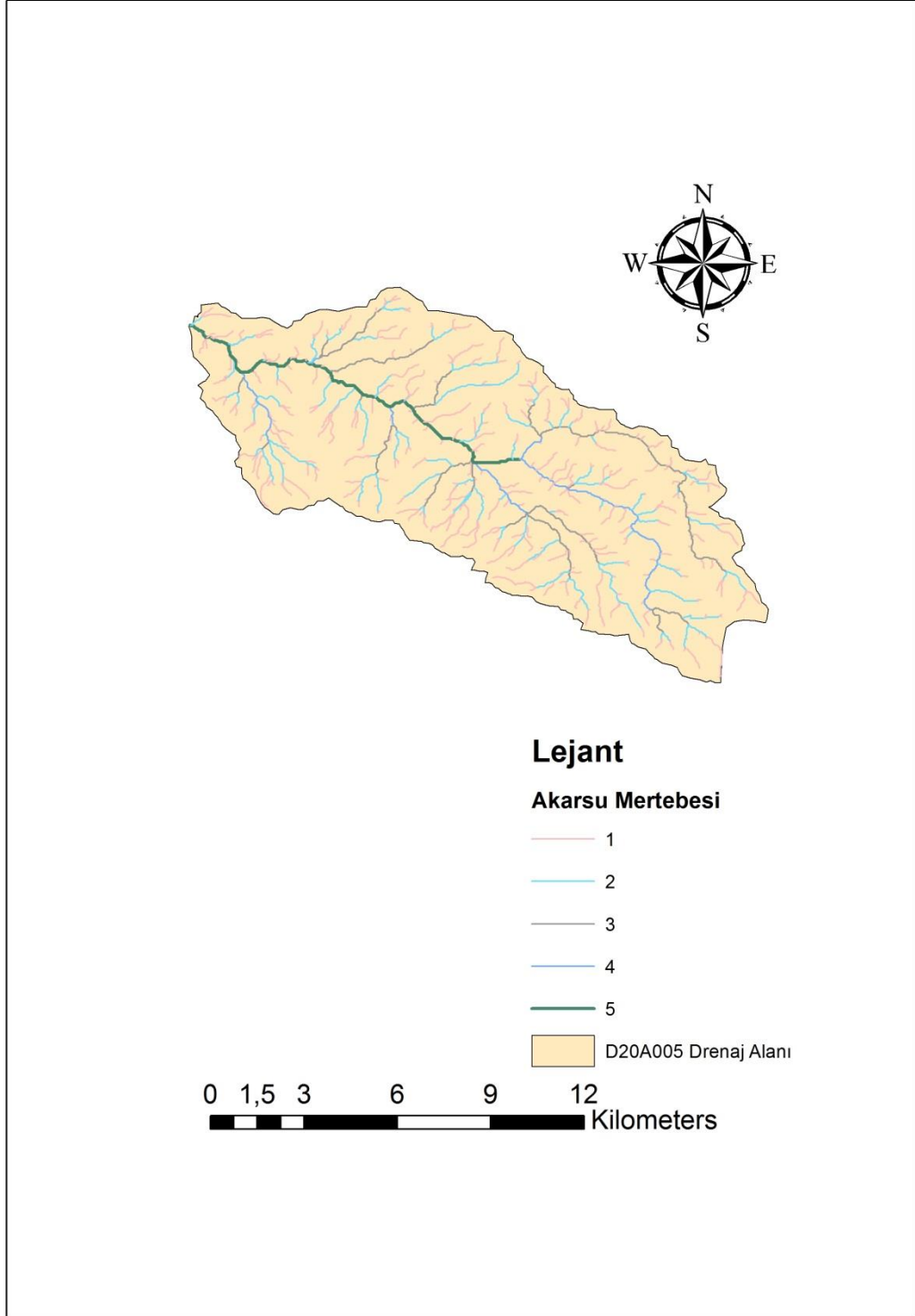
Şekil 6.2. D20A005 AGİ Flow Direction Haritası



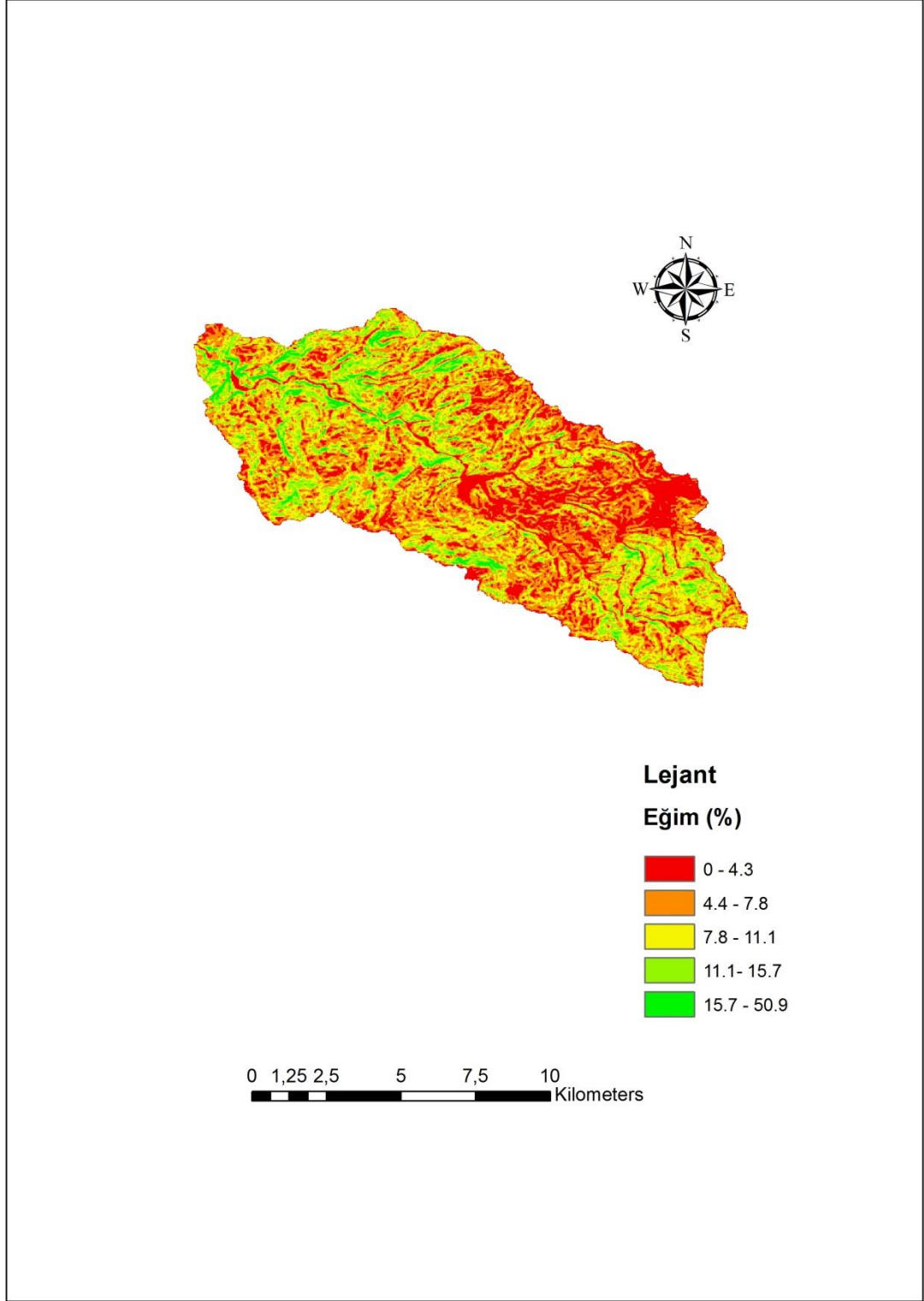
Şekil 6.3. D20A005 AGİ Flow Accumulation Haritası



Şekil 6.4. D20A005 AGİ Drenaj Alanı Haritası

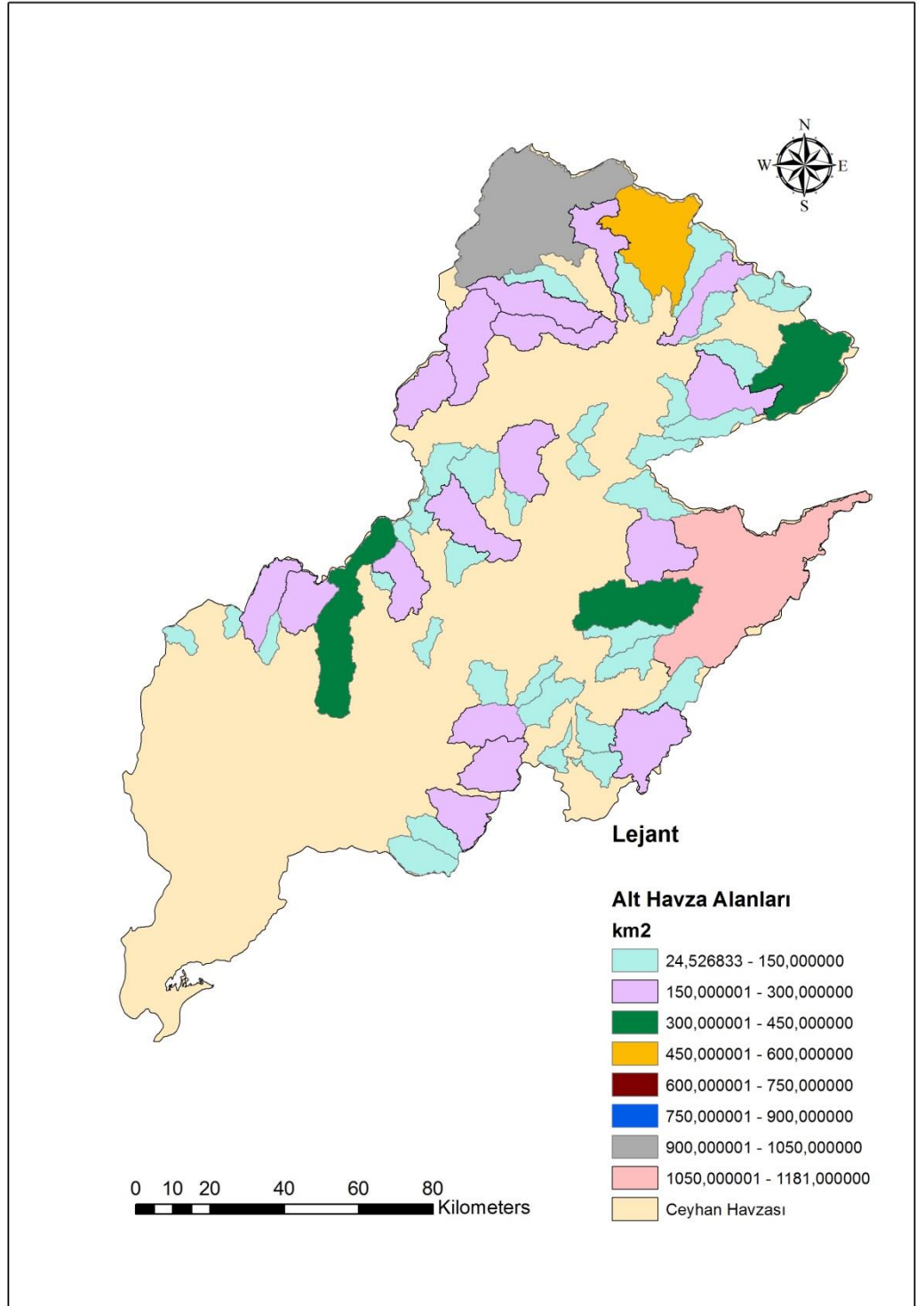


Şekil 6.5. D20A005 AGİ Drenaj Ağı Haritası



Şekil 6.6 D20A005 AGİ Eğim Haritası

Uygulama alanında CBS yazılımı yardımıyla oluşturulan alt havzaların genel görünümü Şekil 6.7’de gösterilmiştir.



Şekil 6.7 Ceyhan Havzasında oluşturulan Alt Havzalar

Şekil 6.7’de verilen tüm havzalara ait belirlenen parametreler ve hesaplanan boyutsuz parametreler gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan alt havzalar için ayrı tablo haline getirilmiş ve değerlendirilmiştir. Uygulama alanında gözlem değeri olan 25 adet alt havzaya ait fiziksel parametreler Çizelge 6.1’de verilmiştir. Benzer şekilde gözlem değeri olmayan 33 adet alt havzaya ait fiziksel parametreler Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 ve 6.2’de verilen havza ağırlık merkezi (X koordinatı) ve (Y koordinatı) CBS yazılımı kullanılarak elde edilmiş olup sunulan değerler ED50 Datum6 sisteminde elde edilmiştir.



Çizelge 6.1 Gözlem değeri olan havzalara ait fiziksel parametreler

AGİ	Havza Alanı (A)	Havza Çevresi (P)	Havza Mak.Kot (H_{mak})	Havza Min. Kot (H_{min})	Havza Ort.Kot (H_{ort})	Havza Ağır. Merk. X	Havza Ağır. Merk. Y	Havza Uzun. (L_b)	Havza Genişliği (W)	Havza Rölyefi (R_f)	Rölyef Oranı (R_r)	Rölatif Rölyef (R_p)	Akarsu Ana Kol Uzun. (L_m)
	(km ²)	(km)	(m)	(m)	(m)	UTM	UTM	(km)	(km)	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	(km)
d20a005	93.84	49.71	2079	186	1167.4	804230.06	4106932.56	17.31	5.42	1893	0.11	0.038	24.15
d20a006	174.48	65.83	2233	344	1190.4	818536.15	4136430.15	24.62	7.09	1889	0.08	0.029	29.68
d20a008	130.32	55.89	2154	215	1284.8	800551.21	4100984.95	20.86	6.25	1939	0.09	0.035	24.98
d20a010	189.96	69.37	1794	504	1073.8	820513.21	4125259.74	25.84	7.35	1290	0.05	0.019	30.23
d20a015	190.89	74.81	2752	1380	1807.0	801826.65	4226496.73	25.91	7.37	1372	0.05	0.018	26.82
d20a016	297.07	95.27	2954	1394	2107.8	813681.09	4239392.56	33.31	8.92	1560	0.05	0.016	42.32
d20a021	1180.6	275.83	2450	591	1113.4	886472.65	4176033.84	72.93	16.19	1859	0.03	0.007	94.65
d20a043	174.63	67.49	1889	219	1012.0	769062.16	4169856.28	24.63	7.09	1670	0.07	0.025	25.06
d20a044	32.78	26.53	1368	299	749.4	749811.33	4164241.75	9.52	3.44	1069	0.11	0.040	10.33
d20a045	175.12	77.54	1943	270	711.6	759004.85	4170269.39	24.67	7.10	1673	0.07	0.022	33.45
d20a056	242.53	82.12	2791	742	1567.9	863611.70	4183602.22	29.68	8.17	2049	0.07	0.025	30.58
d20a057	224.38	77.93	2877	929	1634.7	828501.61	4208345.92	28.40	7.90	1948	0.07	0.025	31.78
d20a058	24.53	27.53	2239	992	1253.5	790301.88	4175391.25	8.08	3.04	1247	0.15	0.045	8.18
d20a059	170.48	77.5	2266	1028	1371.1	795770.61	4175158.68	24.30	7.02	1238	0.05	0.016	25.69

Çizelge 6.1 Gözlem değeri olan havzalara ait fiziksel parametreler (devam)

AGİ	Havza Alanı (A)	Havza Çevresi (P)	Havza Mak.Kot (H_{mak})	Havza Min.Kot (H_{min})	Havza Ort.Kot (H_{ort})	Havza Ağır. Merk. X	Havza Ağır. Merk. Y	Havza Uzun. (L_b)	Havza Genişliği (W)	Havza Rölyefi (R_f)	Rölyef Oranı (R_r)	Rölatif Rölyef (R_p)	Akarsu Ana Kol Uzun. (L_m)
	(km ²)	(km)	(m)	(m)	(m)	UTM	UTM	(km)	(km)	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	(km)
d20a063	53.13	47.09	1535	540	831.6	831877.80	4147754.74	12.53	4.24	995	0.08	0.021	20.55
d20a068	51.79	45.4	2301	1266	1754.4	800539.35	4193238.06	12.35	4.19	1035	0.08	0.023	17.83
d20a069	29.43	27.3	2241	1329	1727.1	796007.08	4187999.26	8.96	3.29	912	0.10	0.033	10.88
d20a071	42.12	33.75	1117	237	572.4	736145.67	4159823.51	10.98	3.84	880	0.08	0.026	14.43
d20a072	47.1	38.15	905	117	462.9	760076.80	4159382.63	11.70	4.03	788	0.07	0.021	16.59
d20a074	133.69	56.75	2485	1001	1671.8	815529.90	4204400.26	21.16	6.32	1484	0.07	0.026	22.67
d20a077	45.62	41.63	1435	583	884.5	802522.22	4158905.51	11.49	3.97	852	0.07	0.020	14.35
d20a080	37.38	30.05	2213	740	1264.2	825815.08	4195317.91	10.26	3.64	1473	0.14	0.049	11.53
e20a008	440.95	166.66	2264	59	901.6	780328.73	4164142.57	41.68	10.58	2205	0.05	0.013	73.45
e20a022	402.14	120.93	3083	1353	1813.6	903253.48	4232965.73	39.56	10.17	1730	0.04	0.014	44.6
e20a025	967.15	220.59	2865	1247	1830.0	830251.16	4274021.71	65.12	14.85	1618	0.02	0.007	69.4

Çizelge 6.2 Gözlem değeri olmayan havzalara ait fiziksel parametreler

AGİ	Havza Alanı (A)	Havza Çevresi (P)	Havza Mak.Kot (H_{mak})	Havza Min.Kot (H_{min})	Havza Ort.Kot (H_{ort})	Havza Ağır. Merk. X	Havza Ağır. Merk. Y	Havza Uzun. (L_b)	Havza Genişliği (W)	Havza Rölyefi (R_f)	Rölyef Oranı (R_r)	Rölatif Rölyef (R_p)	Akarsu Ana Kol Uzun. (L_m)
	(km ²)	(km)	(m)	(m)	(m)	UTM	UTM	(km)	(km)	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	(km)
sanal1	94.03	71.13	2488	1169	1474.2	839670.52	4254289.42	17.33	5.43	1319	0.08	0.019	32.32
sanal2	231.64	107.32	2884	1150	1163.8	831741.67	4250214.54	28.92	8.01	1734	0.06	0.016	48.03
sanal3	95.92	58.62	2198	1337	1532.3	806205.55	4206289.64	17.53	5.47	861	0.05	0.015	21.68
sanal4	203.42	103.63	2894	1149	1606.6	835278.42	4242575.65	26.86	7.57	1745	0.06	0.017	42.31
sanal5	109.11	63.13	1763	1128	1312.3	857585.68	4253536.72	18.86	5.79	635	0.03	0.010	30.23
sanal6	49.34	51.59	981	471	507.0	837238.24	4128676.11	12.01	4.11	510	0.04	0.010	21.18
sanal7	122.44	67.57	1637	471	771.7	835082.67	4142943.06	20.13	6.08	1166	0.06	0.017	27
sanal8	51.95	38.02	2988	1070	1801.2	845348.51	4217617.65	12.37	4.20	1918	0.16	0.050	18.17
sanal9	45.19	31.55	2926	786	1478.7	843729.40	4206776.11	11.43	3.95	2140	0.19	0.068	12.28
sanal10	149.53	70.4	2803	673	2093.3	861017.96	4197713.48	22.55	6.63	2130	0.09	0.030	35.43
sanal11	95.81	46.1	2241	335	1371.5	818799.76	4147693.32	17.51	5.47	1906	0.11	0.041	18.46
sanal12	355.83	112.27	2336	432	1074.6	858802.07	4168961.83	36.90	9.64	1904	0.05	0.017	52.37
sanal13	100.75	80.23	1306	432	689.8	856059.81	4160748.17	18.02	5.59	874	0.05	0.011	33.88
sanal14	105.32	69.98	1184	476	649.0	856409.50	4153846.53	18.48	5.70	708	0.04	0.010	30.64
sanal15	87.82	59.53	761	471	542.8	846876.27	4134244.14	16.67	5.27	290	0.02	0.005	23.99
sanal16	71.8	52.73	1172	479	635.0	848954.79	4125751.80	14.87	71.8	52.73	1172	479	635.0

Çizelge 6.2 Gözlem değeri olmayan havzalara ait fiziksel parametreler (devam)

AGİ	Havza Alanı (A)	Havza Çevresi (P)	Havza Mak.Kot (H_{mak})	Havza Min.Kot (H_{min})	Havza Ort.Kot (H_{ort})	Havza Ağır. Merk. X	Havza Ağır. Merk. Y	Havza Uzun. (L_b)	Havza Genişliği (W)	Havza Rölyefi (R_f)	Rölyef Oranı (R_r)	Rölatif Rölyef (R_p)	Akarsu Ana Kol Uzun. (L_m)
	(km ²)	(km)	(m)	(m)	(m)	UTM	UTM	(km)	(km)	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	(km)
sanal17	114.42	69.04	1135	525	656.9	869981.94	4146493.35	19.37	114.42	69.04	1135	525	656.9
sanal18	285.01	103.13	1351	525	733.7	861232.53	4132073.82	32.53	285.01	103.13	1351	525	733.7
sanal19	179.43	109.05	1884	1122	1389.4	877547.77	4252130.11	25.01	179.43	109.05	1884	1122	1389.4
sanal20	74.02	62.59	1648	1139	1306.2	878919.12	4247377.74	15.13	74.02	62.59	1648	1139	1306.2
sanal21	107.79	65.72	1888	1166	1375.1	885208.34	4234975.10	18.73	107.79	65.72	1888	1166	1375.1
sanal22	253.39	98.08	3057	1166	1617.9	881720.87	4226511.22	30.43	253.39	98.08	3057	1166	1617.9
sanal23	49.31	33.62	1875	1371	1668.1	890839.86	4254567.63	12.01	49.31	33.62	1875	1371	1668.1
sanal24	75.78	47.45	2145	1371	1641.4	898416.88	4252029.91	15.33	75.78	47.45	2145	1371	1641.4
sanal25	72.04	50.59	2375	1102	1514.3	868799.31	4223603.54	14.89	72.04	50.59	2375	1102	1514.3
sanal26	118.14	67.63	3028	1102	1756.9	877924.85	4217141.92	19.73	118.14	67.63	3028	1102	1756.9
sanal27	88.16	54.98	2464	994	1615.1	864102.37	4210903.51	16.71	88.16	54.98	2464	994	1615.1
sanal28	77.12	48.65	2072	1266	1517.8	811307.82	4180915.62	15.48	77.12	48.65	2072	1266	1517.8
sanal29	241.07	102.98	2394	650	1545.3	813583.42	4190758.88	29.58	241.07	102.98	2394	650	1545.3
sanal30	484.48	155.71	2271	1158	1711.4	863573.55	4267533.32	43.97	484.48	155.71	2271	1158	1711.4
sanal31	134.7	85.1	1954	1158	1461.9	875894.88	4261662.61	21.25	134.7	85.1	1954	1158	1461.9
sanal32	196.23	135.25	2115	1135	1603.4	849200.28	4266170.82	26.32	196.23	135.25	2115	1135	1603.4
sanal33	176.15	69.96	1931	210	906.4	811819.20	4112412.25	24.75	176.15	69.96	1931	210	906.4

Çizelge 6.1 ve 6.2’de verilen sonuçlara göre, CBS yardımıyla hesaplanan ve havza verimini, havzanın ürettiği su hacmini etkileyen ve hidrolojik analizlerde kullanılan havza alanı parametresi, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 24.53 km² ile 1180.6 km² arasında değişmekte olup, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 45.19 km² ile 355.83 km² arasında değişmektedir. Çizelgelerde verilen havza çevreleri, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 26.53 km ile 275.83 km arasında değişmekte olup, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 31.55 km ile 155.71 km arasında değişmektedir.

Çizelgelerde verilen havza kot değerlerine göre, havza maksimum kot değeri, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 905 m ile 3083 m arasında değişmekte olup, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 761 m ile 3057 m arasında değişmektedir. Bu değerlere göre uygulama alanında topoğrafyanın geniş bir aralıkta değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Benzer şekilde alt havzalar için hesaplanan minimum kot (Hmin) değerleri incelendiğinde, gözlem değeri olan alt havzalar için 59 m ile 1394 m arasında değişmekte olup, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 210 m ile 1371 m arasında değiştiği görülmektedir. Alt havzalarda ise havza ortalama kot (Hort) değerinin, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 572.44 m ile 2107.76 m arasında, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 507.01 m ile 2093.31 m arasında değiştiği görülmektedir.

Havzada konsantrasyon süresini ve hidrografın şeklini etkileyen ve havzaya ait boyutsuz büyüklüklerin hesaplanmasında kullanılan Havza Uzunluğu (Lb) ve Havza Genişliği (W) parametreleri incelendiğinde, akım gözlem değeri olan alt havzalar için havza uzunluğunun 8.08 km ile 72.93 km arasında değiştiği, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 12.01 km ile 43.97 km arasında olduğu tespit edilmiştir. Havza genişliği parametresi ise, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 3.04 km ile 16.19 km arasında değişmekte, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda ise 3.95 km ile 11.02 km arasında değişmektedir. Havza genişliği değerinin küçük oluşu, havzanın Elonge (ince, uzun) şekle sahip olduğuna dair bir gösterge olup, küçük havza genişliği değerine sahip havzaların yeraltı suyu tekrar deşarj potansiyeli daha yüksek olarak değerlendirilebilir.

Daha önceden de tarif edildiği gibi Strahler havza rölyefi, havza içindeki en yüksek ve en düşük yükseklik arasındaki maksimum dikey fark olarak tanımlanmaktadır. Bu parametre, havzadaki arazi şekillerin ortaya konulmasında, arazinin geçirgenliği ve gelişiminde, drenajın oluşumunda, yüzey ve yeraltı su akışı hususlarında önemli etkisi olan bir parametre olarak vurgulanmaktadır (Parveen vd., 2012). Bu parametrenin hesaplanmasından da anlaşılacağı gibi, kot farkının fazla olduğu yani yüksek rölyef değeri, arazide dik eğimlerin olduğuna, bu hususun da yüksek akım eğimlerine ve hızlarına sebep olması nedeniyle geçiş süresinin azalmasına, pik taşkın debisinin artmasına sebep olmaktadır (Patton ve Baker 1976). Bu çalışmada havza rölyefi değeri, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 852 ile 2205 değerleri arasında değişirken, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda ise 290 ile 2140 değerleri arasında değişmektedir.

Çizelgelerde verilen Rölyef Oranı (R_r) parametresi sonuçlarına göre, akım gözlem değeri olan alt havzalar için bu parametre 0.02 ile 0.15 değerleri arasında iken, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda ise 0.02 ile 0.19 değerleri arasında değişmektedir. Rölyef parametresinde olduğu gibi, Yüksek rölyef oranına sahip havzalarda konsantrasyon süresi daha kısa olup, çok hızlı yüzeysel akış ortaya çıkmakta ve bu da havzalarda erozyona riskinin oluşmasına neden olabilmektedir (Samal vd., 2015). Schumm (1956) rölyef oranı ile kanal eğimi arasında doğrudan bir ilişkisi olduğunu vurgulamıştır. Drenaj alanının azalması ve verilen drenaj havzasına ait boşaltma havzalarının boyutunun azalması ile rölyef oranı değeri artmaktadır (Gottschalk, 1964). Diğer taraftan Rölafif rölyef oranı değeri, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 0.007 ile 0.049 değerleri arasında değişmekte olup, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda ise 0.005 ile 0.068 değerleri arasında değişmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda, düşük rölafif rölyef değerine sahip havzalarda kanal akış hızının düşük olacağı ve buna bağlı olarak kanalda düşük aşınması görüleceği ve bu havzalarda tortu birikim miktarının yüksek olacağı vurgulanmıştır (Paul ve Bayode, 2012).

Son olarak Akarsu Ana Kol Uzunluğu (L_m) parametresi gözlem değeri olan alt havzalarda 8.18 km ile 94.65 km arasında, gözlem değeri olmayan alt havzalarda ise 12.28 km ile 58.88 km arasında değişmektedir. Ana kanal uzunluğu parametresinin alt havzaların ana kanal uzunluğunun çeşitlilik gösterme sebebi havzaların jeolojik özelliklerinin farkı olması şeklinde yorumlanabilir.

Uygulama alanında gözlem değeri olan 25 adet alt havzaya ait akarsu mertebesi ve sayıları Çizelge 6.3'te, gözlem değeri olmayan 33 adet alt havzaya ait akarsu mertebesi ve sayıları Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.3 Gözlem değeri olan havzalarda akarsu mertebesi ve sayıları

AGİ	Her bir Mertebedeki Akarsu Sayısı (N_u)							
	1	2	3	4	5	6	7	Toplam
	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)
d20a005	375	87	19	6	1			488
d20a006	671	147	35	7	2	1		863
d20a008	469	107	24	5	2	1		608
d20a010	641	148	37	8	2	1		837
d20a015	824	174	40	8	2	1		1049
d20a016	1038	232	43	12	3	1		1329
d20a021	4323	945	211	49	9	3	1	5541
d20a043	643	129	24	5	2	1		804
d20a044	112	24	5	1				142
d20a045	657	148	26	5	1			837
d20a056	864	185	36	11	4	1		1101
d20a057	889	202	42	13	3	1		1150
d20a058	106	22	5	2	1			136
d20a059	735	159	34	8	2	1		939
d20a063	199	42	8	1				250
d20a068	211	52	11	4	1			279
d20a069	122	29	5	1				157
d20a071	156	35	5	1				197
d20a072	178	37	8	1				224
d20a074	559	124	25	6	1			715
d20a077	199	47	9	3	1			259
d20a080	155	35	9	2	1			202
e20a008	1758	393	90	16	4	1		2262
e20a022	1560	330	77	19	6	1		1993
e20a025	4225	881	199	41	9	3	1	5359

Çizelgeden de görüldüğü gibi, alt havzalar için hesaplanan Akarsu Mertebesi, 4 ile 7 arasında değişmektedir. Akarsu mertebesi, Strahler'in yöntemine göre yani; en uçtaki kollar 1. Mertebe olarak sınıflandırılmış, ardından iki adet 1. Mertebe kolun birleştiği kol 2. Mertebe olarak adlandırılmış ve diğer kollar da bu yöntem ile mertebelendirilmiştir. Bir havzadaki akarsuyun kollarından yüksek mertebeli olanın debisi daha yüksektir.

Çizelge 6.4 Gözlem değeri olmayan havzalarda akarsu mertebesi ve sayıları

AGİ	Her bir Mertebedeki Akarsu Sayısı (N_u)							
	1	2	3	4	5	6	7	Toplam
	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)	(sayı)
sanal1	436	88	21	2	1			548
sanal2	950	195	37	11	3	1		1197
sanal3	409	94	21	7	1			532
sanal4	831	196	44	10	2	1		1084
sanal5	474	98	22	6	1			601
sanal6	174	44	11	3	1			233
sanal7	422	85	16	3	1			527
sanal8	169	45	11	2	1			228
sanal9	156	38	10	3	1			208
sanal10	511	105	27	4	1			648
sanal11	348	68	18	4	1			439
sanal12	1309	273	64	17	3	1		1667
sanal13	440	97	17	6	2	1		563
sanal14	459	101	22	5	2	1		590
sanal15	414	95	20	5	1			535
sanal16	338	77	17	6	2	1		441
sanal17	515	122	25	6	1			669
sanal18	1244	291	61	16	5	1		1618
sanal19	877	178	39	9	3	1		1107
sanal20	368	75	19	5	2	1		470
sanal21	464	94	22	6	2	1		589
sanal22	997	216	47	13	4	1		1278
sanal23	222	45	11	4	1			283
sanal24	308	66	17	3	1			395
sanal25	273	66	12	2	1			354
sanal26	388	85	19	3	1			496
sanal27	318	66	16	3	1			404
sanal28	249	61	16	5	1			332
sanal29	986	217	54	14	3	1		1275
sanal30	2187	438	96	21	4	1		2747
sanal31	649	143	30	7	2	1		832
sanal32	906	186	45	11	3	1		1152
sanal33	656	132	28	7	1			824

Benzer şekilde Akarsu Sayısı (N_u) parametresi için değerlendirme yapmak gerekirse, akarsu sayısının bölgenin yapısal durumu ve topoğrafik yapısı arasında önemli oranda ilişki olduğu vurgulanmaktadır (Magesh vd., 2013).

Uygulama alanında gözlem değeri olan 25 adet ve gözlem değeri olmayan 33 adet alt havza için akarsu uzunlukları sırasıyla Çizelge 6.5 ve 6.6’da verilmiştir.

Çizelge 6.5 Gözlem değeri olan havzalara ait fiziksel parametreler

AGİ	Her bir Mertebedeki Akarsu Uzunluğu (L_u)							Toplam
	1 (km)	2 (km)	3 (km)	4 (km)	5 (km)	6 (km)	7 (km)	
d20a005	119.46	62	34.78	14.88	12.26			243.38
d20a006	209.9	103.91	53.7	25.69	13.39	11.95		418.54
d20a008	179.3	94.73	39.41	8.5	18.68	5.19		345.81
d20a010	240.16	111.73	51.6	26.97	19.54	8.26		458.26
d20a015	282.95	138.81	77.65	39.93	14.77	0.28		554.39
d20a016	372.84	161.19	80.22	40.19	8.47	29.22		692.13
d20a021	1655.2	841.09	437.42	185.24	77.72	33.98	57.53	3288.18
d20a043	228.94	113.17	59.56	20.62	21.9	0.76		444.95
d20a044	42.33	25.01	6.57	6.67				80.58
d20a045	233.49	122.69	56.41	22.08	24.51			459.18
d20a056	338.66	179.15	92.54	36.01	14.58	9.67		670.61
d20a057	307.6	152.55	80.11	30.53	10.9	17.91		599.6
d20a058	40.72	21.35	8.97	2.69	1.52			75.25
d20a059	246.8	103.76	63.85	37.41	3.1	14.37		469.29
d20a063	68.59	36.21	16.99	14.67				136.46
d20a068	79.28	40.01	12.27	10.46	8.4			150.42
d20a069	35.21	25.17	6.91	7.33				74.62
d20a071	66.36	34.44	7.88	9.77				118.45
d20a072	64.05	32.79	12.88	12.98				122.7
d20a074	214.7	101.9	43.99	26.85	12.13			399.57
d20a077	67.37	27.74	24.61	4.18	3.38			127.28
d20a080	54.92	28.82	11.62	4.9	5.39			105.65
e20a008	594.13	303.2	147.76	54.61	52.98	38.77		1191.45
e20a022	511.54	259.32	132.32	59.21	47.81	21.36		1031.56
e20a025	1475.16	662.28	359.3	154.14	73.24	45.31	31.35	2800.78

Akarsu uzunluğu Horton’un önerdiği “*havzanın artan mertebelerinde geometrik benzerlik elde edilir*” yasasına göre hesaplanmış olup, en uzun kol uzunluğu genellikle 1. Mertebede elde edilmiştir. Strahler (1964), nispeten kısa uzunluktaki akarsular dik eğim ve daha ince dokuya işaret ettiğini, daha uzun akarsular ise genellikle düşük eğime işaret ettiğini vurgulamıştır. Akarsu uzunluğu, iklim, bitki örtüsü, havzanın erozyona karşı olan direncine dair önemli bir gösterge olup, iklimsel koşulların benzer olduğu durumlarda geçirgen olmayan kayalarda, uzun akarsu uzunluğu gözleneceği belirtilmiştir (Bajabaa vd., 2014).

Çizelge 6.6 Gözlem değeri olmayan havzalara ait fiziksel parametreler

AGİ	Her bir Mertebedeki Akarsu Uzunluğu (L_u)							Toplam
	1	2	3	4	5	6	7	
	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	
sanal1	135.17	72.17	23.41	35.01	12.02			277.78
sanal2	310.79	147.15	92.49	31.48	25.52	21.5		628.93
sanal3	161.01	72.55	34.9	20.77	14.54			303.77
sanal4	282.88	150.64	71.69	31.83	17.18	20.56		574.78
sanal5	174.14	87.96	51.06	17.1	20.45			350.71
sanal6	78.45	35.27	16.56	6.17	14.39			150.84
sanal7	156.28	73.7	38.99	28.99	8.32			306.28
sanal8	63.45	33.1	11.41	6.74	10.01			124.71
sanal9	50.52	31.1	14.38	4.8	7.45			108.25
sanal10	176.41	92.38	55.49	25.92	12.84			363.04
sanal11	107.23	39.67	33.51	12.32	11.97			204.7
sanal12	515.59	233.68	134.5	82.32	35.46	10.72		1012.27
sanal13	151.19	78.87	43.59	22.47	4.97	12.23		313.32
sanal14	164.56	101.76	39.42	15.37	13.09	8.67		342.87
sanal15	148.42	70.26	29.49	18.17	17.59			283.93
sanal16	115.45	70.55	23.87	16.45	10.37	5.15		241.84
sanal17	189.45	91.24	47.78	23.11	24.01			375.59
sanal18	405.76	194.13	107.57	60.52	44.74	10.16		822.88
sanal19	283.66	130.58	64.32	41.46	25.54	22.01		567.57
sanal20	127.86	52.86	26.37	13.22	10.97	13.18		244.46
sanal21	149.16	82.83	43.99	26.55	14.08	7.68		324.29
sanal22	345.43	167.84	86.53	49.85	39.98	9.01		698.64
sanal23	75.45	26.94	19.62	9.37	6.66			138.04
sanal24	101.51	49.2	21.83	20.92	4.36			197.82
sanal25	111.59	61.51	18.66	11.14	5.55			208.45
sanal26	139.62	71.48	35.24	18.39	15.4			280.13
sanal27	114.76	54.06	24.93	19.48	5.16			218.39
sanal28	124.29	51.72	39.83	14.14	8.73			238.71
sanal29	349.4	179	97.04	33.42	9.25	25.25		693.36
sanal30	727.39	363.51	169.97	109.98	30.63	39.74		1441.22
sanal31	215.09	110.71	66.57	20.98	4.55	27.09		444.99
sanal32	294.98	143.06	66.51	34.36	14.02	38.93		591.86
sanal33	233.23	104.88	60.6	28.86	20.87			448.44

Uygulama alanında Çatallanma oranı, ortalama çatallanma oranı ve ağırlıklı ortalama çatallanma oranı parametreleri gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan alt havzalar için hesaplanmış ve sırasıyla Çizelge 6.7 ve 6.8’de verilmiştir.

Çizelge 6.7 Gözlem değeri olan havzalara ait çatallanma oranı parametreleri

AGİ	Çatallanma Oranı (R_b)						Ortalama Çatallanma Oranı	Ağırlıklı ortalama Çatallanma Oranı
	Rb1	Rb2	Rb3	Rb4	Rb5	Rb6	R_{bm}	W_{Rb}
	Boyutsuz							
d20a005	4.31	4.58	3.17	6.00			4.52	4.51
d20a006	4.56	4.20	5.00	3.50	2.00		3.85	3.85
d20a008	4.38	4.46	4.80	2.50	2.00		3.63	3.63
d20a010	4.33	4.00	4.63	4.00	2.00		3.79	3.79
d20a015	4.74	4.35	5.00	4.00	2.00		4.02	4.02
d20a016	4.47	5.40	3.58	4.00	3.00		4.09	4.09
d20a021	4.57	4.48	4.31	5.44	3.00	3.00	4.36	4.13
d20a043	4.98	5.38	4.80	2.50	2.00		3.93	3.93
d20a044	4.67	4.80	5.00				4.82	4.82
d20a045	4.44	5.69	5.20	5.00			5.08	5.08
d20a056	4.67	5.14	3.27	2.75	4.00		3.97	3.97
d20a057	4.40	4.81	3.23	4.33	3.00		3.95	3.95
d20a058	4.82	4.40	2.50	2.00			3.43	3.43
d20a059	4.62	4.68	4.25	4.00	2.00		3.91	3.91
d20a063	4.74	5.25	8.00				6.00	6.00
d20a068	4.06	4.73	2.75	4.00			3.89	3.88
d20a069	4.21	5.80	5.00				5.00	5.00
d20a071	4.46	7.00	5.00				5.49	5.49
d20a072	4.81	4.63	8.00				5.81	5.81
d20a074	4.51	4.96	4.17	6.00			4.91	4.91
d20a077	4.23	5.22	3.00	3.00			3.86	3.86
d20a080	4.43	3.89	4.50	2.00			3.71	3.70
e20a008	4.47	4.37	5.63	4.00	4.00		4.49	4.49
e20a022	4.73	4.29	4.05	3.17	6.00		4.45	4.45
e20a025	4.80	4.43	4.85	4.56	3.00	3.00	4.33	4.11

Çizelge 6.8 Gözlem değeri olmayan havzalara ait çatallanma oranı parametreleri

AGİ	Çatallanma Oranı (R_b)						Ortalama Çatallanma Oranı	Ağırlıklı ortalama Çatallanma Oranı
	Rb1	Rb2	Rb3	Rb4	Rb5	Rb6	R_{bm}	W_{Rb}
	Boyutsuz							
sanal1	4.95	4.19	10.50	2.00			5.41	5.41
sanal2	4.87	5.27	3.36	3.67	3.00		4.03	4.03
sanal3	4.35	4.48	3.00	7.00			4.71	4.71
sanal4	4.24	4.45	4.40	5.00	2.00		4.02	4.02
sanal5	4.84	4.45	3.67	6.00			4.74	4.74
sanal6	3.95	4.00	3.67	3.00			3.66	3.66
sanal7	4.96	5.31	5.33	3.00			4.65	4.65
sanal8	3.76	4.09	5.50	2.00			3.84	3.84
sanal9	4.11	3.80	3.33	3.00			3.56	3.56
sanal10	4.87	3.89	6.75	4.00			4.88	4.88
sanal11	5.12	3.78	4.50	4.00			4.35	4.35
sanal12	4.79	4.27	3.76	5.67	3.00		4.30	4.30
sanal13	4.54	5.71	2.83	3.00	2.00		3.62	3.62
sanal14	4.54	4.59	4.40	2.50	2.00		3.61	3.61
sanal15	4.36	4.75	4.00	5.00			4.53	4.53
sanal16	4.39	4.53	2.83	3.00	2.00		3.35	3.35
sanal17	4.22	4.88	4.17	6.00			4.82	4.82
sanal18	4.27	4.77	3.81	3.20	5.00		4.21	4.21
sanal19	4.93	4.56	4.33	3.00	3.00		3.96	3.96
sanal20	4.91	3.95	3.80	2.50	2.00		3.43	3.43
sanal21	4.94	4.27	3.67	3.00	2.00		3.58	3.58
sanal22	4.62	4.60	3.62	3.25	4.00		4.02	4.02
sanal23	4.93	4.09	2.75	4.00			3.94	3.94
sanal24	4.67	3.88	5.67	3.00			4.31	4.30
sanal25	4.14	5.50	6.00	2.00			4.41	4.41
sanal26	4.56	4.47	6.33	3.00			4.59	4.59
sanal27	4.82	4.13	5.33	3.00			4.32	4.32
sanal28	4.08	3.81	3.20	5.00			4.02	4.02
sanal29	4.54	4.02	3.86	4.67	3.00		4.02	4.02
sanal30	4.99	4.56	4.57	5.25	4.00		4.67	4.68
sanal31	4.54	4.77	4.29	3.50	2.00		3.82	3.82
sanal32	4.87	4.13	4.09	3.67	3.00		3.95	3.95
sanal33	4.97	4.71	4.00	7.00			5.17	5.17

Çatallanma oranı, verilen akarsu bölümüne ait mertebesinin, bir üst bölüme ait mertebeye oranı olarak tanımlanabilir (Schumm, 1956). Strahler (1964)'e göre bir sıradan bir üst sraya ait çatallanma oranının farklı oluşunun sebebi; drenaj havzasının jeolojik ve litolojik gelişiminden kaynaklanmaktadır. Strahler (1957), Rb değerlerinin değişim aralığının düşük olduğunu, güçlü jeolojik kontrollerin baskın olduğu durumlar haricinde bölgeden bölgeye, çevreden çevreye çok az çeşitlilik gösterdiğini vurgulamıştır. Ayrıca, yüksek Rb değerinin, fazla yapısal karmaşıklığa ve düşük geçirgenliğe işaret ettiği belirtilmiştir (Reddy vd., 2004). Çatallanma oranı havza şeklinin dair bir gösterge olup, Uzun ince bir havzanın yüksek Rb değerine sahip olması muhtemelken, düşük Rb değerli bir havzanın şeklinin dairesel olması muhtemeldir. Horton (1945)'a göre çatallanma oranının 2 civarında oluşu durumunda yassı bir alana, 3'ten fazla oluşu durumunda inişli yokuşlu bir drenaj havzasının varlığına ve 4' ten fazla değere sahip olduğu durumda ise yüksek ölçüde parçalara ayrılmış veya dağlık bir havzanın varlığına işaret eder (Samal vd., 2015).

Ortalama Çatallanma Oranı (Rbm) yüksek olan bir havzanın, düşük Rbm değerine sahip bir havzaya nazaran şiddetli yağış olayları sırasında daha erken hidrograf pik zirvesine ulaşmasının beklendiği vurgulanmıştır (Rakesh vd., 2000; Meraj vd., 2015). Ayrıca ağırlıklı ortalama çatallanma oranı (WRb) için değerlendirme yapılacak olursa, bu parametrenin 3'ten büyük çıkması; yüksek dağların, kesilmiş alanların ve uzun-ince havzaların varlığına işaret ettiği literatürde yapılan çalışmalardan görülmektedir (Bajabaa vd., 2014). Çizelgede bu parametre için hesaplanan değerlere bakıldığında, hesaplanan değerlerin genelde 3'ten küçük çıktığı görülmekte olup bu alt havzalarda fazla olmayan tepelerin ve yassı alanlar varlığından söz edilebilir.

Uygulama alanında ortalama akarsu uzunluğu parametreleri gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan alt havzalar için hesaplanmış ve sırasıyla Çizelge 6.9 ve 6.10'da verilmiştir.

Ayrıca, akarsu uzunluk oranı parametreleri gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan alt havzalar için hesaplanmış ve sırasıyla Çizelge 6.11 ve 6.12'de verilmiştir.

Çizelge 6.9 Gözlem değeri olan havzalara ait ortalama akarsu uzunluğu parametreleri

AGİ	Ortalama Akarsu Uzunluğu (L_{sm})							
	1	2	3	4	5	6	7	Toplam
	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)
d20a005	0.32	0.71	1.83	2.48	12.26			17.60
d20a006	0.31	0.71	1.53	3.67	6.70	11.95		24.87
d20a008	0.38	0.89	1.64	1.70	9.34	5.19		19.14
d20a010	0.37	0.75	1.39	3.37	9.77	8.26		23.93
d20a015	0.34	0.80	1.94	4.99	7.39	0.28		15.74
d20a016	0.36	0.69	1.87	3.35	2.82	29.22		38.31
d20a021	0.38	0.89	2.07	3.78	8.64	11.33	57.53	84.62
d20a043	0.36	0.88	2.48	4.12	10.95	0.76		19.55
d20a044	0.38	1.04	1.31	6.67				9.40
d20a045	0.36	0.83	2.17	4.42	24.51			32.28
d20a056	0.39	0.97	2.57	3.27	3.65	9.67		20.52
d20a057	0.35	0.76	1.91	2.35	3.63	17.91		26.90
d20a058	0.38	0.97	1.79	1.35	1.52			6.01
d20a059	0.34	0.65	1.88	4.68	1.55	14.37		23.46
d20a063	0.34	0.86	2.12	14.67				18.00
d20a068	0.38	0.77	1.12	2.62	8.40			13.28
d20a069	0.29	0.87	1.38	7.33				9.87
d20a071	0.43	0.98	1.58	9.77				12.76
d20a072	0.36	0.89	1.61	12.98				15.84
d20a074	0.38	0.82	1.76	4.48	12.13			19.57
d20a077	0.34	0.59	2.73	1.39	3.38			8.44
d20a080	0.35	0.82	1.29	2.45	5.39			10.31
e20a008	0.34	0.77	1.64	3.41	13.25	38.77		58.18
e20a022	0.33	0.79	1.72	3.12	7.97	21.36		35.28
e20a025	0.35	0.75	1.81	3.76	8.14	15.10	31.35	61.26

Ortalama Akarsu Uzunluğu (L_{sm}), verilen mertebeye ait akarsu uzunluğunun, o mertebeye ait kol sayısına bölünmesi ile elde edilir. Bir mertebenin L_{sm} değeri, bir alt mertebedeki L_{sm} değerinden daha yüksek olması, bir üst mertebeye ait L_{sm} değerinden ise daha düşük olması beklenir fakat eğim ve topoğrafyadaki değişiklikler farklı L_{sm} değerleri elde edilmesi ile ilişkilendirilebilir (Kumar vd., 2015).

Çizelge 6.10 Gözlem değeri olmayan havzalara ait ortalama akarsu uzunluğu parametreleri

AGİ	Ortalama Akarsu Uzunluğu (L_{sm})							
	1	2	3	4	5	6	7	Toplam
	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)	(km)
sanal1	0.31	0.82	1.11	17.51	12.02			31.77
sanal2	0.33	0.75	2.50	2.86	8.51	21.50		36.45
sanal3	0.39	0.77	1.66	2.97	14.54			20.33
sanal4	0.34	0.77	1.63	3.18	8.59	20.56		35.07
sanal5	0.37	0.90	2.32	2.85	20.45			26.89
sanal6	0.45	0.80	1.51	2.06	14.39			19.20
sanal7	0.37	0.87	2.44	9.66	8.32			21.66
sanal8	0.38	0.74	1.04	3.37	10.01			15.53
sanal9	0.32	0.82	1.44	1.60	7.45			11.63
sanal10	0.35	0.88	2.06	6.48	12.84			22.60
sanal11	0.31	0.58	1.86	3.08	11.97			17.80
sanal12	0.39	0.86	2.10	4.84	11.82	10.72		30.73
sanal13	0.34	0.81	2.56	3.75	2.49	12.23		22.18
sanal14	0.36	1.01	1.79	3.07	6.55	8.67		21.45
sanal15	0.36	0.74	1.47	3.63	17.59			23.80
sanal16	0.34	0.92	1.40	2.74	5.19	5.15		15.74
sanal17	0.37	0.75	1.91	3.85	24.01			30.89
sanal18	0.33	0.67	1.76	3.78	8.95	10.16		25.65
sanal19	0.32	0.73	1.65	4.61	8.51	22.01		37.84
sanal20	0.35	0.70	1.39	2.64	5.49	13.18		23.75
sanal21	0.32	0.88	2.00	4.43	7.04	7.68		22.35
sanal22	0.35	0.78	1.84	3.83	10.00	9.01		25.80
sanal23	0.34	0.60	1.78	2.34	6.66			11.72
sanal24	0.33	0.75	1.28	6.97	4.36			13.69
sanal25	0.41	0.93	1.56	5.57	5.55			14.02
sanal26	0.36	0.84	1.85	6.13	15.40			24.59
sanal27	0.36	0.82	1.56	6.49	5.16			14.39
sanal28	0.50	0.85	2.49	2.83	8.73			15.39
sanal29	0.35	0.82	1.80	2.39	3.08	25.25		33.70
sanal30	0.33	0.83	1.77	5.24	7.66	39.74		55.57
sanal31	0.33	0.77	2.22	3.00	2.28	27.09		35.69
sanal32	0.33	0.77	1.48	3.12	4.67	38.93		49.30
sanal33	0.36	0.79	2.16	4.12	20.87			28.31

Çizelge 6.11 Gözlem değeri olan havzalara ait akarsu uzunluk oranı parametreleri

AGİ	Akarsu Uzunluk Oranı (R_L)						
	2 / 1.	3/2.	4/3.	5/4.	6/5.	7/6.	Ortalama (R1)
	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz
d20a005	0.52	0.56	0.43	0.82			0.58
d20a006	0.50	0.52	0.48	0.52	0.89		0.58
d20a008	0.53	0.42	0.22	2.20	0.28		0.73
d20a010	0.47	0.46	0.52	0.72	0.42		0.52
d20a015	0.49	0.56	0.51	0.37	0.02		0.39
d20a016	0.43	0.50	0.50	0.21	3.45		1.02
d20a021	0.51	0.52	0.42	0.42	0.44	1.69	0.67
d20a043	0.49	0.53	0.35	1.06	0.03		0.49
d20a044	0.59	0.26	1.02				0.62
d20a045	0.53	0.46	0.39	1.11			0.62
d20a056	0.53	0.52	0.39	0.40	0.66		0.50
d20a057	0.50	0.53	0.38	0.36	1.64		0.68
d20a058	0.52	0.42	0.30	0.57			0.45
d20a059	0.42	0.62	0.59	0.08	4.64		1.27
d20a063	0.53	0.47	0.86				0.62
d20a068	0.50	0.31	0.85	0.80			0.62
d20a069	0.71	0.27	1.06				0.68
d20a071	0.52	0.23	1.24				0.66
d20a072	0.51	0.39	1.01				0.64
d20a074	0.47	0.43	0.61	0.45			0.49
d20a077	0.41	0.89	0.17	0.81			0.57
d20a080	0.52	0.40	0.42	1.10			0.61
e20a008	0.51	0.49	0.37	0.97	0.73		0.61
e20a022	0.51	0.51	0.45	0.81	0.45		0.54
e20a025	0.45	0.54	0.43	0.48	0.62	0.69	0.53

Çizelge 6.11 ve 6.12’de verilen Akarsu Uzunluk Oranı (R_L), bir akarsuyun verilen mertebesine ait ortalama akarsu uzunluğunun bir alt mertebeye ait ortalama akarsu uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir (Horton 1945). Eğim ve topoğrafyadaki değişim nedeniyle akarsu uzunluk oranı parametresi için hesaplanan değerlerde değişimler görülebilir (Magesh vd., 2012).

Çizelge 6.12. Gözlem değeri olmayan havzalara ait akarsu uzunluk oranı parametreleri

AGİ	Akarsu Uzunluk Oranı (R_L)						
	2 / 1.	3/2.	4/3.	5/4.	6/5.	7/6.	Ortalama (R1)
	Boyutsuz						
sanal1	0.53	0.32	1.50	0.34			0.67
sanal2	0.47	0.63	0.34	0.81	0.84		0.62
sanal3	0.45	0.48	0.60	0.70			0.56
sanal4	0.53	0.48	0.44	0.54	1.20		0.64
sanal5	0.51	0.58	0.33	1.20			0.65
sanal6	0.45	0.47	0.37	2.33			0.91
sanal7	0.47	0.53	0.74	0.29			0.51
sanal8	0.52	0.34	0.59	1.49			0.74
sanal9	0.62	0.46	0.33	1.55			0.74
sanal10	0.52	0.60	0.47	0.50			0.52
sanal11	0.37	0.84	0.37	0.97			0.64
sanal12	0.45	0.58	0.61	0.43	0.30		0.47
sanal13	0.52	0.55	0.52	0.22	2.46		0.85
sanal14	0.62	0.39	0.39	0.85	0.66		0.58
sanal15	0.47	0.42	0.62	0.97			0.62
sanal16	0.61	0.34	0.69	0.63	0.50		0.55
sanal17	0.48	0.52	0.48	1.04			0.63
sanal18	0.48	0.55	0.56	0.74	0.23		0.51
sanal19	0.46	0.49	0.64	0.62	0.86		0.62
sanal20	0.41	0.50	0.50	0.83	1.20		0.69
sanal21	0.56	0.53	0.60	0.53	0.55		0.55
sanal22	0.49	0.52	0.58	0.80	0.23		0.52
sanal23	0.36	0.73	0.48	0.71			0.57
sanal24	0.48	0.44	0.96	0.21			0.52
sanal25	0.55	0.30	0.60	0.50			0.49
sanal26	0.51	0.49	0.52	0.84			0.59
sanal27	0.47	0.46	0.78	0.26			0.49
sanal28	0.42	0.77	0.36	0.62			0.54
sanal29	0.51	0.54	0.34	0.28	2.73		0.88
sanal30	0.50	0.47	0.65	0.28	1.30		0.64
sanal31	0.51	0.60	0.32	0.22	5.95		1.52
sanal32	0.48	0.46	0.52	0.41	2.78		0.93
sanal33	0.45	0.58	0.48	0.72			0.56

Uygulama alanında akarsu mertebe uzunluğu parametreleri gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan alt havzalar için hesaplanmış ve sırasıyla Çizelge 6.13 ve 6.14’de verilmiştir.

Çizelge 6.13 Gözlem değeri olan havzalara ait akarsu mertebe uzunluğu parametreleri

AGİ	Akarsu Mertebe Uzunluğu (O_L)					
	OL1	OL2	OL3	OL4	OL5	OL6
	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz
d20a005	1.93	1.78	2.34	1.21		
d20a006	2.02	1.94	2.09	1.92	1.12	
d20a008	1.89	2.40	4.64	0.46	3.60	
d20a010	2.15	2.17	1.91	1.38	2.37	
d20a015	2.04	1.79	1.94	2.70	52.75	
d20a016	2.31	2.01	2.00	4.74	0.29	
d20a021	1.97	1.92	2.36	2.38	2.29	0.59
d20a043	2.02	1.90	2.89	0.94	28.82	
d20a044	1.69	3.81	0.99			
d20a045	1.90	2.17	2.55	0.90		
d20a056	1.89	1.94	2.57	2.47	1.51	
d20a057	2.02	1.90	2.62	2.80	0.61	
d20a058	1.91	2.38	3.33	1.77		
d20a059	2.38	1.63	1.71	12.07	0.22	
d20a063	1.89	2.13	1.16			
d20a068	1.98	3.26	1.17	1.25		
d20a069	1.40	3.64	0.94			
d20a071	1.93	4.37	0.81			
d20a072	1.95	2.55	0.99			
d20a074	2.11	2.32	1.64	2.21		
d20a077	2.43	1.13	5.89	1.24		
d20a080	1.91	2.48	2.37	0.91		
e20a008	1.96	2.05	2.71	1.03	1.37	
e20a022	1.97	1.96	2.23	1.24	2.24	
e20a025	2.23	1.84	2.33	2.10	1.62	1.45

Akarsu Mertebe Uzunluğu (OL) parametresi, akarsuyun iklimsel faktörler ve temel jeoloji ile etkileşimini göstermekte olup, akarsuların mertebe uzunluğundaki kademeli artış veya azalışında belirgin bir yönelim bulunmadığı sonucu görülmektedir (Vincy vd., 2012).

Çizelge 6.14 Gözlem değeri olmayan havzalara ait akarsu merteye uzunluğu parametreleri

AGİ	Akarsu Merteye Uzunluğu (O_L)				
	OL1	OL2	OL3	OL4	OL5
	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz
sanal1	1.87	3.08	0.67	2.91	
sanal2	2.11	1.59	2.94	1.23	1.19
sanal3	2.22	2.08	1.68	1.43	
sanal4	1.88	2.10	2.25	1.85	0.84
sanal5	1.98	1.72	2.99	0.84	
sanal6	2.22	2.13	2.68	0.43	
sanal7	2.12	1.89	1.34	3.48	
sanal8	1.92	2.90	1.69	0.67	
sanal9	1.62	2.16	3.00	0.64	
sanal10	1.91	1.66	2.14	2.02	
sanal11	2.70	1.18	2.72	1.03	
sanal12	2.21	1.74	1.63	2.32	3.31
sanal13	1.92	1.81	1.94	4.52	0.41
sanal14	1.62	2.58	2.56	1.17	1.51
sanal15	2.11	2.38	1.62	1.03	
sanal16	1.64	2.96	1.45	1.59	2.01
sanal17	2.08	1.91	2.07	0.96	
sanal18	2.09	1.80	1.78	1.35	4.40
sanal19	2.17	2.03	1.55	1.62	1.16
sanal20	2.42	2.00	1.99	1.21	0.83
sanal21	1.80	1.88	1.66	1.89	1.83
sanal22	2.06	1.94	1.74	1.25	4.44
sanal23	2.80	1.37	2.09	1.41	
sanal24	2.06	2.25	1.04	4.80	
sanal25	1.81	3.30	1.68	2.01	
sanal26	1.95	2.03	1.92	1.19	
sanal27	2.12	2.17	1.28	3.78	
sanal28	2.40	1.30	2.82	1.62	
sanal29	1.95	1.84	2.90	3.61	0.37
sanal30	2.00	2.14	1.55	3.59	0.77
sanal31	1.94	1.66	3.17	4.61	0.17
sanal32	2.06	2.15	1.94	2.45	0.36
sanal33	2.22	1.73	2.10	1.38	

Uygulama alanında gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan alt havzalar için boyutsuz parametreler hesaplanmış ve sırasıyla Çizelge 6.15 ve 6.16'da verilmiştir.

Çizelge 6.15 Gözlem değeri olan havzalara ait boyutsuz parametreler

Agi	Drenaj Yoğunluğu (D_d)	Akarsu Sıklığı (F)	Kanal Bakım Sabiti (C)	Drenaj Deseni (D_t)	Havza Desen Oranı (R_t)	Rho Katsayısı (R_o)	İncelik Oranı (F_i)	Kıvrım Oranı (R_w)	Engebelilik Sayısı (R_n)	Melton Engebelilik Sayısı (M_{Rn})	Yuvarlaklık Oranı (R_{or})
	(km/km^2)	(km^{-2})	Boyutsuz	(km)	(km^{-1})	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz
d20a005	2.59	5.20	0.39	13.49	9.82	0.13	0.49	1.40	4.91	0.20	0.025
d20a006	2.40	4.95	0.42	11.86	13.11	0.15	0.45	1.21	4.53	0.14	0.017
d20a008	2.65	4.67	0.38	12.38	10.88	0.20	0.45	1.20	5.15	0.17	0.021
d20a010	2.41	4.41	0.41	10.63	12.07	0.14	0.44	1.17	3.11	0.09	0.016
d20a015	2.90	5.50	0.34	15.96	14.02	0.10	0.36	1.04	3.98	0.10	0.015
d20a016	2.33	4.47	0.43	10.42	13.95	0.25	0.44	1.27	3.63	0.09	0.011
d20a021	2.79	4.69	0.36	13.07	20.09	0.16	0.34	1.30	5.18	0.05	0.003
d20a043	2.55	4.60	0.39	11.73	11.91	0.13	0.37	1.02	4.26	0.13	0.017
d20a044	2.46	4.33	0.41	10.65	5.35	0.13	0.39	1.08	2.63	0.19	0.054
d20a045	2.62	4.78	0.38	12.53	10.79	0.12	0.43	1.36	4.39	0.13	0.015
d20a056	2.77	4.54	0.36	12.55	13.41	0.13	0.37	1.03	5.67	0.13	0.013
d20a057	2.67	5.13	0.37	13.70	14.76	0.17	0.41	1.12	5.21	0.13	0.014
d20a058	3.07	5.54	0.33	17.01	4.94	0.13	0.30	1.01	3.83	0.25	0.055
d20a059	2.75	5.51	0.36	15.16	12.12	0.32	0.33	1.06	3.41	0.09	0.015

Çizelge 6.15 Gözlem değeri olan havzalara ait boyutsuz parametreler (devam)

Agi	Drenaj Yoğunluğu (D_d)	Akarsu Sıklığı (F)	Kanal Bakım Sabiti (C)	Drenaj Deseni (D_t)	Havza Desen Oranı (R_t)	Rho Katsayısı (R_o)	İncelik Oranı (F_i)	Kıvrım Oranı (R_w)	Engebelilik Sayısı (R_n)	Melton Engebelilik Sayısı (M_{Rn})	Yuvarlaklık Oranı (R_{or})
	(km/km^2)	(km^{-2})	Boyutsuz	(km)	(km^{-1})	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz
d20a063	2.57	4.71	0.39	12.09	5.31	0.10	0.44	1.64	2.56	0.14	0.029
d20a068	2.90	5.39	0.34	15.65	6.15	0.16	0.39	1.44	3.01	0.14	0.030
d20a069	2.54	5.33	0.39	13.53	5.75	0.14	0.40	1.21	2.31	0.17	0.054
d20a071	2.81	4.68	0.36	13.15	5.84	0.12	0.43	1.31	2.47	0.14	0.041
d20a072	2.61	4.76	0.38	12.39	5.87	0.11	0.43	1.42	2.05	0.11	0.036
d20a074	2.99	5.35	0.33	15.98	12.60	0.10	0.40	1.07	4.44	0.13	0.021
d20a077	2.79	5.68	0.36	15.84	6.22	0.15	0.34	1.25	2.38	0.13	0.033
d20a080	2.83	5.40	0.35	15.27	6.72	0.17	0.38	1.12	4.16	0.24	0.047
e20a008	2.70	5.13	0.37	13.86	13.57	0.14	0.44	1.76	5.96	0.11	0.006
e20a022	2.57	4.96	0.39	12.71	16.48	0.12	0.37	1.13	4.44	0.09	0.009
e20a025	2.90	5.54	0.35	16.05	24.29	0.13	0.31	1.07	4.69	0.05	0.004

Çizelge 6.16 Gözlem değeri olmayan havzalara ait boyutsuz parametreler

Agi	Drenaj Yoğunluğu (D_d)	Akarsu Sıklığı (F)	Kanal Bakım Sabiti (C)	Drenaj Deseni (D_t)	Havza Desen Oranı (R_t)	Rho Katsayısı (R_o)	İncelik Oranı (F_i)	Kıvrım Oranı (R_w)	Engebelilik Sayısı (R_n)	Melton Engebelilik Sayısı (M_{Rn})	Yuvarlaklık Oranı (R_{or})
	(km/km^2)	(km^{-2})	Boyutsuz	(km)	(km^{-1})	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz
sanal1	2.95	5.83	0.34	17.22	7.70	0.12	0.45	1.87	3.90	0.14	0.018
sanal2	2.72	5.17	0.37	14.03	11.15	0.15	0.45	1.66	4.71	0.11	0.010
sanal3	3.17	5.55	0.32	17.56	9.08	0.12	0.37	1.24	2.73	0.09	0.021
sanal4	2.83	5.33	0.35	15.06	10.46	0.16	0.41	1.58	4.93	0.12	0.011
sanal5	3.21	5.51	0.31	17.70	9.52	0.14	0.48	1.60	2.04	0.06	0.019
sanal6	3.06	4.72	0.33	14.44	4.52	0.25	0.41	1.76	1.56	0.07	0.027
sanal7	2.50	4.30	0.40	10.77	7.80	0.11	0.40	1.34	2.92	0.11	0.018
sanal8	2.40	4.39	0.42	10.54	6.00	0.19	0.48	1.47	4.60	0.27	0.036
sanal9	2.40	4.60	0.42	11.03	6.59	0.21	0.39	1.07	5.13	0.32	0.044
sanal10	2.43	4.33	0.41	10.52	9.20	0.11	0.50	1.57	5.17	0.17	0.017
sanal11	2.14	4.58	0.47	9.79	9.52	0.15	0.40	1.05	4.07	0.19	0.027
sanal12	2.84	4.68	0.35	13.33	14.85	0.11	0.47	1.42	5.42	0.10	0.009
sanal13	3.11	5.59	0.32	17.38	7.02	0.24	0.42	1.88	2.72	0.09	0.015
sanal14	3.26	5.60	0.31	18.24	8.43	0.16	0.44	1.66	2.30	0.07	0.018
sanal15	3.23	6.09	0.31	19.70	8.99	0.14	0.40	1.44	0.94	0.03	0.021
sanal16	3.37	6.14	0.30	20.69	8.36	0.17	0.38	1.33	2.33	0.08	0.025

Çizelge 6.16 Gözlem değeri olmayan havzalara ait boyutsuz parametreler (devam)

Agi	Drenaj Yoğunluğu (D_d)	Akarsu Sıklığı (F)	Kanal Bakım Sabiti (C)	Drenaj Deseni (D_t)	Havza Desen Oranı (R_t)	Rho Katsayısı (R_o)	İncelik Oranı (F_i)	Kıvrım Oranı (R_w)	Engebelilik Sayısı (R_n)	Melton Engebelilik Sayısı (M_{Rn})	Yuvarlaklık Oranı (R_{or})
	(km/km^2)	(km^{-2})	Boyutsuz	(km)	(km^{-1})	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz	Boyutsuz
sanal17	3.28	5.85	0.30	19.19	9.69	0.13	0.52	1.86	2.00	0.06	0.018
sanal18	2.89	5.68	0.35	16.39	15.69	0.12	0.33	1.05	2.38	0.05	0.010
sanal19	3.16	6.17	0.32	19.52	10.15	0.16	0.47	2.07	2.41	0.06	0.011
sanal20	3.30	6.35	0.30	20.97	7.51	0.20	0.45	1.86	1.68	0.06	0.021
sanal21	3.01	5.46	0.33	16.44	8.96	0.15	0.44	1.53	2.17	0.07	0.019
sanal22	2.76	5.04	0.36	13.91	13.03	0.13	0.40	1.30	5.21	0.12	0.011
sanal23	2.80	5.74	0.36	16.07	8.42	0.14	0.43	1.19	1.41	0.07	0.041
sanal24	2.61	5.21	0.38	13.61	8.32	0.12	0.40	1.23	2.02	0.09	0.027
sanal25	2.89	4.91	0.35	14.22	7.00	0.11	0.41	1.40	3.68	0.15	0.026
sanal26	2.37	4.20	0.42	9.96	7.33	0.13	0.49	1.69	4.57	0.18	0.018
sanal27	2.48	4.58	0.40	11.35	7.35	0.11	0.39	1.30	3.64	0.16	0.023
sanal28	3.10	4.30	0.32	13.33	6.82	0.13	0.34	1.07	2.49	0.09	0.026
sanal29	2.88	5.29	0.35	15.21	12.38	0.22	0.39	1.36	5.02	0.11	0.011
sanal30	2.97	5.67	0.34	16.87	17.64	0.14	0.38	1.34	3.31	0.05	0.006
sanal31	3.30	6.18	0.30	20.41	9.78	0.40	0.45	1.79	2.63	0.07	0.014
sanal32	3.02	5.87	0.33	17.71	8.52	0.24	0.38	1.97	2.96	0.07	0.008
sanal33	2.55	4.68	0.39	11.91	11.78	0.11	0.37	1.06	4.38	0.13	0.016

Drenaj yoğunluğu (Dd), tüm mertebelerdeki akarsu uzunluğu toplamının, drenaj alanı değerine bölünmesi ile elde edilir (Horton 1945; Strahler 1964). Düşük drenaj yoğunluğu değerine sahip alanlarda, rölyefin düşük, yüksek derecede dirençli veya yüksek oranda geçirgenliğe sahip alt toprak malzemesi görülürken, yüksek drenaj yoğunluğu değerine sahip alanlarda ise, zayıf veya geçirimsiz alt yüzey malzemesi ve dağlık rölyef hususları görülmektedir. Horton (1945)'e göre; rölyef, yağış, arazinin sızma kapasitesi ve erozyona karşı direnç gibi hususlar drenaj yoğunluğunu kontrol etmektedir (Samal vd., 2015). Drenaj yoğunluğu değerinin 2'den düşük oluşu çok kalın taneli, 2 ile 4 arasında oluşu iri taneli, 4 ile 6 arasında oluşu orta boyuttaki tanelere, 6 ile 8 arasında oluşu ince tanelere, 8'den büyük oluşu ise çok ince bir drenaj deseninin varlığına işaret ettiği literatürde yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır (Singh vd., 2014). Parveen vd. (2012) yaptıkları çalışmada, eğim değişimi ve rölatif rölyef parametrelerinin, drenaj yoğunluğunu üzerinde etkisi olan esas morfolojik parametreler olduğu belirtmiştir. Drenaj yoğunluğu değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 2.33 ile 3.07 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 2.14 ile 3.37 değerleri arasında değişmektedir. Bu durum hem gözlem değeri olan havzaların hem de gözlem değeri olmayan havzalarda genel olarak orta taneli desene sahip olduğuna işaret etmektedir.

Akarsu Sıklığı (F), havzadaki tüm mertebelerdeki akarsu sayının, toplam havza alanına bölünmesiyle elde edilir (Horton, 1932). Akarsu sıklığı esas olarak havza litolojisine bağlı olup, yüksek akarsu sıklığı değeri; fazla yüzey akışına, dik eğime, geçirimsiz alt yüzey malzemesinin varlığına, seyrek bitki örtüsüne, yüksek rölyef durumuna ve düşük sızma kapasitesine sahip havza şeklinde değerlendirilebilir (Horton, 1945, 1932; Reddy vd., 2004; Avinash vd., 2014). Yüksek akarsu sıklığı değeri kayalık özelliğine sahip tepeliklerin olduğu havzalarda görülürken, düşük akarsu sıklığı değeri alüvyal tortuların olduğu havzalarda görüldüğü literatürde yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Masoud, 2014). Akarsu Sıklığı değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 4.33 ile 5.68 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 4.30 ile 6.35 değerleri arasında değişmektedir.

Kanal Bakım Sabiti (C), 1 km uzunluğundaki kanalı sürdürebilmek için gereken minimum havza alanını gösterir (Schumm 1956; Viececi vd., 2015). Bu parametre, erozyonun periyoduna, kayalık tipine, geçirgenliğe, iklim rejimine, bitki

örtüsüne ve rölyef gibi bir çok parametre bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Schumm 1956). Yapısal bozukluğun tesiri altında olan, düşük geçirgenliğe sahip havzalarda düşük (C) değeri görülürken, yapısal bozukluğun çok az görüldüğü havzalarda (C) parametresinin yüksek değere sahip olması beklenmektedir (Vincy vd., 2012). Kanal Bakım Sabiti değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.33 ile 0.43 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.30 ile 0.47 değerleri arasında değişmektedir.

Drenaj deseni (Dt) parametresi, drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı parametreleri ile ilgili olup Smith' in drenaj deseni sınıflandırma sistemine göre; 4'ün altındaki doku değeri iri; 4-10 arasında değer orta; 10'un üstünde değer ince ve 15'in üzerindeki değerler ise çok ince doku olarak belirlenmiştir (Smith, 1950; Magesh vd., 2013). Drenaj deseni değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 10.42 ile 16.05 değerleri arasında değişmekte olup, genel olarak sonuçların 10 ile 15 arasında oluşu ince dokuya sahip gözlem değeri olan alt havza sayısının daha çok sayıda olduğuna, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 9.79 ile 20.97 değerleri arasında değişmekte olup, değerler arasındaki çeşitlilik ise gözlem değeri olmayan havzalarda doku çeşitliliğine işaret eder.

Havza desen oranı (Rt), arazinin temel litolojisine, sızdırma kapasitesine ve rölyef görünüşüne bağlı olup, alt havzalara ait desen oranı değerlerinin farklı oluşunun sebebi; havzaların litolojik ve jeolojik yapılarının farklılıklarıdır. Düşük Rt değeri, yeraltı suyu kazanımı açısından daha fazla verimli bir alana işaret ederken, yüksek Rt değeri ise havzada geçirimsizliği yüksek olan sert kaya mevcudiyetine işaret eder (Masoud, 2014) Desen Oranı değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 4.94 ile 24.29 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 4.52 ile 17.64 değerleri arasında değişmektedir.

Rho katsayısı (Ro), Horton (1945) bu parametreyi, akarsu uzunluk oranı değerinin, çatallanma oranına bölünmesi olarak tanımlamış olup, yüksek Ro katsayısına sahip bir havzada, düşük Ro değerine sahip havzaya nazaran erozyon etkisinin daha zayıf oluşu görülür (Horton, 1945; Vincy vd., 2012). Rho katsayısı, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.10 ile 0.32 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.11 ile 0.40 değerleri arasında değişmektedir.

Engebelilik Sayısı (R_n), Strahler (1957) ve Melton (1958)' a göre engebelilik sayısı, aynı birimdeki havza rölyefi değeri ile drenaj yoğunluğu değerinin çarpımı ile elde edilen boyutsuz bir sayıdır. Yüksek R_n değeri, erozyona oldukça elverişli bir arazinin mevcudiyetine işaret edebileceği literatürde yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır (Samal vd., 2015). Engebelilik Sayısı gözlem değeri olan alt havzalarda 2.31 ile 5.96 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.94 ile 5.42 değerleri arasında değişmektedir.

İncelik Oranı (F_i) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.30 ile 0.49 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.33 ile 0.52 değerleri arasında değişmektedir.

Kıvrım Oranı (R_w) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 1.01 ile 1.76 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 1.05 ile 2.07 değerleri arasında değişmektedir.

Melton Engebelilik Sayısı (MR_n) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.05 ile 0.25 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.03 ile 0.32 değerleri arasında değişmektedir.

Yuvarlaklık oranı (R_{or}) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.003 ile 0.055 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.006 ile 0.044 değerleri arasında değişmektedir.

Uygulama alanında gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan alt havzalar için biçim katsayıları hesaplanmış ve sırasıyla Çizelge 17 ve 18'de verilmiştir.

Çizelge 6.17 Gözlem değeri olan havzalara ait biçim katsayıları

Agi	H1 Suyun çıktığı nokta kotu	H2 Havza çıkış nokta kotu	Eğim Oranı (G_r)	Daire - sellik Oranı (R_c)	Uzama Oranı (R_e)	Sıkışıklık Oranı (C_r)	Biçim Faktörü (F_r)	Havza Şekil İndeksi (S_w)	Havza Şekil Faktörü (BSI)
	m	m	Boyutsuz						
d20a005	1751	186	0.090	0.48	0.63	1.45	0.31	3.19	0.40
d20a006	1515	344	0.048	0.51	0.61	1.41	0.29	3.47	0.37
d20a008	1690	215	0.071	0.52	0.62	1.38	0.30	3.34	0.38
d20a010	1484	504	0.038	0.50	0.60	1.42	0.28	3.51	0.36
d20a015	2213	1380	0.032	0.43	0.60	1.53	0.28	3.52	0.36
d20a016	2706	1394	0.039	0.41	0.58	1.56	0.27	3.73	0.34
d20a021	1468	591	0.012	0.19	0.53	2.26	0.22	4.50	0.28
d20a043	1663	219	0.059	0.48	0.61	1.44	0.29	3.47	0.37
d20a044	910	299	0.064	0.58	0.68	1.31	0.36	2.77	0.46
d20a045	1808	270	0.062	0.37	0.61	1.65	0.29	3.48	0.37
d20a056	1926	742	0.040	0.45	0.59	1.49	0.28	3.63	0.35
d20a057	2592	929	0.059	0.46	0.59	1.47	0.28	3.59	0.35
d20a058	2027	992	0.128	0.41	0.69	1.57	0.38	2.66	0.48
d20a059	1705	1028	0.028	0.36	0.61	1.67	0.29	3.46	0.37
d20a063	1232	540	0.055	0.30	0.66	1.82	0.34	2.95	0.43
d20a068	1966	1266	0.057	0.32	0.66	1.78	0.34	2.94	0.43
d20a069	2147	1329	0.091	0.50	0.68	1.42	0.37	2.73	0.47
d20a071	868	237	0.057	0.46	0.67	1.47	0.35	2.86	0.44
d20a072	709	117	0.051	0.41	0.66	1.57	0.34	2.91	0.44
d20a074	2056	1012	0.049	0.52	0.62	1.38	0.30	3.35	0.38
d20a077	1236	583	0.057	0.33	0.66	1.74	0.35	2.89	0.44
d20a080	1872	740	0.110	0.52	0.67	1.39	0.36	2.82	0.45
e20a008	2143	62	0.050	0.20	0.57	2.24	0.25	3.94	0.32
e20a022	2774	1353	0.036	0.35	0.57	1.70	0.26	3.89	0.33
e20a025	2239	1247	0.015	0.25	0.54	2.00	0.23	4.38	0.29

Çizelge 6.18 Gözlem değeri olmayan havzalara ait biçim katsayıları

Agi	H1 Suyun çıktığı nokta kotu	H2 Havza çıkış nokta kotu	Eğim Oranı (G_r)	Daire - sellik Oranı (R_c)	Uzama Oranı (R_e)	Sıkışıklık Oranı (C_r)	Biçim Faktörü (F_r)	Havza Şekil İndeksi (S_w)	Havza Şekil Faktörü (BSI)
	m	m	Boyutsuz						
sanal1	2126	1169	0.055	0.23	0.63	2.07	0.31	3.19	0.40
sanal2	2640	1150	0.052	0.25	0.59	1.99	0.28	3.61	0.35
sanal3	1654	1337	0.018	0.35	0.63	1.69	0.31	3.20	0.40
sanal4	2748	1149	0.060	0.24	0.60	2.05	0.28	3.55	0.36
sanal5	1646	1128	0.027	0.34	0.62	1.70	0.31	3.26	0.39
sanal6	484	471	0.001	0.23	0.66	2.07	0.34	2.93	0.43
sanal7	1495	471	0.051	0.34	0.62	1.72	0.30	3.31	0.38
sanal8	2714	1070	0.133	0.45	0.66	1.49	0.34	2.95	0.43
sanal9	2179	786	0.122	0.57	0.66	1.32	0.35	2.89	0.44
sanal10	2333	673	0.074	0.38	0.61	1.62	0.29	3.40	0.37
sanal11	1749	335	0.081	0.57	0.63	1.33	0.31	3.20	0.40
sanal12	1755	432	0.036	0.35	0.58	1.68	0.26	3.83	0.33
sanal13	1227	432	0.044	0.20	0.63	2.25	0.31	3.22	0.39
sanal14	1161	478	0.037	0.27	0.63	1.92	0.31	3.24	0.39
sanal15	573	471	0.006	0.31	0.63	1.79	0.32	3.16	0.40
sanal16	864	479	0.026	0.32	0.64	1.76	0.32	3.08	0.41
sanal17	888	525	0.019	0.30	0.62	1.82	0.30	3.28	0.39
sanal18	1292	525	0.024	0.34	0.59	1.72	0.27	3.71	0.34
sanal19	1800	1122	0.027	0.19	0.60	2.30	0.29	3.49	0.36
sanal20	1591	1139	0.030	0.24	0.64	2.05	0.32	3.09	0.41
sanal21	1799	1168	0.034	0.31	0.63	1.79	0.31	3.25	0.39
sanal22	2242	1166	0.035	0.33	0.59	1.74	0.27	3.65	0.35
sanal23	1769	1371	0.033	0.55	0.66	1.35	0.34	2.92	0.43
sanal24	1865	1371	0.032	0.42	0.64	1.54	0.32	3.10	0.41
sanal25	1763	1102	0.044	0.35	0.64	1.68	0.32	3.08	0.41
sanal26	2838	1102	0.088	0.32	0.62	1.76	0.30	3.29	0.39
sanal27	2007	994	0.061	0.37	0.63	1.65	0.32	3.17	0.40
sanal28	1845	1266	0.037	0.41	0.64	1.56	0.32	3.11	0.41
sanal29	2047	650	0.047	0.29	0.59	1.87	0.28	3.63	0.35
sanal30	2055	1158	0.020	0.25	0.56	2.00	0.25	3.99	0.32
sanal31	1908	1158	0.035	0.23	0.62	2.07	0.30	3.35	0.38
sanal32	1981	1135	0.032	0.13	0.60	2.72	0.28	3.53	0.36
sanal33	1608	210	0.056	0.45	0.60	1.49	0.29	3.48	0.37

Eğim Oranı (Gr), akış seviyesinin değerlendirmesine yardımcı olan bir parametredir. Dairesellik Oranı (Rc), Miller (1953)'e göre dairesellik oranı; bir havzaya ait havza alanın, o havzanın çevresiyle benzer daire çevresi özelliği gösteren bir çemberin alanına oranıdır. Bu parametrenin değerlendirilmesinde, eğer hesaplanan değer 1'e yakın ise havzada dairesel şeklin mevcudiyetine işaret eder (Vincy vd., 2012). Dairesellik Oranı (Rc) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.19 ile 0.58 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.13 ile 0.57 değerleri arasında değişmektedir. Sonuçlara bakılarak gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan her iki alt havza grubunun da şekillerinin elonge (yassı) şekle yakın olduğu görülmektedir.

Uzama oranı (Re), havza ile aynı alana sahip çemberin çapının, maksimum havza uzunluğuna bölünmesidir. Re değerinin 1'e yakın olduğu durumda düşük rölyef gözlemlenir. Re değerinin 0.9-1 arasında oluşu dairesel, 0.8 ile 0.9 arasında oluşu oval, 0.7 ile 0.8 arasında oluşu az ince ve uzun, 0.7 ile 0.5 arasında oluşu ince ve uzun, 0.5' ten küçük oluşu ise çok ince ve uzun şeklin mevcudiyetine işaret etmektedir (Samal vd., 2015). Düşük uzama oranı değerine sahip bölgeler erozyon hususuna daha yatkınken, yüksek uzama değerine sahip alanlarda ise düşük akış görülür. Uzama Oranı değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.53 ile 0.69 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.56 ile 0.66 değerleri arasında değişmektedir. Sonuçlara bakılarak gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan her iki alt havza grubunun da şekillerinin elonge (yassı) şekle yakın olduğu görülmektedir.

Sıkışıklık oranı (Cr), havzanın çevresinin havza alanı ile aynı alana sahip bir dairenin çevresine oranı şeklinde tanımlanmaktadır (Horton, 1945). Düşük Cr değerine sahip alanlarda risk faktörlerine karşı az hassasiyet görülürken, yüksek Cr değerleri ise risk faktörlerine karşı yüksek hassasiyet görülmektedir (Aher vd., 2014). Sıkışıklık oranı değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 1.31 ile 2.26 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 1.32 ile 2.72 değerleri arasında değişmektedir.

Biçim Faktörü (Fr), Horton (1932) biçim faktörü havza alanının havza uzunluğunun kareköküne bölünmesi olarak tanımlamıştır. Uzun-dar havzalarda daha büyük uzunluklar görülmesi sebebiyle daha küçük biçim faktörü değerine sahiptirler.

Dairesel havzalar, bire yakın olan ara biçim faktörü değerine sahiptirler. Bir havzanın Mükemmel dairesel bir havza olarak tanımlanabilmesi için biçim faktörü değerinin 0.7854' ten düşük olması gerekir (Magesh vd., 2011). Biçim Faktörü değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.22 ile 0.38 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.25 ile 0.35 değerleri arasında değişmektedir. Sonuçlara bakılarak gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan her iki alt havza grubunun da şekillerinin elonge (yassı) şekle yakın olduğu görülmektedir.

Havza Şekil faktörü (Sw), daha düşük değere sahip olan bir havzada, havza şekil endeksi yüksek olana nazaran daha kısa gecikme süresi görüleceğinden dolayı pik noktasına daha kısa sürede ulaşılır (Meraj vd., 2015). Havza şekil faktörü, değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 2.66 ile 4.50 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 2.89 ile 3.99 değerleri arasında değişmektedir.

Havza Şekil İndeksi (BSI), daha dairesel bir havza şekline işaret etmekte olmakta ve bu durumun tersi için de geçerlidir. Havza şekil İndeksi değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.28 ile 0.48 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.32 ile 0.44 değerleri arasında değişmektedir.

Uygulama alanında gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan alt havzalar için boyutsuz parametreler hesaplanmış ve sırasıyla Çizelgede 6.19 ve 6.20'de verilmiştir.

Çizelge 6.19 Gözlem değeri olan havzalara ait boyutsuz parametreler

AGİ	E(85)	E(10)	İçsel Rolyef (E)	Eğim İndeksi (SI) %	Dilimleme İndeksi (Dis)	Standart Kıvrımlılık İndeksi (Si)	Leminis-cate Oranı (Le)	Yüz. akış uzunl. (Lg)	Kons. Süresi (Tc)	Hipso-metrik İntegral (HI)
	(km)	(km)	Boyutsuz					(km)		Boyutsuz
d20a005	20.53	2.42	18.11	0.14	0.000020	1.40	0.80	0.19	10.10	0.52
d20a006	25.23	2.97	22.26	0.12	0.000015	1.21	0.87	0.21	15.16	0.45
d20a008	21.23	2.50	18.74	0.12	0.000018	1.20	0.83	0.19	12.40	0.55
d20a010	25.70	3.02	22.67	0.12	0.000014	1.17	0.88	0.21	18.55	0.44
d20a015	22.80	2.68	20.12	0.10	0.000013	1.04	0.88	0.17	18.18	0.31
d20a016	35.97	4.23	31.74	0.13	0.000010	1.27	0.93	0.21	23.10	0.46
d20a021	80.45	9.47	70.99	0.13	0.000004	1.30	1.13	0.18	53.17	0.28
d20a043	21.30	2.51	18.80	0.10	0.000015	1.02	0.87	0.20	15.90	0.47
d20a044	8.78	1.03	7.75	0.11	0.000038	1.08	0.69	0.20	6.33	0.42
d20a045	28.43	3.35	25.09	0.14	0.000013	1.36	0.87	0.19	15.92	0.26
d20a056	25.99	3.06	22.94	0.10	0.000012	1.03	0.91	0.18	18.21	0.40
d20a057	27.01	3.18	23.84	0.11	0.000013	1.12	0.90	0.19	17.65	0.36
d20a058	6.95	0.82	6.14	0.10	0.000036	1.01	0.66	0.16	4.94	0.21
d20a059	21.84	2.57	19.27	0.11	0.000013	1.06	0.87	0.18	17.56	0.28
d20a063	17.47	2.06	15.41	0.16	0.000021	1.64	0.74	0.19	8.92	0.29
d20a068	15.16	1.78	13.37	0.14	0.000022	1.44	0.74	0.17	8.64	0.47
d20a069	9.25	1.09	8.16	0.12	0.000037	1.21	0.68	0.20	6.27	0.44
d20a071	12.27	1.44	10.82	0.13	0.000030	1.31	0.72	0.18	8.04	0.38
d20a072	14.10	1.66	12.44	0.14	0.000026	1.42	0.73	0.19	9.02	0.44
d20a074	19.27	2.27	17.00	0.11	0.000018	1.07	0.84	0.17	13.98	0.45
d20a077	12.20	1.44	10.76	0.12	0.000024	1.25	0.72	0.18	8.57	0.35
d20a080	9.80	1.15	8.65	0.11	0.000033	1.12	0.70	0.18	6.10	0.36
e20a008	62.43	7.35	55.09	0.18	0.000006	1.76	0.99	0.19	26.16	0.38
e20a022	37.91	4.46	33.45	0.11	0.000008	1.13	0.97	0.19	27.05	0.27
e20a025	58.99	6.94	52.05	0.11	0.000005	1.07	1.10	0.17	49.24	0.36

Çizelge 6.20 Gözlem değeri olmayan havzalara ait boyutsuz parametreler

AGİ	E(85)	E(10)	İçsel Rolyef (E)	Eğim İndeksi (SI) %	Dilimleme İndeksi (Dis)	Standart Kıvrımlılık İndeksi (Si)	Leminis-cate Oranı (Le)	Yüz. akış uzunl. (Lg)	Kons Süresi (Tc)	Hipso-metrik İntegral (HI)
	(km)	(km)	Boyutsuz					(km)		Boyutsuz
sanal1	27.47	3.23	24.24	0.19	0.000014	1.87	0.80	0.17	11.62	0.23
sanal2	40.83	4.80	36.02	0.17	0.000009	1.66	0.90	0.18	18.85	0.01
sanal3	18.43	2.17	16.26	0.12	0.000017	1.24	0.80	0.16	13.87	0.23
sanal4	35.96	4.23	31.73	0.16	0.000010	1.58	0.89	0.18	17.27	0.26
sanal5	25.70	3.02	22.67	0.16	0.000016	1.60	0.81	0.16	16.97	0.29
sanal6	18.00	2.12	15.89	0.18	0.000019	1.76	0.73	0.16	10.99	0.07
sanal7	22.95	2.70	20.25	0.13	0.000015	1.34	0.83	0.20	14.48	0.26
sanal8	15.44	1.82	13.63	0.15	0.000026	1.47	0.74	0.21	6.83	0.38
sanal9	10.44	1.23	9.21	0.11	0.000032	1.07	0.72	0.21	5.98	0.32
sanal10	30.12	3.54	26.57	0.16	0.000014	1.57	0.85	0.21	13.08	0.67
sanal11	15.69	1.85	13.85	0.11	0.000022	1.05	0.80	0.23	10.21	0.54
sanal12	44.51	5.24	39.28	0.14	0.000009	1.42	0.96	0.18	24.07	0.34
sanal13	28.80	3.39	25.41	0.19	0.000012	1.88	0.81	0.16	14.24	0.29
sanal14	26.04	3.06	22.98	0.17	0.000014	1.66	0.81	0.15	15.90	0.24
sanal15	20.39	2.40	17.99	0.14	0.000017	1.44	0.79	0.15	19.91	0.25
sanal16	16.86	1.98	14.87	0.13	0.000019	1.33	0.77	0.15	12.48	0.23
sanal17	30.57	3.60	26.98	0.19	0.000014	1.86	0.82	0.15	17.78	0.22
sanal18	29.15	3.43	25.72	0.11	0.000010	1.05	0.93	0.17	28.71	0.25
sanal19	43.90	5.17	38.74	0.21	0.000009	2.07	0.87	0.16	21.89	0.35
sanal20	23.86	2.81	21.05	0.19	0.000016	1.86	0.77	0.15	14.34	0.33
sanal21	24.40	2.87	21.53	0.15	0.000015	1.53	0.81	0.17	16.02	0.29
sanal22	33.70	3.97	29.74	0.13	0.000010	1.30	0.91	0.18	19.33	0.24
sanal23	12.16	1.43	10.73	0.12	0.000030	1.19	0.73	0.18	11.04	0.59
sanal24	15.96	1.88	14.09	0.12	0.000021	1.23	0.78	0.19	12.39	0.35
sanal25	17.78	2.09	15.69	0.14	0.000020	1.40	0.77	0.17	9.90	0.32
sanal26	28.28	3.33	24.95	0.17	0.000015	1.69	0.82	0.21	11.66	0.34
sanal27	18.39	2.16	16.23	0.13	0.000018	1.30	0.79	0.20	10.69	0.42
sanal28	14.02	1.65	12.37	0.11	0.000021	1.07	0.78	0.16	12.34	0.31
sanal29	34.17	4.02	30.15	0.14	0.000010	1.36	0.91	0.17	19.30	0.51
sanal30	50.05	5.89	44.16	0.13	0.000006	1.34	1.00	0.17	36.20	0.50
sanal31	32.35	3.81	28.55	0.18	0.000012	1.79	0.84	0.15	17.85	0.38
sanal32	44.10	5.19	38.91	0.20	0.000007	1.97	0.88	0.17	21.07	0.48
sanal33	22.29	2.62	19.67	0.11	0.000014	1.06	0.87	0.20	15.81	0.40

E85 değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 6.95 ile 80.45 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 10.44 ile 50.05 değerleri arasında değişmektedir.

E10 değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.82 ile 9.47 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 1.23 ile 5.89 değerleri arasında değişmektedir.

İçsel Rölyef değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 6.14 ile 70.99 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 9.21 ile 44.16 değerleri arasında değişmektedir.

Eğim İndeksi (SI), akış ölçümü değerlendirilmesi neticesinde kullanılan bir göstergedir (Bajabaa vd., 2014). Eğim İndeksi değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.10 ile 0.18 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.11 ile 0.21 değerleri arasında değişmektedir.

Dilimleme İndeksi (Dis) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.000004 ile 0.000038 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.000006 ile 0.000032 değerleri arasında değişmektedir.

Standart Kıvrımlılık İndeksi (Si) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 1.01 ile 1.76 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 1.05 ile 2.07 değerleri arasında değişmektedir.

Leminiscate Oranı (Le) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.66 ile 1.13 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.72 ile 1 değerleri arasında değişmektedir.

Yüzeysel akış uzunluğu (L_g), suyun konsantre hale gelmeden önce aldığı en uzun drenaj yolunun uzunluğu olarak tanımlanır (Horton, 1945). Yüzeysel akış uzunluğu (L_g), drenaj yoğunluğunun tersinin yaklaşık yarısına eşittir. Drenaj havzasının hidrolojik ve jeomorfik gelişimi yüzeysel akış uzunluğunu etkiler (Horton, 1932). Yüksek L_g değeri olan yerlerde düşük rölyef değeri görülürken, düşük L_g değeri sahip yerlerde ise yüksek rölyef değeri görülür. Yüzeysel akış uzunluğu değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.16 ile 0.21 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.15 ile 0.23 değerleri arasında değişmektedir.

Konsantrasyon Süresi (T_c), suyun kaynaktan çıkıp havzanın çıkışına kadar gitme süresidir. En yüksek T_c değeri suyun, havzanın en uzak noktasından havza çıkışına kadar gitmesi durumundaki süre olarak tanımlanabilir. Konsantrasyon süresi değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 4.94 ile 53.17 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 5.98 ile 36.20 değerleri arasında değişmektedir.

Hipsometrik İntegral (HI), Strahler (1952, 1957, 1964), hipsotometrik eğri şekline dayanarak genç, olgun ve yaşlı (monadnok) olmak üzere arazi tipini 3'e ayırmış olup, Singh vd. (2008) sundukları HI Sınıflandırması hususuna göre, HI değerleri 0.6'nın üzerinde olan havzalar genç olarak sınıflandırılırken, HI değerleri 0,3'ün altında olanlar yaşlı veya monadnok olarak sınıflandırılmıştır (Masoud, 2014). Hipsometrik İntegral değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.21 ile 0.55 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.01 ile 0.67 değerleri arasında değişmektedir. HI sınıflandırma unsuruna göre gözlem değeri olan havzaların genç havza tipine sahip olduğuna işaret ederken, gözlem değeri olmayan havzalarda ise genç ve yaşlı havza tipleri görülmektedir.

Çizelge 6.21 Gözlem değeri olan ve olmayan havzalara ait fiziksel parametreler

AGİ	AGİ X Koordinatı	AGİ Y Koordinatı	AGİ Kotu (Z)	AGİ	AGİ X Koordinatı	AGİ Y Koordinatı	AGİ Kotu (Z)
d20a005	36.336667	37.099444	265	sanal1	36.95	38.337	1169
d20a006	36.469444	37.280833	340	sanal2	36.995	38.309	1150
d20a008	36.280278	37.048333	255	sanal3	36.547	38.006	1337
d20a010	36.493056	37.179167	493	sanal4	37.031	38.286	1149
d20a015	36.466667	38.083333	1374	sanal5	37.105	38.276	1128
d20a016	36.531111	38.097222	291	sanal6	36.847	37.33	471
d20a021	37.149444	37.419444	636	sanal7	36.891	37.404	471
d20a043	36.003611	37.558611	194	sanal8	37	38.078	1070
d20a044	35.836111	37.555	425	sanal9	36.965	37.921	786
d20a045	35.892222	37.535278	276	sanal10	36.973	37.858	673
d20a056	37.040833	37.728889	750	sanal11	36.56	37.476	335
d20a057	36.764722	37.871667	925	sanal12	36.87	37.541	432
d20a058	36.282778	37.658056	1000	sanal13	36.892	37.53	432
d20a059	36.312222	37.587222	1025	sanal14	36.928	37.412	476
d20a063	36.803333	37.4775	550	sanal15	36.866	37.365	471
d20a068	36.438611	37.789722	1275	sanal16	36.838	37.232	479
d20a069	36.390278	37.76	1310	sanal17	37.049	37.341	525
d20a071	35.708611	37.513889	235	sanal18	37.048	37.341	525
d20a072	35.922778	37.486944	100	sanal19	37.165	38.223	1122
d20a074	36.633056	37.875	996	sanal20	37.224	38.223	1139
d20a077	36.375556	37.517778	579	sanal21	37.275	38.203	1166
d20a080	36.692222	37.801944	720	sanal22	37.275	38.203	1166
e20a008	36.084722	37.361944	70	sanal23	37.476	38.311	1371
e20a022	37.533611	38.255556	1347	sanal24	37.476	38.311	1371
e20a025	36.92	38.421944	1222	sanal25	37.163	38.019	1102
				sanal26	37.164	38.019	1102
				sanal27	37.091	38.009	994
				sanal28	36.486	37.671	1266
				sanal29	36.715	37.764	650
				sanal30	37.209	38.289	1158
				sanal31	37.21	38.289	1158
				sanal32	37.058	38.283	1135
				sanal33	36.402	37.167	210

7. SONUÇLAR

Bir havzanın çeşitli fiziksel parametrelerinin ArcGIS yazılımı kullanılarak hesaplanmasının ve buna ait sonuçların değerlendirilmesi maksadıyla Türkiye’de yer alan havzalar taranmış olup yapılan inceleme neticesinde 5 yıl ve daha fazla süre ölçüm değerine sahip istasyonun mevcut olması sebebiyle Ceyhan Havzası uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanında akım gözlem değeri ölçümü olan 25 adet alt havza ve farklı büyüklüklerde drenaj alanı çeşitliliği amaçlanarak tarafımızca sanal olarak oluşturulmuş olan 33 adet akım gözlem değeri olmayan alt havzalar için toplamda 53 adet parametre CBS yazılımı ile belirlenmiştir. Bunlar;

- *Havza parametreleri*; Havza Alanı (A), Havza Çevresi (P), Havza Maksimum.Kotu (H_{mak}), Havza Minimum Kot (H_{min}), Havza Ortalama.Kot (H_{ort}), Havza Ağırlık Merkezi. X , Havza Ağırlık Merkezi Y , Havza Uzunluğu (Lb), Havza Genişliği (W), Havza Rölyefi (Rf), Rölyef Oranı (Rr), Rölatif Rölyef (Rp),
- *Akarsu drenaj parametreleri*; Akarsu Ana Kol Uzunluğu (Lm), Akarsu Mertebesi (U), Akarsu Sayısı (Nu), Akarsu Uzunluğu (Lu), Çatallanma Oranı (Rb), Ortalama Çatallanma Oranı (Rbm), Ağırlıklı Ortalama Çatallanma Oranı (WRb), Ortalama Akarsu Uzunluğu (Lsm), Akarsu Uzunluk Oranı (RL), Akarsu Mertebe Uzunluğu (OL), Drenaj Yoğunluğu (Dd), Akarsu Sıklığı (F),
- *Boyutsuz parametreler*; Kanal Bakım Sabiti (C), Drenaj Deseni (Dt), Havza Desen Oranı (Rt), Rho Katsayısı (Ro), İncelik Oranı (Fi), Kıvrım Oranı (Rw), Engebelilik Sayısı (Rn), Melton Engebelilik Sayısı (MRn), Yuvarlaklık Oranı (Ror), Suyun çıktığı noktanın kotu ($H1$), Havzanın çıkış noktasının kotu ($H2$), Eğim Oranı (Gr), Dairesellik Oranı (Rc), Uzama Oranı (Re), Sıkışıklık Oranı (Cr), Biçim Faktörü (Fr), Havza Şekil Faktörü (Sw), Havza Şekil İndeksi (BSI), $E(85)$, $E(10)$, İçsel Rölyef (E), Eğim İndeksi (SI) %, Dilimleme İndeksi (Dis), Standart Kıvrımlılık İndeksi (Si), Leminiscate Oranı (Le), Yüzeysel akış uzunluğu (Lg), Konsantrasyon Süresi (Tc), Hipsometrik İntegral (HI)

CBS yardımıyla belirlenen havza parametrelerine ait sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Havza alanları, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 24.53 km² ile 1180.6 km² arasında değişmekte olup, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 45.19 km² ile 355.83 km² arasında değişmektedir
- Havza çevreleri, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 26.53 km ile 275.83 km arasında değişmekte olup, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 31.55 km ile 155.71 km arasında değişmektedir.
- Havza maksimum kot değeri, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 905 m ile 3083 m arasında değişmekte olup, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 761 m ile 3057 m arasında değişmektedir.
- Minimum kot (H_{min}) değerleri incelendiğinde, gözlem değeri olan alt havzalar için 59 m ile 1394 m arasında değişmekte olup, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 210 m ile 1371 m arasında değiştiği görülmüştür.
- Havza rölyefi değeri, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 852 ile 2205 değerleri arasında değişirken, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda ise 290 ile 2140 değerleri arasında değişmektedir. Yüksek rölyef değeri, arazide dik eğimlerin olduğuna, bu hususun da yüksek akım eğimlerine ve hızlarına sebep olması nedeniyle geçiş süresinin azalmasına, pik taşkın debisinin artmasına sebep olmaktadır
- Rölyef Oranı (R_r) parametresi sonuçlarına göre, akım gözlem değeri olan alt havzalar için bu parametre 0.02 ile 0.15 değerleri arasında iken, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda ise 0.02 ile 0.19 değerleri arasında değişmektedir. Rölyef parametresinde olduğu gibi, Yüksek rölyef oranına sahip havzalarda konsantrasyon süresi daha kısa olup, çok hızlı yüzeysel akış ortaya çıkmakta ve bu da havzalarda erozyona riskinin oluşmasına neden olabilmektedir.

- Havza genişliği parametresi ise, akım gözlem değeri olan alt havzalar için 3.04 km ile 16.19 km arasında değişmekte, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda ise 3.95 km ile 11.02 km arasında değişmektedir. Havza genişliği değerinin küçük oluşu, havzanın Elonge (ince, uzun) şekle sahip olduğuna dair bir gösterge olup, küçük havza genişliği değerine sahip havzaların yeraltı suyu tekrar deşarj potansiyeli daha yüksek olarak değerlendirilebilir.
- Havzada konsantrasyon süresini ve hidrografın şeklini etkileyen ve havzaya ait boyutsuz büyüklüklerin hesaplanmasında kullanılan Havza Uzunluğu (Lb) ve Havza Genişliği (W) parametreleri incelendiğinde, akım gözlem değeri olan alt havzalar için havza uzunluğunun 8.08 km ile 72.93 km arasında değiştiği, akım gözlem değeri olmayan alt havzalarda alanlar ise 12.01 km ile 43.97 km arasında olduğu tespit edilmiştir.

CBS yardımıyla belirlenen akarsu drenaj parametrelerine ait sonuçlar;

- Akarsu ana kol uzunluğu (L_m) parametresi gözlem değeri olan alt havzalarda 8.18 km ile 94.65 km arasında, gözlem değeri olmayan alt havzalarda ise 12.28 km ile 58.88 km arasında değişmektedir. Ana kanal uzunluğu parametresinin alt havzaların ana kanal uzunluğunun çeşitlilik göstermesi havzaların jeolojik özelliklerinin farkı olması şeklinde yorumlanabilir.
- Drenaj yoğunluğu değeri, 2.14 ile 33.37 arasında değişmekte oluşu alt havzaların orta taneli desene sahip olduğuna işaret eder.
- Alt havzalar için hesaplanan akarsu mertebesi, 4 ile 7 arasında değişmektedir.
- Drenaj deseni değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 10,42 ile 16,05 değerleri arasında değişmekte olup, genel olarak sonuçların 10 ile 15 arasında oluşu ince dokuya sahip gözlem değeri olan alt havza sayısının daha çok sayıda olduğuna, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 9,79 ile 20,97 değerleri arasında değişmekte olup, bu değerler arasındaki çeşitlilik ise gözlem değeri olmayan havzalarda doku çeşitliliğine işaret eder.

- Desen Oranı değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 4.94 ile 24.29 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 4.52 ile 17.64 değerleri arasında değişmektedir. Düşük Rt değeri, yeraltı suyu kazanımı açısından daha fazla verimli bir alana işaret ederken, yüksek Rt değeri ise havzada geçirimsizliği yüksek olan sert kaya mevcudiyetine işaret eder.

CBS yardımıyla belirlenen boyutsuz parametrelere ait sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Kanal Bakım Sabiti değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.33 ile 0.43 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.30 ile 0.47 değerleri arasında değişmektedir.
- Dairesellik Oranı (R_c) değeri 0.13 ile 0.58 değerleri arasında değişmekte oluşu ve Uzama Oranı değerinin, 0.53 ile 0.69 değerleri arasında oluşu Biçim Faktörü değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0,22 ile 0,38 değerleri arasında oluşu ,alt havza şekillerinin elonge (yassı) şekile yakın olduğuna işaret eder.
- Rho katsayısı, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.10 ile 0.32 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.11 ile 0.40 değerleri arasında değişmektedir. Yüksek Ro katsayısına sahip bir havzada, düşük Ro değerine sahip havzaya nazaran erozyon etkisinin daha zayıf olduğu görülür.
- İncelik Oranı (F_i) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.30 ile 0.49 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.33 ile 0.52 değerleri arasında değişmektedir.
- Kıvrım Oranı (R_w) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 1.01 ile 1.76 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 1.05 ile 2.07 değerleri arasında değişmektedir.

- Melton Engebelilik Sayısı (MRn) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.05 ile 0.25 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.03 ile 0.32 değerleri arasında değişmektedir.
- Yuvarlaklık oranı (Ror) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.003 ile 0.055 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.006 ile 0.044 değerleri arasında değişmektedir.
- Engebelilik Sayısı gözlem değeri olan alt havzalarda 2.31 ile 5.96 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.94 ile 5.42 değerleri arasında değişmektedir. Yüksek Rn değeri, erozyona oldukça elverişli bir arazinin mevcudiyetine işaret edebileceği literatürde yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır.
- Hipsometrik İntegral değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.21 ile 0.55 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.01 ile 0.67 değerleri arasında değişmektedir HI sınıflandırma unsuruna göre gözlem değeri olan havzaların genç havza tipine sahip olduğuna işaret ederken, gözlem değeri olmayan havzalarda ise genç ve yaşlı havza tipleri görülmektedir.
- Uzama Oranı değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.53 ile 0.69 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.56 ile 0.66 değerleri arasında değişmektedir. Sonuçlara bakılarak gözlem değeri olan ve gözlem değeri olmayan her iki alt havza grubunun da şekillerinin elonge (yassı) şekle yakın olduğu görülmektedir.
- Sıkışıklık oranı değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 1.31 ile 2.26 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 1.32 ile 2.72 değerleri arasında değişmektedir.
- Biçim Faktörü değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.22 ile 0.38 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.25 ile 0.35 değerleri arasında değişmektedir. Sonuçlara bakılarak gözlem

değeri olan ve gözlem değeri olmayan her iki alt havza grubunun da şekillerinin elonge (yassı) şekle yakın olduğu görülmektedir.

- Havza şekil faktörü, değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 2.66 ile 4.50 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 2.89 ile 3.99 değerleri arasında değişmektedir.
- Havza Şekil İndeksi (BSI), daha dairesel bir havza şekline işaret etmekte olmakta ve bu durumun tersi için de geçerlidir. Havza şekil İndeksi değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.28 ile 0.48 değerleri arasında, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.32 ile 0.44 değerleri arasında değişmektedir.
- Eğim İndeksi değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.10 ile 0.18 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.11 ile 0.21 değerleri arasında değişmektedir.
- Dilimleme Endeksi (D_{is}) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.000004 ile 0.000038 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.000006 ile 0.000032 değerleri arasında değişmektedir.
- Standart Kıvrımlılık Endeksi (S_i) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 1.01 ile 1.76 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 1.05 ile 2.07 değerleri arasında değişmektedir.
- Lemniscate Oranı (L_e) değeri, gözlem değeri olan alt havzalarda 0.66 ile 1.13 değerleri arasında değişmekte olup, gözlem değeri olmayan alt havzalarda 0.72 ile 1 değerleri arasında değişmektedir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde bir havzaya ait fiziksel parametrelerin hesaplanmasında ArcGIS yazılımının yüksek oranda doğrulukla sonuç verdiği görülmekte olup, ArcGIS yazılımının özellikle ölçüm verisi bulunmayan veya eksik ölçüm değeri olan akım gözlem istasyonlarının yer aldığı havzalardaki fiziksel parametrelerinin hesaplanması ve yorumlanması gibi hususlarda önemli bir yardımcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Aher, P.D., Adinarayana, J., Gorantiwar, S.D. (2014). Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. *Journal of Hydrology*. **511**, 850-860.

Avinash, K., Deepika, B., Jayappa, K.S. (2014). Basin Geomorphology and Drainage Morphometry Parameters Used as Indicators for Groundwater Prospect: Insight from Geographical Information System (GIS) Technique. *Journal of Earth Science*. **25**, 1018-1032.

Bagherzadeh, A. (2014). Estimation of soil losses by USLE model using GIS at Mashhad plain, Northeast of Iran. *Arab J Geosci*. **7**, 211-220.

Bajabaa, S., Masoud, M., Al-Amri, N. (2014). Flash flood hazard mapping based on quantitative hydrology, geomorphology and GIS techniques (case study of Wadi Al Lith, Saudi Arabia). *Arab J Geosci*. **7**, 2469-2481.

Bhalla, R.S., Pelkey, N.W., Devi Prasad, K.V. (2011). Application of GIS for Evaluation and Design of Watershed Guidelines. *Water Resources Management*. **25**, 113-140.

Bhatt, S. ve Ahmed, S.A. (2014). Morphometric analysis to determine floods in the Upper Krishna basin using Cartosat DEM. *Geocarto International*. **29**, 878–894.

Bhatarai, R. Dutta, D. (2007). Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield Using GIS at Catchment Scale. *Water Resources Management*. **21**, 1635–1647.

Chen, J., Hill, A.A., Urbano, L.D. (2009). A GIS-based model for urban flood inundation. (2009). *Journal of Hydrology*. **373**, 184–192.

Cheng, Q., Ko, C., Yuan, Y., Ge, Y., Zhang, S. (2006). GIS modeling for predicting river runoff volume in ungauged drainages in the Greater Toronto Area, Canada. *Computers & Geosciences*. **32**, 1108–1119.

Chorley, R.J. (1957). Illustrating the laws of morphometry. *Geological Magazine*. **84**, 140–150.

Coskun, H.G., Alganci, U., Eris, E., Agralioglu, N., Cigizoglu, H.K., Yilmaz, L., Toprak, Z.F. (2010). Remote Sensing and GIS Innovation with Hydrologic Modelling for Hydroelectric Power Plant (HPP) in Poorly Gauged Basins. *Water Resources Management*. **24**, 3757–3772

Dove, N. (1957). The ratio of relative and absolute altitude of Mt. Camel. *Geog.Rev.***47**, 564- 569.

Farhan, Y., Nawaysa, S. (2015) Spatial Assessment of Soil Erosion Risk in Wadi Kerak, Southern Jordan Using RUSLE and GIS Techniques. *Environmental Earth Sciences*. **74**, 4649-4669.

Farhan, Y., Anbar, A., Enaba, O., Al-Shaikh, N. 2015. Quantitative Analysis of Geomorphometric Parameters of Wadi Kerak, Jordan, Using Remote Sensing and GIS. *Journal of Water Resource and Protection*. **7**, 456-475.

Gottschalk, L.C. (1964) Reservoir Sedimentation. In: Chow, V.T., Ed., Handbook of Applied Hydrology, McGraw Hill Book Company, New York

Gravelius, H. (1914) Grundrifi der gesamten Gewcisserkunde. Band I: Flufikunde (Compendium of Hydrology, Vol. I. Rivers, in German). Goschen, Berlin.

Gregory, K.J. Walling, D.E. (1973). Drainage basin form and processes: A geomorphological approach. Edward Arnold, ed. New York: Halsted Press, 456.

Gupta, B.L. (1999). Engineering hydrology. 3rd ed. Runoff, 46–56.

Hadley, R.F. Schumm, S.A. (1961). Sediment sources and drainage basin characteristics in upper Cheyenne River Basin. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper, 1531-B, 198 pp.

Hagget, P. (1956). Locational analysis in human geography. Edward Arnold Ltd, London, 339.

Horton, R.E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions – American Geophysical Union*. **13**, 350–361.

Horton, R.E. (1945). Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Geological Society of America Bulletin*. **56**, 275-370.

Ivanoua, E., Nedkov, R., Ivanova, I. and Radeva, K. (2012). Morpho-Hydrographic Analyze of Black Sea Catchment Area in Bulgaria. *Procedia Environmental Sciences*. **14**, 143-153.

Jasmin, I. Mallikarjuna, P. (2013). Morphometric analysis of Araniar river basin using remote sensing and geographical information system in the assessment of groundwater potential. *Arab J Geosci*. **6**, 3683–3692.

Jena, S.K. ve Tiwari, K.N. (2006). Modeling synthetic unit hydrograph parameters with geomorphologic parameters of watersheds. *Journal of Hydrology*. **319**, 1-14.

Kellens, W., Vanneuville, W., Verfaillie, E., Meire, E., Deckers, P., De Maeyer, P. (2013). Flood Risk Management in Flanders: Past Developments and Future Challenges. *Water Resources Management*. **27**, 3585-3606.

Kirpich, Z.P. (1940) Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*. **10**, 362.

Kroll, C., Luz, J., Allen, B., Vogel, R.M. (2004). Developing a Watershed Characteristics Database to Improve Low Streamflow Prediction. *Journal of Hydrologic Engineering*. **9**, 116-125.

Kumar, A., Samuel, S.K., Vyas, V. (2015). Morphometric analysis of six sub watersheds in the central zone of Narmada River. *Arab J Geosci*. **8**, 5685–5712.

Ley, R., Casper, M.C., Hellebrand, H., Merz, R. (2011). Catchment classification by runoff behaviour with self-organizing maps (SOM). *Hydrology and Earth System Sciences*. **15**, 2947-2962.

Magesh, N.S., Chandrasekar, N., Soundranayagam, J.P. (2011). Morphometric evaluation of Papanasam and Manimuthar watersheds, parts of Western Ghats, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India: a GIS approach. *Environ Earth Sci*. **64**, 373-381.

Magesh, N.S., Jitheshlal, K.V., Chandrasekar, N., Jini, K.V. (2012). GIS based morphometric evaluation of Chimmini and Mupily watersheds, parts of Western Ghats, Thrissur District, Kerala, India. *Earth Sci Inform*. **5**, 111-121.

Magesh, N.S., Jitheshlal, K.V., Chandrasekar, N., Jini, K.V. (2013). Geographical information system-based morphometric analysis of Bharathapuzha river basin, Kerala, India. *Appl Water Sci*. **3**, 467-477.

Majure, J.J., Soenksen, P.J. (1991). Using a geographic information system to determine physical basin characteristics for use in flood-frequency equations. In: Balthrop BH,

Masoud, M. (2014). Rainfall-runoff modeling of ungauged Wadis in arid environments (case study Wadi Rabigh—Saudi Arabia). *Arab J Geosci*. **8**, 2587-2606.

Melton, M. A. (1957). An analysis of the relations among the elements of climate, surface properties and geomorphology. Technical Report II. New York Department of Geology, Columbia University.

Melton, M.A. (1958). Correlation structure of morphometric properties of drainage system and their controlling agents. *J. Geol*. **66**, 442-460.

Melton, M.A. (1965). The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in Southern Arizona. *Journal of Geology*, **73**, 1–38.

Meraj, G., Romshoo, S.A., Yousuf, A.R., Altaf, S., Altaf, F. (2015). Assessing the influence of watershed characteristics on the flood vulnerability of Jhelum basin in Kashmir Himalaya. *Nat Hazards*. **77**, 153-175.

Miller, V.C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area. Technical Report-3, Department of Geology, Columbia University.

Moore, I.D., Grayson, R., Ladson, A. (1991). Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrol. Process*. **5**, 3–30.

Parveen, R., Kumar, U., Singh, V.K. (2012). Geomorphometric Characterization of Upper South Koel Basin, Jharkhand: A Remote Sensing & GIS Approach. *Journal of Water Resource and Protection*. **4**, 1042-1050.

Patil, J.P., Sarangi, A., Singh, O.P., Singh, A.K., Ahmad, T. (2008). Development of a GIS Interface for Estimation of Runoff from Watersheds. *Water Resources Management*. **22**, 1221- 1239.

Patton, P. C. Baker, V. R. (1976) Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. *Wat. Resour. Res.* **12**, 941-952.

Paul, I.I. Bayode, E.N. (2012). Watershed Characteristics and Their Implication for Hydrologic Response in the Upper Sokoto Basin, Nigeria. *Journal of Geography and Geology*. **4**, 147-155.

Peterson, H.M., Nieber, J.L., Kanivetsky, R. Shmagin, B. (2014). Regionalization of landscape characteristics to map hydrologic variables. *Journal of Hydroinformatics*. **16.3**, 633-648.

Rakesh, K., Lohani, A.K., Sanjay, K., Chattered, C, Nema, R.K. (2000) GIS based morphometric analysis of Ajay river basin upto Srarath gauging site of South Bihar. *Journal of Appl. Hydrol.* **14**, 45-54.

Raju, K.S. ve Kumar, D.N. (2011). Classification of microwatersheds based on morphological characteristics. *Journal of Hydro-environment Research*. **5**, 101-109.

Reddy, G.P.O, Maji, A.K., Gajbhiye, K.S. (2014). Drainage morphometry and its influence on landforms characteristics in a basaltic terrain, Central India-a remote sensing and GIS approach. *Int. J.Appl. Earth Obs. Geoinf.* **6**, 1-16.

Samal, D.R., Gedam, S.S., Nagarajan, R. (2015). GIS based drainage morphometry and its influence on hydrology in parts of Western Ghats region, Maharashtra, India. *Geocarto International.* **30**, 755-778.

Schumm, S.A. (1956). Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, **67**, 597-646.

Seckin, N. Guven, A. (2012). Estimation of Peak Flood Discharges at Ungauged Sites Across Turkey. *Water Resources Management.* **26**, 2569-2581.

Sharma, S., Tiwari, K. (2009). Bootstrap based artificial neural network (BANN) analysis for hierarchical prediction of monthly runoff in Upper Damodar Valley Catchment. *J. Hydrol.* **374**, 209–222.

Shu, C., Ouarda, T.B.M.J. (2012). Improved methods for daily streamflow estimates at ungauged sites. *Water Resources Research.* **48**, W02523.

Singh, P., Gupta, A., Singh, M. (2014). Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences.* **17**, 111-121.

Singh, S. and Dubey, A. (1994) Geoenvironmental Planning of Watersheds in Indian. *Chugh Publications*, Allahabad, pp211.

Smart, J. S., Surkan, A. J. (1967). The Relation between Mainstream Length and Area in Drainage Basins. *Water Resources Research.* **3**, 963–974.

Smith, K.G. (1950). Standards for grading textures of erosional topography. *American Journal of Science*. **248**, 655–668.

Speight, J.G. (1980). The role of topography in controlling through flow generation: a discussion. *Earth Surf. Proc.* **5**, 187–191.

Sreedevi, P.D., Subrahmanyam, K., and Shakeel, A. (2005). The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain. *Environmental Geology*. **47**, 412–420.

Sreedevi, P.D., Owais, S., Khan, H.H., Ahmed, S. (2009). Morphometric Analysis of a Watershed of South India Using SRTM Data and GIS. *Journal Geological Society of India*. **73**, 543-552.

Strahler, A.N. (1952). Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. *GSA Bulletin*. **63**, 1117-1142.

Strahler, A.N. (1953). Hypsometric analysis of erosional topography. *Bull Geol Soc Am*. **63**, 1117–1142

Strahler, A.N. (1957) Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*. **38**, 913-920.

Strahler, A.N. (1957b). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Civ. Eng.* **101**, 1258–1262.

Strahler, A.N. (1958). Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. *Geological Society of America Bulletin*. **69**, 279–300.

Strahler, A.N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: V.T. Chow, ed. *Hand book of applied hydrology*. **4**, 39–44.

Usul, N. (2017). Mühendislik Hidrolojisi. ODTÜ Yayıncılık. Ankara, 418s.

Venkatramanan, S., Ramkumar, T., Anithamary, I., Ganesh, P. (2013). Morphological characteristics of Tirumalairajan river, East Coast of India—a GIS approach. *Arab J Geosci.* **6**, 1871–1881.

Vieceli, N., Bortolin, T.A., Mendes, L.A., Bacarim, G., Cemin, G., Schneider, V.E. (2015). Morphometric evaluation of watersheds in Caxias do Sul City, Brazil, using SRTM (DEM) data and GIS. *Environ Earth Sci.* **73**, 5677–5685.

Vincy, M.V., Rajan, B., Pradeepkumar, A.P. (2012). Geographic information system–based morphometric characterization of sub-watersheds of Meenachil river basin, Kottayam district, Kerala, India. *Geocarto International.* **27**, 661–684.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Arman UÇAR

Doğum Yeri ve Tarihi: DİYARBAKIR -17.07.1988

Adres: DSİ Van 17. Bölge Müdürlüğü Eminpaşa Mahallesi, Havaalanı Yolu, 65300 Van Merkez/Edremit/Van

E-Posta: armucr@gmail.com

Lisans: Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans (Varsa):

Mesleki Deneyim ve Ödüller: 2013 yılında DSİ 17. Bölge Müdürlüğü'nde İnşaat Mühendisi olarak göreve başlamış ve halen devam etmektedir.

Yayın Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Uçar, A. Fırat, M. 2016. Geographical Information System for Watershed Hydrology. International Symposium of Water and Wastewater Management. October 26-28, 2016, Malatya. 831-835.