
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

BURDUR HAVZASI YERALTI SUYU POTANSİYEL BÖLGELERİNİN MORFOMETRİK ANALİZ VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMLERİYLE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

Merve HANCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OCAK 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Merve HANCI

25/01/2023

BURDUR HAVZASI YERALTI SUYU POTANSİYEL BÖLGELERİNİN MORFOMETRİK ANALİZ VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMLERİYLE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Merve HANCI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2023

ÖZET

Kurak ve yarı kurak iklimlerin hakim olduğu havzalarda sürdürülebilir su kaynaklarının yönetimi sadece yüzey su kaynaklarının değil yeraltı su kaynaklarının da değerlendirilmesi, geliştirilmesi ve yönetimiyle mümkün olabilmektedir. Yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin belirlenmesinde havzanın morfometrik özellikleri önemli rol oynamaktadır. Çalışma kapsamında Burdur Havzası çalışma alanı olarak seçilmiş olup Atabey, Burdur, Karataş, Salda, Yarışlı, Akgöl ve Acıgöl olmak üzere 7 alt havzaya ayrılmıştır. Havzaya ait sayısal yükseklik modeli kullanılarak havza ve alt havza sınırları, su akış yönleri ile drenaj ağları gibi topoğrafik ve hidrolojik özellikler belirlenmiştir. Elde edilen haritalar kullanılarak Burdur Havzası'nın her bir alt havzası için form faktörü, uzunluk oranı, dairesellik oranı, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, infiltrasyon sayısı, akarsu sıklığı, kanal bakım katsayısı, yüzeysel akış uzunluğu, rölyef oranı ve engebelilik oranı gibi çizgisel, alansal ve rölyef parametreleri hesaplanmıştır. Daha sonra alt havzalara ait morfometrik parametreler ve Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemleriyle parametre ağırlıkları belirlenmiş, COPRAS yöntemi ve morfometrik parametre değerleri kullanılarak alt havzalar yeraltı suyu potansiyellerine göre önceliklendirilmiştir. Bu yöntem sonuçlarına göre Salda en yüksek, Atabey ise en düşük yeraltı suyu potansiyeline sahip alt havzalar olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Burdur Havzası yeraltı suyu potansiyelini etkileyen jeomorfoloji, fay yoğunluğu, akifer durumu, arazi kullanımı ve yağış gibi doğrudan sayısal değerlerle ifade edilemeyen özelliklerle eğim, toprak derinliği ve drenaj yoğunluğu parametreleri Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile havza genelinde katmanlar halinde ifade edilmiş ve önceliklendirilmiştir. Önceliklendirme işleminin sonucunda Burdur Havzası'nın en düşük ve en yüksek yeraltı suyu potansiyeline sahip alt havzaları sırasıyla Salda ve Acıgöl olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda uygulanan yöntemlerle havzanın yeraltı suyu potansiyeli açısından değerlendirilebileceği ve öncü çalışmalar için güvenilir sonuçlar elde edilebileceği görülmüştür.

Bilim Kodu : 91122
Anahtar Kelimeler : Analitik hiyerarşi prosesi, Burdur Havzası, coğrafi bilgi sistemleri, COPRAS, morfometrik parametre, önceliklendirme, sayısal yükseklik modeli, yeraltı suyu potansiyeli
Sayfa Adedi : 91
Danışman : Doç. Dr. Müsteyde BADUNA KOÇYİĞİT

PRIORITIZATION OF THE GROUNDWATER POTENTIAL ZONES OF BURDUR BASIN BY USING MORPHOMETRIC ANALYSIS AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS METHODS

(M. Sc. Thesis)

Merve HANCI

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2023

ABSTRACT

Sustainable water resources management in basins dominated by arid and semi-arid climates is possible by evaluating, developing and managing not only surface water resources but also underground water resources. Morphometric characteristics of the basin play an important role in determining the groundwater potential regions. Within the scope of this study, the Burdur Basin was chosen as the study area which was divided into 7 sub-basins, namely Atabey, Burdur, Karataş, Salda, Yarışlı, Akgöl and Acıgöl. Topographic and hydrological maps such as basin and sub-basin boundaries, water flow directions and drainage networks were then determined. By using these maps, linear, areal and relief parameters such as form factor, length ratio, circularity ratio, bifurcation ratio, drainage density, infiltration number, stream frequency, channel maintenance coefficient, runoff length, relief ratio and roughness ratio for each sub-basin were computed. Then, the parameter weights were determined by using the morphometric parameters and the Analytical Hierarchy Process method, and the sub-basins were thus prioritized according to their groundwater potentials using the COPRAS method and values of morphometric parameters. Results showed that Atabey was determined as the sub-basin with the lowest and Salda with the highest groundwater potential. Furthermore, features that cannot be directly expressed with numerical values such as geomorphology, lineament density, aquifer status, land use, precipitation and the parameters of slope, soil depth and drainage density which affect the groundwater potential of the Burdur Basin were expressed and prioritized in layers throughout the basin with the Analytical Hierarchy Process method. As a result of the prioritization process, the sub-basins with the lowest and highest groundwater potential of the Burdur Basin were determined as Salda and Acıgöl, respectively. Results of the study showed that the basin can be evaluated in terms of groundwater potential with the methods applied and reliable results can be obtained for pioneering studies.

Science Code : 91122

Key Words : Analytical hierarchy process, Burdur Basin, geographical information systems, COPRAS, morphometric parameters, prioritization, digital elevation model, groundwater potential

Page Number : 91

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Müsteyde BADUNA KOÇYİĞİT

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde değerli bilgilerini, sabrını, hoşgörüsünü ve desteğini bir an olsun esirgemeyen kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Müsteyde BADUNA KOÇYİĞİT'e şükranlarımı ve saygılarımı sunarım. Çalışma sürecimde bilgi ve birikimlerini paylaşan Dr. Ahmet Hamdi SARGIN'a, Jeo. Yük. Müh. Özlem YÜCEL'e ve meslektaşım Yük. İnş. Müh. Hüseyin ÖZDEMİR'e katkılarından dolayı teşekkür ederim. Bu süreçte maddi ve manevi her konuda desteklerini esirgemeyen annem Fügen KOYUNCU, babam Mehmet Şemsettin KOYUNCU ve eşim Samet HANCI'ya ve çalışma sürecimi olgunlukla karşılayan biricik kızım Nisan HANCI'ya teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

HARİTALARIN LİSTESİ xii

SİMGELER VE KISALTMALAR xiv

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR 5

3. ÇALIŞMA ALANI: BURDUR HAVZASI 11

3.1. Genel 11

3.2. Burdur Havzası Sınırları 12

3.3. Burdur Havzası Jeolojisi 13

3.4. Burdur Havzası İklim Özellikleri 14

3.5. Burdur Havzası Su Kaynakları 14

3.6. Burdur Havzası Gölleri 15

3.6.1. Burdur Gölü 16

3.6.2. Salda Gölü 17

3.6.3. Yarışlı Gölü 18

3.6.4. Akgöl 18

3.6.5. Acıgöl 19

3.6.6. Karataş Gölü 20

Sayfa

3.7. Burdur Havzası Arazi Kullanımı, Şehirleşme ve Nüfus Özellikleri 21

3.8. Burdur Havzası Yeraltı Suyu Potansiyeli (Mevcut Durum) ve Yapılan Çalışmalar 22

4. MATERYAL VE YÖNTEM 25

4.1. Materyal 25

4.2. Morfometrik Parametreler ve Yeraltı Su Potansiyeli İlişkisi 28

4.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi 35

4.4. COPRAS Yöntemi 38

5. BURDUR HAVZASI ALT HAVZALARININ YERALT SUYU POTANSİYELİNE GÖRE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ..... 41

5.1. Morfometrik Parametrelerin COPRAS-AHP ile Önceliklendirmesi 41

5.2. Analitik Hiyerarşi Prosesine Göre Önceliklendirme..... 53

5.2.1. Jeomorfoloji 54

5.2.2. Fay yoğunluğu 55

5.2.3. Arazi kullanımı 58

5.2.4. Akifer 59

5.2.5. Eğim 60

5.2.6. Toprak 61

5.2.7. Drenaj yoğunluğu 62

5.2.8. Yağış 64

5.3. Morfometrik Analiz ve AHP Yöntemleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... 74

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 81

KAYNAKLAR 85

ÖZGEÇMİŞ 91

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Burdur Havzası alt havza alanları ve mevcut akımları 15

Çizelge 3.2. Burdur Havzası içerisinde kalan 2020 yılı il nüfusları (SYGM, 2020)..... 22

Çizelge 3.3. Burdur Havzası yeraltı suyu kütleleri miktarı (SYGM, 2020) 23

Çizelge 4.1. Morfometrik parametrelerin formülleri ve sembolleri 29

Çizelge 4.2. Farklı sayıda eleman matrisi için rassal indeks değerleri (Saaty, 1980)..... 37

Çizelge 5.1. Alt havzaların havza alanları, havza uzunlukları ve havza çevreleri..... 41

Çizelge 5.2. Alt havzaların farklı mertebelerindeki akarsu sayıları..... 42

Çizelge 5.3. Alt havzaların farklı mertebelerindeki akarsu uzunlukları 42

Çizelge 5.4. Burdur Havzası alt havzalarının morfometrik parametreleri..... 47

Çizelge 5.5. Morfometrik parametreler için karşılaştırmalı üstünlük matrisi tablosu 48

Çizelge 5.6. Morfometrik parametrelerin normalize matris tablosu ve kriter ağırlıklarının hesaplanması..... 49

Çizelge 5.7. Morfometrik parametreler ağırlıklandırılmış normalize matrisi tablosu 49

Çizelge 5.8. Morfometrik parametreler AHP ağırlık kontrol tablosu..... 50

Çizelge 5.9. COPRAS yöntemi X matrisinin oluşturulması 51

Çizelge 5.10. COPRAS yöntemi $\bar{X}$ matrisinin oluşturulması 51

Çizelge 5.11. COPRAS yöntemi $\hat{X}$ matrisinin oluşturulması 51

Çizelge 5.12. COPRAS yöntemi önceliklendirme tablosu 52

Çizelge 5.13. Burdur Havzası jeomorfoloji için ağırlıklar 55

Çizelge 5.14 Burdur Havzası fay yoğunluğu için ağırlıklar 56

Çizelge 5.15. Burdur Havzası arazi kullanımı için ağırlıklar 59

Çizelge 5.16. Burdur Havzası akifer durumu için ağırlıklar..... 59

Çizelge 5.17. Burdur Havzası eğim durumu için ağırlıklar..... 61

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.18. Burdur Havzası toprak derinliği için ağırlıklar 62

Çizelge 5.19. Burdur Havzası drenaj yoğunluğu için ağırlıklar 64

Çizelge 5.20. Burdur Havzası yağış yoğunluğu için ağırlıklar 66

Çizelge 5.21. Burdur Havzası AHP karşılaştırmalı üstünlük matris tablosu 67

Çizelge 5.22. Burdur Havzası AHP normalize matris tablosu ve kriter ağırlıklarının hesaplanması 67

Çizelge 5.23. Burdur Havzası AHP ağırlıklandırılmış normalize matris tablosu 68

Çizelge 5.24. Burdur Havzası AHP ağırlık kontrol tablosu 68

Çizelge 5.25. Burdur Havzası alt havzalarının AHP yardımıyla önceliklendirilmesi 73

Çizelge 5.26. Burdur Havzası alt havzalarının yeraltı suyu potansiyeline göre önceliklendirilmesi 74

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.1. Çalışmada izlenen metodoloji..... 25

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita **Sayfa**

Harita 3.1. Burdur Havzası'nın Türkiye'deki yeri ile il ve ilçe sınırları (SYGM, 2020) 13

Harita 3.2. Burdur Havzası'nın başlıca gölleri 16

Harita 4.1. Burdur Havzası sayısal yükseklik modeli..... 26

Harita 4.2. Burdur Havzası alt havzaları..... 27

Harita 4.3. Burdur Havzası alt havzalarının akarsularının mertebelendirilmesi..... 28

Harita 5.1. Atabey Alt Havzası drenaj ağı haritası 43

Harita 5.2. Burdur Alt Havzası drenaj ağı haritası..... 43

Harita 5.3. Karataş Alt Havzası drenaj ağı haritası..... 44

Harita 5.4. Salda Alt Havzası drenaj ağı haritası 44

Harita 5.5. Yarışlı Alt Havzası drenaj ağı haritası 45

Harita 5.6. Akgöl Alt Havzası drenaj ağı haritası..... 45

Harita 5.7. Acıgöl Alt Havzası drenaj ağı haritası 46

Harita 5.8. Burdur Havzası alt havzalarının morfometrik parametreler yardımıyla yeraltı suyu potansiyeli bakımından önceliklendirilmesi..... 53

Harita 5.9. Burdur Havzası jeomorfoloji haritası..... 55

Harita 5.10. Burdur Havzası fay haritası (DSİ, 2016) 57

Harita 5.11. Burdur Havzası fay yoğunluğu haritası 57

Harita 5.12. Burdur Havzası arazi kullanım haritası..... 58

Harita 5.13. Burdur Havzası akifer haritası 60

Harita 5.14. Burdur Havzası eğim haritası..... 61

Harita 5.15. Burdur Havzası toprak derinlik haritası..... 62

Harita 5.16. Burdur Havzası drenaj ağı haritası..... 63

Harita 5.17. Burdur Havzası drenaj yoğunluğu haritası 64

Harita 5.18. Burdur Havzası meteoroloji istasyonları haritası 65

Harita **Sayfa**

Harita 5.19. Burdur Havzası yağış yoğunluğu haritası 66

Harita 5.20. Burdur Havzası AHP ağırlıklandırma haritası 69

Harita 5.21. Atabey Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası 69

Harita 5.22. Burdur Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası 70

Harita 5.23. Karataş Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası 70

Harita 5.24. Salda Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası 71

Harita 5.25. Yarışlı Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası 71

Harita 5.26. Akgöl Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası 72

Harita 5.27. Acıgöl Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası 72

Harita 5.28. Burdur Havzası AHP önceliklendirme haritası 73

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
A	Havzanın Alanı
A	Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi (AHP)
$a_{ij}{}'$	Normalize matris (AHP)
w	Kriter Ağırlığı
w_i	Önem Ağırlığı
C	Kanal Bakım Katsayısı
CI	Tutarlılık İndeksi
CR	Tutarlılık Oranı
D_d	Drenaj Yoğunluğu
F_s	Akarsu Sıklığı
ha	Hektar
I_f	İnfiltrasyon Sayısı
i	Alternatifler
j	Kriterler
km	Kilometre
km^2	Kilometrekare
L_b	Havzanın Uzunluğu
L_o	Yüzeysel Akış Uzunluğu
L_u	Akarsu Uzunluğu
m	Kriter Sayısı (COPRAS)
n	Kriter Sayısı (AHP)
n	Alternatif Sayısı (COPRAS)
N	North
N_i	Her Bir Alternatifin Fayda Değeri
N_u	Akarsu Sayısı
P	Havzanın Çevresi
P_i	Avantajlı Kriterlerin Değerlerinin Toplamı

Simgeler	Açıklamalar
Q_i	Göreceli Önem Değeri
q_j	Kriter Ağırlığı
Q_{max}	Maksimum Göreceli Önem Değeri
R	Rölyef
R_i	Avantajlı Olmayan Kriterlerin Değerlerinin Toplamı
R_b	Çatallanma Oranı
R_c	Dairesellik Oranı
R_e	Uzunluk Oranı
R_f	Form Faktörü
R_{min}	Minimum Avantajlı Olmayan Kriter Değerleri
R_n	Engebelilik Değeri
R_r	Rölyef Oranı
RI	Rassal Indeks
t	Toplam
U	Akarsu Mertebesi
X	Karar Verme Matrisi
$\bar{X}$	Normalize Matris
$\hat{X}$	Ağırlıklandırılmış Normalize Matris
λ_{max}	Temel Matris Özdeğeri

Kısaltmalar	Açıklamalar
AB	Avrupa Birliği
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
COPRAS	Complex Proportional Assessment
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	Devlet Su İşleri
D8	8 Yönlü Akış
ED	European Datum
IDW	Inverse Distance Weighting

Kısaltmalar	Açıklamalar
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
NHYP	Nehir Havza Yönetim Planı
SÇD	Su Çerçeve Direktifi
SPD	Su Politikaları Derneği
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TOPSIS	Technic for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TPI	Topoğrafik Konum İndeksi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
UA	Uzaktan Algılama
UTM	Universal Transverse Mercator
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, madencilik faaliyetleri, yanlış tarım ve sulama uygulamaları ve atık yönetimi, bitki örtüsünün tahribatı gibi insan kaynaklı nedenler ile iklim değişikliği olarak kendini gösteren azalan yağış ve artan buharlaşma gibi doğal nedenler sonucunda sadece Türkiye'de değil tüm dünyada su kaynakları sürekli baskı altındadır. Bu durum, yüzey suları ve yeraltı su kaynaklarının coğrafi havzalar yerine hidrolojik havza bazında, entegre ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini gündeme getirmektedir.

Azalan yağışlar, artan buharlaşma ve dolayısıyla artan kuraklık nedeniyle zaman içinde insanlar günlük ve tarımsal ihtiyaçlarını karşılamak için yaptıkları kanallarla akarsuların akış yollarını değiştirmiş, baraj ve gölet gibi depolama yapılarıyla suları depolamıştır. Yapılan yapılarda meydana gelen kayıp ve kaçaklar ile suyun akışı dışında bir yüzeyden yönlendirilmesi, nehir yataklarının kurumasına, yüzey sularının yeraltına sızmadan buharlaşmasına ve gölleri besleyen akarsuların kaynağa ulaşamamasına neden olmuştur. Bunun sonucunda göller çölleşmeye başlamış, yeraltı su kaynakları beslenememiş, mevcut ekosistem ve halkın geçim kaynakları da yok olmaya başlamıştır.

İklim değişikliği ve yapılan yanlış uygulamalar sonucu, Kazakistan ve Özbekistan arasında bulunan dünyanın en büyük dördüncü gölü olan Aral Gölü, dünyanın ikinci en büyük tuz gölü olarak bilinen İran'daki Urmiye Gölü, İsrail ile Ürdün arasında bulunan Lut (Ölü Deniz) Gölü, Çin'in en büyük tatlı su gölü olan Poyang Gölü ve Bolivya'nın ikinci büyük gölü olarak bilinen Poopo Gölü dünyadaki kuruyan veya çölleşen göller arasında sayılabilir (Yılmaz, 1999; Tussupova, Anchita, Hjorth ve Morajev, 2020; Khodayar ve Hoerner, 2019; Liu, Wu ve Zhao, 2013; Satge ve diğerleri, 2017).

Türkiye'de ise Hotamış Sazlıkları, Kozanlı Gölü, Akgöl, Karataş Gölü, Akşehir – Eber Gölleri, Beyşehir Gölü, Burdur Gölü, Eşmekaya Sazlıkları, Güvenç Gölü, Kulu Gölü, Meke Gölü, Seyfe Gölü, Suğla Gölü, Sultan Sazlığı, Tuz Gölü, Manyas Gölü, İznik Gölü, Karagöl, Girdev Gölü, Boğazak Sazlıkları, Acıgöl, Avlan Gölü, Ereğli Sazlığı, Yarışlı Gölü, Kırkpınar Gölü, Kurugöl, Uyuz Gölü ve Kocagöl çeşitli nedenlerle kuruyan,

kurutulan veya su seviyelerinde ciddi düşüşler yaşanan göller arasındadır (World Wildlife Fund, 2011; Yıldız Karakoç, 2017; Su Politikaları Derneği, 2021).

Göllerdeki su hacimlerinin küçülmesi veya göllerin kuruması, yeraltı sularının kontrolsüz kullanımını arttırmış ve su seviyelerinin düşmesine hatta kaynakların yok olmasına neden olmuştur. Bu nedenle hem Türkiye'de hem de dünyada çeşitli nedenlerle tehlike altındaki bölgeler (Ramsar Alanı, Yaban Hayatı Geliştirme Sahası ve Ulusal Öneme Sahip Sulak Alanlar) koruma altına alınmıştır. Burdur Havzası da birbirinden farklı özelliklere sahip göllerinin çeşitli nedenlerle koruma altına alınmış olması ve son yıllarda hem göl seviyelerinde hem de yeraltı su seviyelerinde düşüşlerin yaşanmasından dolayı çalışma alanı olarak tercih edilmiştir.

Çalışma kapsamında, günümüz koşullarında hızlı, kesin, güncel ve maliyet açısından uygun olması nedeniyle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır. CBS çalışmaları sonucu oluşturulan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) aracılığıyla Burdur Havzası altısı göl havzası olmak üzere toplamda yedi alt havzaya ayrılmış ve her bir alt havza için morfometrik parametreler hesaplanmıştır. Morfometrik parametrelerin hesaplanmasının ardından Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak morfometrik parametrelerin her birinin yeraltı suyu potansiyeline katkısının değerlendirilebilmesi amacıyla ağırlıkları belirlenmiş ve Karmaşık Oransal Değerlendirme COPRAS (Complex Proportional Assessment) yöntemi kullanılarak Burdur Havzası'na ait alt havzalar kendi aralarında yeraltı suyu potansiyellerine göre sıralanarak önceliklendirme işlemi yapılmıştır. Bu sıralamada 1 değeri, yeraltı suyunun oluşabilme ihtimalinin en düşük olduğu alt havzayı yani alınacak tedbir ve önlemlerde öncelik verilmesi gereken ilk havzayı işaret ederken, 7 değeri tam aksine yeraltı suyunun oluşabilme ihtimalinin en yüksek olduğu alt havzayı göstermektedir.

Yeraltı su potansiyeli yüksek olan alt havzalar yani kendi kendine yetebilen alt havzalarda su kaynakları kendiliğinden şarj olabilme kapasitesine sahip olup bu sayede ilave yapılacak su yapılarına duyulan ihtiyaç azalabilecektir. Diğer taraftan yeraltı su potansiyeli düşük alt havzalarda su tüketiminin kontrollü yapılması ve bu doğrultuda gerekli önlemlerin alınması için çalışmalar yapılabilecektir.

Yapılan morfometrik parametrelerin analizi çalışmasında havza sayısal yükseklik modeli ve drenaj özellikleri ile ele alınabilmekte ve bu değerler sayısal büyüklükler olarak ifade edilmektedir. Ancak bazı morfometrik özellikler doğrudan sayısal değerlerle ifade edilemeyebilmektedir. Yeraltı suyu potansiyelini etkileyebilecek jeomorfoloji, fay yoğunluğu, hidrojeoloji, arazi kullanımı, eğim, toprak derinliği, drenaj yoğunluğu gibi parametreler ile havzaya ait yağış değerlerinin ağırlıklı etkisini değerlendirebilmek için AHP yöntemi kullanılmış ve Burdur Havzası'nın alt havzaları için önceliklendirme işlemi yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde drenaj ağı modellenmesi, morfometrik parametreler, AHP ve COPRAS yöntemleri ile çalışma alanında yapılmış olan mevcut araştırmaları kapsayan literatür çalışması sunulmuştur.

Çalışmanın üçüncü bölümünde çalışma alanına ait genel bilgiler verilmiş, Burdur Havzası'nda çeşitli kurum ve dernekler tarafından yapılan çalışmalar incelenmiş, havza sınırları, jeolojisi, iklim özellikleri, su kaynakları, gölleri, arazi kullanımı, şehirleşme ve nüfus özellikleri ile mevcut yeraltı su potansiyeli ve ilgili çalışmalar aktarılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde sayısal yükseklik modeli kullanılarak elde edilen alt havzalar ve akarsu mertebelerine ait bilgiler ile morfometrik parametreler anlatılmış, AHP ve COPRAS yöntemleri hakkında temel bilgilere yer verilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde kullanılan yöntemlerle Burdur Havzası'nda elde edilen morfometrik parametre değerleri, COPRAS ve AHP yöntemlerine ait işlemler verilmiş ve alt havzaların yeraltı su potansiyeline göre önceliklendirme işlemi yapılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR

Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılmaya başlanmadan önce yeraltı suyu potansiyelleri, açılan gözlem kuyularıyla ve alınan ölçümlerle noktasal olarak belirlenmekteydi. Ancak bu geleneksel yaklaşım yeraltı suyu potansiyel bölgelerini haritalamada yardımcı olacak litolojik, jeolojik, jeomorfik, hidrolojik, meteorolojik gibi diğer faktörlerin etkilerini göz önünde bulundurmuyordu (Siddaraju, Madesh ve Balasubramanian, 2019) . Gelişen teknoloji yeraltı suyunu etkileyen birden fazla faktörün AHP, COPRAS, TOPSIS (Technic for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ve VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) gibi Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanılarak bir arada değerlendirilmesine, yeraltı suyunun oluşabileceği ve depolanabileceği bölgelerin haritalanmasına ve yetersiz alanların önceliklendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Horton (1932) drenaj havzasını, morfolojik, toprak, jeolojik ve yapısal faktörler, bitki örtüsü, iklimsel ve hidrolojik faktörler olmak üzere beş sınıfa ayırmış ve hidrolojik döngü içindeki rollerini incelemiştir. Drenaj havzasını daha kesin ve spesifik tanımlamak için hidrolojik döngünün işleyişini etkileyen topoğrafik unsurların sayısallaştırılması gerektiğini belirtmiştir. Çalışmasında form faktörü, ortalama yükseklik, eğim, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu gibi tanımlara yer vermiştir. “Horton Denklemi”ni literatüre kazandıran Horton (1945) yaptığı bir diğer çalışmada ise yüzey akış ve drenaj havzaları üzerinde erozyona neden olan etkilerinden bahsetmiş ve morfolojik özellikleri sayısallaştırmıştır.

Horton tarafından önerilen sınıflandırma sistemini geliştiren Strahler (1952) adını kendisinden alan “Strahler Dizini”ni geliştirmiş olup yaptığı çalışmada akarsu mertebeleri, çatallanma oranı, akarsu sıklığı, drenaj yoğunluğu, tekstür oranı, kanal bakım katsayısı, eğimler, rölyef oranı, hipsometrik eğri gibi morfometrik parametreleri dikkate almıştır.

Horton (1932, 1945) ve Strahler (1957, 1964)’in çalışmalarının yanı sıra Miller (1953), Schumm (1956), Chorley (1957), Hadley ve Schumm (1961), Melton (1965), Shreve (1966), Zavoianu (1985) ve Krishnamurthy, Srinivas, Jayaram ve Chandrasekhar (1996) de

akarsu mertebeleri ve morfometrik parametreler üzerine çalışmalar yapmış, havzanın çizgisel, alansal ve rölyef özelliklerini yorumlamışlardır.

Patton ve Baker (1976), Patton (1988), Biswas, Sudharakar ve Desai (1999), Singh, Sarangi ve Sharma (2008) ile Altaf ve Meraj (2014) morfometrik parametreleri kullanarak havzaların toprak erozyonu, taşkın ve sedimantasyon potansiyellerini önceliklendirme işlemi yaparak değerlendirmiştir.

Yeraltı suyu kaynakları hızla tükenen Hindistan'da uydu görüntüleri, topoğrafik haritalar ve CBS teknikleri kullanılarak morfometrik parametreler yardımıyla havzaların yeraltı suyu potansiyelini alt havzaların önceliklendirilmesi çalışmaları yaygın olarak yer almaktadır. Avinash, Jayappa ve Deepika (2011) Gurpur Nehir Havzası'nda, havzanın jeomorfolojisi ve drenaj karakteristiklerini dikkate alarak önceliklendirme işleminde Bileşik Değer Yöntemini kullanmıştır. Jasmin ve Mallikarjuna (2013), Araniar Nehir Havzası'nda yaptığı çalışmayı jeomorfik haritalarla desteklemiştir. Deepika, Avinash ve Jayappa (2013) ise Gangolli Havzası'nda hidrolojik faktörün entegrasyonu ile önceki çalışmalardan farklı bir yöntem olarak önceliklendirme işleminde Kikare Yöntemini kullanmıştır. Avinash, Deepika ve Jayappa (2014) Mulki-Pavanje Havzası'nda, Bharathkumar ve Mohammed-Aslam (2016) Gulbarga Havzası'nda, Choudhari, Nigam, Singh ve Thakur (2018) Mula Nehri Havzası'nda, Mundetia, Sharma ve Dubey (2018) Khari Havzasını yine Bileşik Değer Yöntemini kullanarak ilgili havzaların yeraltı suyu potansiyelini alt havzaları önceliklendirerek değerlendirmişlerdir. Ahirwar, Malik ve Shukla (2019), Narmada Nehri Havzası'nda CBS teknikleri yardımıyla morfometrik parametreleri hesaplamış, toprak ve su kaynaklarının korunması konusunda alınabilecek önlemleri değerlendirmiştir.

Aladejana ve Fagbohun (2019) ise Nijerya'nın North West Benin Owena Havzası'nda UA ve CBS tekniklerini kullanarak havzanın jeomorfik, morfometrik ve yapısal analizlerini yapmıştır. Beş alt havzaya ayırdığı çalışma alanını Bileşik Değer Yöntemi kullanarak yeraltı suyu potansiyeli açısından önceliklendirmiştir.

ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP, Saaty (1977) tarafından karmaşık sorunları analiz etmek için geliştirilmiştir. Karar vermenin her seviyesindeki karar alıcılar, karmaşık sorunlarını analiz etmek için birden fazla kriter kullanmaktadır (Saaty, 1994). AHP,

alınacak kararı etkileyen kriterlerin hiyerarşik düzen içinde organize edilmesini sağlayan, karar vermeyi kolaylaştıran bir yaklaşımdır.

Literatürde yaygın olarak yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin belirlenmesi için UA ve CBS yöntemleri kullanılmakta, seçilen tematik katmanlara atanan ağırlıklar belirlenmekte ve AHP yöntemi kullanılmaktadır. Nithya, Srinivas, Magesh ve Kaliraj (2019) Hindistan'ın Chittar Havzası'nda CBS yardımı ve AHP tekniği ile jeoloji, çizgisellikler, jeomorfoloji, eğim, drenaj yoğunluğu, toprak ve yağış gibi yeraltı suyu beslenmesine ve yüzey altı akışına katkıda bulunan parametreleri kullanarak yeraltı suyu potansiyel bölgelerini araştırmıştır. Siddaraju ve diğerleri (2019) Karnataka eyaletindeki Chamarajnagar Bölgesi'ndeki Hanur Havza alanı Kollegal Taluk'ta seçilen bir çalışma alanının yeraltı suyu potansiyel bölgesini tanımlamak için jeoloji, eğim, drenaj yoğunluğu, jeomorfik birimler ve fay yoğunluğu gibi parametreleri kullanarak AHP yöntemini uygulamıştır. Yeraltı suyu potansiyel bölgelerini zayıf ila sıfır, sıfır, orta ila zayıf, orta, iyi ile orta, iyi ve çok iyi ile iyi olmak üzere yedi kategoride sınıflandırmıştır. Bu yeraltı suyu potansiyeli bilgisinin, yeraltı suyunun çıkarılması için uygun yerlerin etkin bir şekilde tanımlanması için faydalı olacağı vurgulanmıştır. Abijith ve diğerleri (2020) yaptıkları çalışmada Hindistan'ın Ponnaniyaru Havzası'nda UA ve CBS tekniklerini kullanarak havzanın jeomorfoloji, fay yoğunluğu, arazi kullanımı ve arazi örtüsü, jeoloji, eğim, toprak, drenaj yoğunluğu ve yağış gibi yeraltı suyu potansiyelini etkileyebilecek katmanları oluşturmuştur. Bu katmanları kullanarak AHP ve çoklu etki faktörü gibi ÇKKV yaklaşımlarıyla yeraltı suyu potansiyel bölgeleri belirlenmiştir.

Zavadskas, Kaklauskas ve Sarka tarafından 1996 yılında geliştirilen ÇKKV yöntemlerinden biri olan COPRAS yöntemi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Ertuğrul ve Öztaş (2016), Yavuz ve Öztel (2017) ve Altın (2021) farklı disiplinlerde yaptığı çalışmalarda COPRAS yöntemini uygulayarak vaka çalışmaları yapmışlardır. Arabameri, Tiefenbacher, Blaschke, Pradhan ve Bui (2020) UA ve CBS yardımıyla Kalvari Havzası'nın çizgisel, alansal ve rölyef özelliklerini kullanarak alt havzaların toprak erozyonu bakımından morfometrik analizini yapmış, COPRAS ve AHP yöntemleriyle alt havzaları önceliklendirmiştir.

Türkiye'de de UA ve CBS yardımıyla morfometrik analiz yöntemi taşkın potansiyelinin belirlenmesi gibi amaçlarla kullanılmıştır. Akar (2006), Kasatura Körfezi ve hidrolojik

havzasında, Kütükçü, Kaya, Kabdasli ve Gazioglu (2015), Büyük Menderes Havzası'nda, Elbaşı ve Özdemir (2018) Marmara Denizi Akarsu Havzalarında, Görür ve Karadeniz (2018) Eğirdir Gölü Havzası'nda, Ödeker ve Türkoğlu (2020) Rize'deki Sabuncular Deresi Havzası'nda CBS teknikleri yardımıyla havzaya ait morfometrik parametreleri hesaplayıp havzanın hidrolojik ve morfometrik özelliklerini incelemişlerdir.

Bağdatlı ve Öztürk (2014) SYM yardımıyla havzanın morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde CBS'nin katkısını vurgulayan bir çalışma yapmıştır. CBS sayesinde SYM kullanılarak kolay ve hızlı bir şekilde analizlerin yapılabileceğini etkin yaklaşımlarla ortaya koymuştur. Altıparmak ve Türkoğlu (2018) Hatay'ın Yakacık Çayı Havzası'na ait morfometrik parametreleri CBS yardımıyla analiz etmiştir. CBS çalışmalarının arazi çalışmalarıyla desteklenmesi halinde daha güvenilir ve gerçekçi çalışmaların ortaya çıkabileceğini vurgulamıştır.

Özdemir (2011) İstanbul ili sınırları içinde hemen hemen aynı alansal büyüklüğe sahip Tavukçu Deresi ve Beykoz Deresi Havzalarının, Erdede ve Öztürk (2016) Kızılırmak Havzası'nın, Baduna Koçyiğit ve Akay (2018) Akçay Havzası'nın çizgisel, alansal ve rölyef morfometrik özelliklerini kullanarak CBS ortamında taşkın potansiyelini değerlendirmiştir. Uzun (2019), Kocaeli'nin Dilderesi Havzası'nda CBS tekniklerini kullanarak morfometrik parametreleri incelemiş olup önceki araştırmalar, üretilen haritalar ve arazi çalışmaları sonucu elde edilen bilgileri de analiz edip havzanın flüvyal sürecini ve formasyonunu değerlendirmiştir.

Tez çalışma alanı olan Burdur Havzası ve yakın çevresinde de UA ve CBS ortamında morfometrik parametreler ve göllerdeki seviye değişimleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Küçük (2018), Göller Bölgesi ve yakın çevresindeki göllerde yaptığı çalışmada göl alanlarının morfometrik özelliklerini kullanarak tektonik aktivite ile olan ilişkisini incelemiştir. Yarıcı ve Yağbasan (2018) ise yaptığı çalışmada CBS teknikleriyle havza sınırı, alanı ve çevresi, akış yönü, drenaj ağı, yükselti, eğim ve bakı gibi havzanın morfolojik karakteristik özelliklerini Burdur Gölleri Havzası için belirlemiştir. Kaya ve Kaplan (2021) çalışmalarında Göller Yöresi Bölgesinde, Isparta ve Burdur illeri arasında bulunan Burdur Gölü'nün on yıllık değişimini UA yöntemlerini kullanarak değerlendirmiştir. Taş ve Akpınar (2021) Burdur Havzası'nda bulunan Burdur Gölü, Acıgöl, Akgöl, Yarışlı Gölü, Karataş Gölü, Salda Gölü'nün 1985-2021 yılları arasında

yaşanan seviye değişikliklerini UA ve CBS tekniklerini kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada göllerdeki genel seviye değişimleri yanı sıra Şubat ve Temmuz aylarına ait veriler yardımıyla mevsimsel değişimler de incelenmiştir. Çalışma sonucunda, 36 yıllık dönemde Salda Gölü dışındaki diğer göllerin sularının büyük ölçüde çekildiği hatta Acıgöl'ün % 80 oranında küçüldüğü, Akgöl'ün ise tamamen kuruduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, havzada Salda dışındaki diğer göllerin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu göstermektedir.

Yapılan literatür taramasında çalışma alanı olarak seçilmiş olan Burdur Havzası'nda CBS ve UA teknikleri kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar çoğunlukla havzadaki göl seviyelerindeki değişimin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiş olup havzanın yeraltı suyu potansiyeli ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada yapıldığı gibi Burdur Havzası'nın morfometrik özelliklerinin kullanılmasıyla alt havzalarının yeraltı suyunun oluşabilme ihtimallerinin değerlendirildiği ve alt havzalar bazında önceliklendirme işleminin yapıldığı bir araştırma bulunamamıştır.

3. ÇALIŞMA ALANI: BURDUR HAVZASI

3.1. Genel

Türkiye'de havzaların iklim şartları, coğrafik özellikleri ve mevcut su potansiyelleri büyük farklılıklar göstermektedir. Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için havza bazında planlamalar yapılması ve havza bazında yönetilmesi gerekmektedir.

Burdur Havzası ile ilgili 1950'li yılların sonlarında ovaların ilk hidrojeolojik etütlerine başlanmış, Erli-Irla-Yazı, Keçiborlu ve Dazkırı Acıgöl Ovalarının ilk hidrojeolojik etüt raporları hazırlanmış, ilk araştırma amaçlı sondaj kuyuları açılmış ve 1960'lı yılların ortalarında yeraltı suyu rezerv raporları hazırlanmıştır (DSİ, 2016). Türkiye'deki havza bazında yönetim süreci Avrupa Birliği (AB)'ne üyelik için müzakere dönemine girilmesiyle hız kazanmıştır. AB entegre su kaynakları yönetimi amacıyla yaptığı çalışmaları 23 Ekim 2000 yılında yayımladığı Su Çerçeve Direktifi (SÇD) (2000/60/EC) doğrultusunda nehir havza bölgelerinin, idari ve politik sınırlar yerine doğal coğrafik ve hidrolojik esaslara göre belirlenmesi ve buna göre yönetilmesini öngörmektedir. SÇD ile su kaynaklarının durumunun kötüye gidişinin engellenmesi ve üye ülkelerde 2015 yılı itibari ile tüm su kaynaklarının iyi duruma ulaşılabilmesi hedeflenmiştir. Türkiye müzakere belgesinde 2027 yılına kadar tüm su kaynaklarının iyi duruma ulaşılacağı taahhüdünde bulunmuştur (SYGM, 2021). Bu doğrultuda havza yönetim planlarına altlık teşkil edecek, su kaynakları için sürdürülebilir bir koruma-kullanma dengesi gözetilerek havzanın tamamını esas alan havza master planları çalışmaları 25 hidrolojik havza bazında yapılmaktadır.

Burdur Havzası için kamu kurumları, özel kurumlar ve dernekler tarafından yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) MAM (Marmara Araştırma Merkezi) Çevre Enstitüsü tarafından hazırlanan "Burdur Havzası Havza Koruma Eylem Planı" 2010 yılında yayınlanmıştır (DSİ, 2016). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından 2017 yılında "Burdur Havzası Master Plan Çalışması" tamamlanmıştır. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından 2018 yılında "Burdur Havzası Kuraklık Yönetim Planı Nihai Raporu", 2020 yılında "Burdur Havzası

Nehir Havza Yönetim Planı Nihai Raporu", 2021 yılında "Burdur Havzası Nehir Havza Yönetim Planı Stratejik Çevresel Değerlendirme İzleme Raporu" yayınlanmıştır.

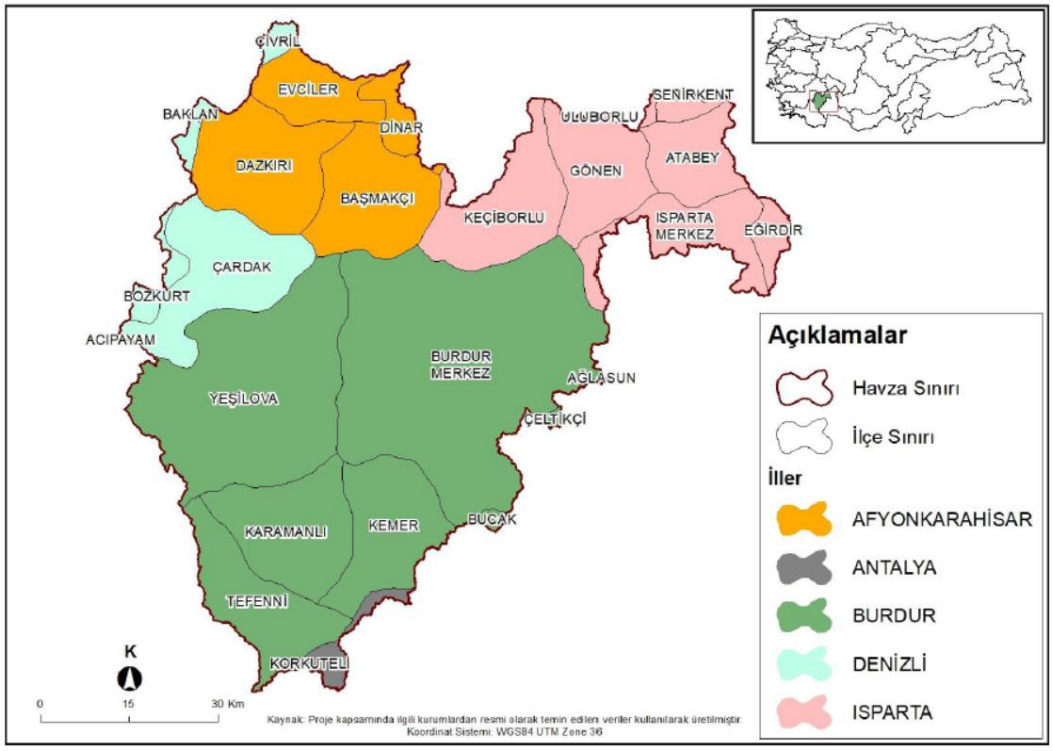
2006 yılında Eken, Bozdoğan, Isfendiyaroğlu, Kılıç ve Lise editörlüğünde Doğa Derneği tarafından Burdur Havzası'nın Salda, Acıgöl, Akgöl, Yarışlı, Karataş ve Burdur göllerinin de içinde bulunduğu "Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları" çalışması yayınlanmıştır. Bu çalışmada sulak alanların tanımı, barındırdığı habitatlar ve türler, alan kullanımı, alan için tehdit oluşturan unsurlar, koruma statüleri ve koruma çalışmalarına yer verilmiştir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı SYGM tarafından 2017 yılında yayınlanan "Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı" adlı çalışmada Burdur Havzası ve Gölleri hakkında bilgi verilmiş olup eylem planlarından bahsedilmiştir. Su Politikaları Derneği (SPD) 2021 yılında yayınladığı "Doğal Göllerimizin ve Sulak Alanlarımızın Durumu ve Acil Önlem İhtiyacı" adlı raporda ise "Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı" ile planda 2017-2019 yılları arasında yapılacağı belirtilen tespit ve izleme çalışmalarını irdelemiş ve Burdur Havzası'ndaki göllerin durumu hakkında bilgiler vermiştir.

3.2. Burdur Havzası Sınırları

Burdur Havzası, Türkiye'nin güneybatısında 37º-38º kuzey enlemleri ile 29º-30º doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havza, batıda Eşeler, Maymun Dağları, doğuda Kestel, Çatak Dağları, güneyde Rahat, Koru Dağları, kuzeyde ise Boz ve Akdağların su ayrım çizgileri arasında yer almaktadır.

Burdur Havzası Türkiye'nin 25 akarsu havzasından biri olup havza numarası 10'dur. Havza toplam olarak yaklaşık 6296 km^2 alanı kaplamaktadır. Havza sınırları içerisinde 1 adedi il merkezi, 11 adedi ilçe merkezi olmak üzere 15 adet belediye ve 181 adet köy bulunmaktadır. Burdur Havzası sınırları içinde Afyonkarahisar, Burdur, Denizli, Isparta ve Antalya ilinin havza içerisinde kalan bölümünde Korkuteli ilçesinin bir bölümü bulunmaktadır (SYGM, 2020). Havzanın içinde yer alan il ve ilçe sınırları Harita 3.1'de gösterilmiştir.

Burdur Havzası Türkiye'nin güneybatısında yer alan, en büyüğü Burdur Gölü olmak üzere Acıgöl, Salda Gölü, Akgöl, Yarışlı Gölü ve Karataş Göllerinin su toplama havzalarından meydana gelen alanı kapsamaktadır (SYGM, 2020).



Harita 3.1. Burdur Havzası'nın Türkiye'deki yeri ile il ve ilçe sınırları (SYGM, 2020)

3.3. Burdur Havzası Jeolojisi

İnceleme alanındaki mezozoik yaşlı temel birimler, kuzeybatıda Menderes masifi ve onun güneye doğru uzantıları ile güneydoğudaki Beydağları otoktonudur. Her iki otokton arasında da allokton konumlu kaya birimleri ile temsil edilen Likya (Lisiyen) napları yer alır. Diğer yandan, Beydağları otoktonu üzerine kuzey-kuzeydoğu yönünde gelen Antalya naplarının Alakırçay, Tahtalıdağ ve Tekirova napları da bulunmaktadır. Menderes masifi ve Beydağları platformu otokton birimlerdir. Likya napları da Menderes masifi ile Beydağları otoktonu arasında kuzeybatı-güneydoğu yönlü sıkışma ile oluşmuş yapısal (tektonik) dilimleri temsil etmektedir. Karbonatlardan oluşan tüm temel üniteler, erken mesozoyik-erken tersiyer yaşlıdır ve geç paleosen-eosen yaşlı denizel çökellerle uyumsuz olarak örtülürler. Bölgede Menderes masifi, Beydağları otoktonu ve Likya naplarının üzerleri paraallokton ve neo-otokton Tersiyer yaşlı birimler tarafından örtülür (SYGM, 2020). Alüvyonlar ile Pliyosen yaşlı detritiklerin kumlu, çakıllı ve karbonatlı seviyeleri ile Mesozoyik yaşlı karbonatlı kayaçlar ve kireçtaşları yeraltı suyunu depolayan ve ileten iyi akifer özelliğindedir. Eosen - Oligosen yaşlı birimler genelde kumtaşı konglomera litolojisinde olup orta-az geçirimli özelliktedir (DSİ, 2016).

3.4. Burdur Havzası İklim Özellikleri

Havzanın, iklim bakımından Akdeniz iklimi ile İç Anadolu İklimi arasında bir geçiş bölgesi kabul edilebilecek durumda olmakla birlikte yoğun olarak İç Anadolu ikliminin etkisi altında olduğu görülmektedir. Genel olarak kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçmektedir. Kış ayları ortalama sıcaklığı, havza rakımı yüksek olduğu için yer yer 0ºC'nin altına düşmektedir. Havzada en az yağış yaz aylarında düşerken en fazla yağış kış aylarında düşmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 11ºC-13ºC, Ocak ayı ortalama sıcaklığı 1ºC-3ºC, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 22 ºC-25 °C ve yıllık sıcaklık farkı 20-22 °C'dir (DSİ, 2016; DSİ,2017; SYGM, 2018).

3.5. Burdur Havzası Su Kaynakları

Burdur Havzası'nda dere ve çay niteliğindeki küçük akarsuların bir bölümü göllere dökülürken bir bölümü de düdenlerde kaybolur. Bu nedenle havzada büyük akarsu bulunmamaktadır. Birçok yan dere kış ve bahar yağışlarından sonra ortaya çıkmakta ve yazın kurumaktadır. Akarsuların rejimleri oldukça düzensizdir (SYGM, 2018). Havzanın en önemli akarsuları olan Bozçay (Eren Çayı), Keçiborlu Çayı, Değirmen Deresi ve Beyköy dereleri sularını Burdur ve Salda gölüne boşaltmaktadır (DSİ, 2016).

Burdur Havzası'nın en büyük akarsuyu 4120 km^2'lik drenaj alanı olan Bozçay'dır. Rahat Dağı eteklerindeki kaynaklardan başlayan Bozçay Değirmen Deresi ile Tefenni İlçe merkezinin doğusunda karışıp, Karataş Gölü tahliye ayağını da alarak kuzeye doğru akmaktadır. Burdur Havzası'nın kuzeyindeki eteklerden çıkan 82 km^2'lik drenaj alanı olan Keçiborlu Çayı Keçiborlu İlçe merkezine gelmeden, yan dere ve kaynak sularıyla birleştikten sonra Burdur Gölü'nün kuzeyindeki ovada sığ yatakta akarak göle ulaşır. Burdur Havzası'nın batısında Büyükkurtulan tepesinin eteklerinden çıkan 18 km^2'lik drenaj alanı olan Değirmen Deresi güneye akarak Salda Beldesi'nin güneybatısındaki kaynak sularını da alarak Salda Gölü'ne ulaşır (DSİ, 2016).

Burdur Gölü'nü besleyen en büyük dere olan Bozçay üzerindeki Karamanlı Barajı 1975 yılında, Karataş (Kılavuzlar besleme kanalı ile) Depolaması 1974 yılında ve Karaçal Barajı 2013 yılında sulamaya geçmiştir. Tefenni tarafından gelen kolu üzerinde Tefenni Göleti, Belenli tarafındaki kolu üzerinde de Belenli Göleti 1991 yılında işletmeye açılmıştır (DSİ,

2016). Atabey deresinin suları göle gelmemektedir. Keçiborlu deresi üzerinde ise Mülga Köy Hizmetleri tarafından yapılan Keçiborlu Merkez Göleti (1994), Keçiborlu-Güneykent Uzundere Göleti (1994) ve Keçiborlu-Güneykent Uludere Göleti bulunmaktadır (DSİ, 2016). Mülga Köy Hizmetlerinin ayrıca Bozçay üzerinde 1980 yılında işletmeye açılan Burdur Merkez Kemer Göleti, Burdur-Tefenni Hasanpaşa Göleti, Burdur Merkez Kemer Akpınar Göleti, Burdur Merkez Kozluca Göleti ve Burdur-Kemer Elmacık Göleti ile 1989 yılında işletmeye açmış olduğu Burdur-Merkez Gökçebağ Göleti vardır (DSİ, 2016).

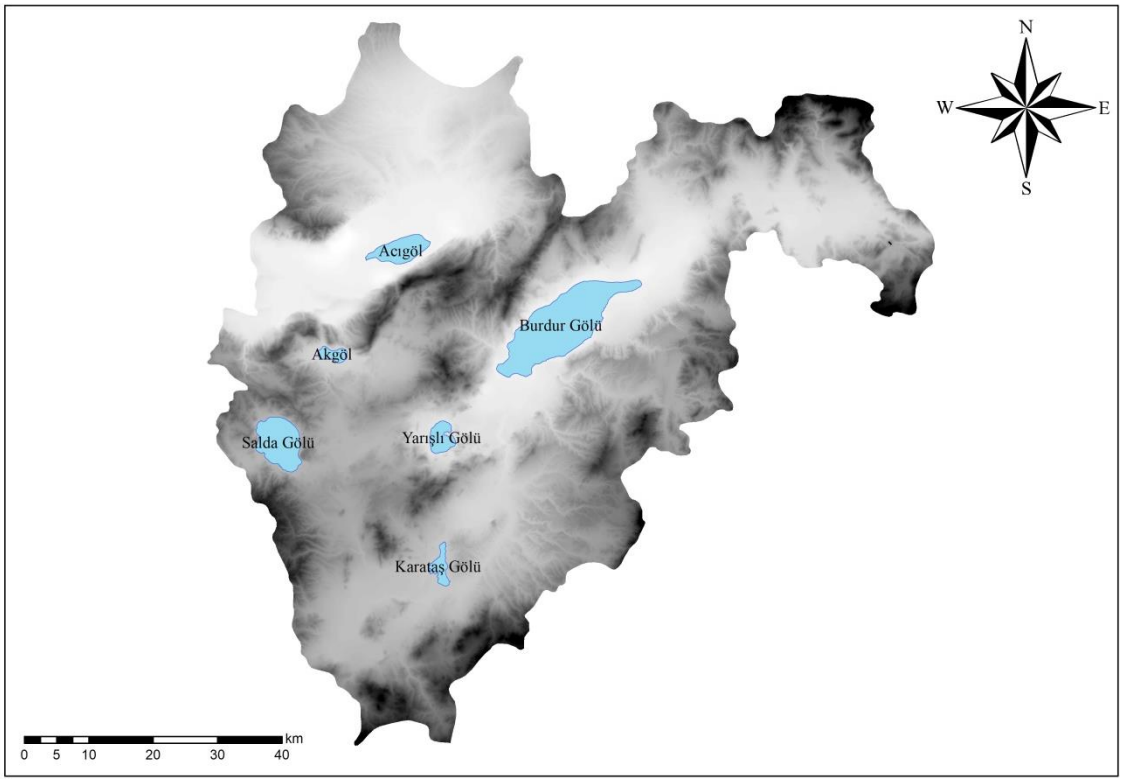
Burdur Havzası Master Plan Nihai Raporu kapsamında Burdur Havzası'nın mevcut su potansiyelinin bulunması amacıyla havza 6 alt havzaya ayrılmış, her bir alt havza için kayıplar doğal akımdan çıkarılmış, kazançlar eklenmiş ve her bir alt havza için elde edilen mevcut akımlardan faydalanılarak Çizelge 3.1'de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3.1. Burdur Havzası alt havzaları alanları ve mevcut akımları (DSİ, 2017)

Havza Adı	Alan (km^2)	Akım (hm^3)
Atabey Alt Havzası	643	20,88
Burdur Gölü Alt Havzası	3185	72,69
Salda Alt Havzası	214	32,3
Yarışlı Gölü Alt Havzası	322	3,81
Akgöl Alt Havzası	316	4,77
Acıgöl Alt Havzası	1614	52,73
TOPLAM	6294	187,2

3.6. Burdur Havzası Gölleri

Burdur Havzası'nın başlıca gölleri Burdur Gölü, Salda Gölü, Yarışlı Gölü, Karataş Gölü, Akgöl ve Acıgöl olup Harita 3.2'de gösterilmiştir. Bu göllerin yüzey alanları toplamı göllerdeki devamlı su kayıpları nedeniyle devamlı surette azalmaktadır (SYGM, 2018).



Harita 3.2. Burdur Havzası'nın başlıca gölleri

3.6.1. Burdur Gölü

Burdur Gölü, Söğüt Dağı ile Suludere - Yayladağ kütleleri arasında, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan oluk şeklindeki tektonik çöküntünün sularla dolması sonucu oluşan Burdur Gölü Türkiye'nin en derin göllerinden biridir. Burdur Gölü'nün suları gölden dışarı akış olmaması sebebiyle oldukça tuzludur. Burdur Gölü'nün %84'ü Burdur, %16'sı Isparta il sınırları içerisinde bir kapalı havzada yer almaktadır. Burdur Gölü güneybatıdan giriş yapan Bozçay ile birlikte birkaç küçük dereyle beslenmekte olup gölü besleyen derelerin önemli bir kısmı yaz aylarında kurumaktadır. Burdur Gölü 13.07.1994 tarihinde Ramsar Alanı ve 1998 yılında 1.derece doğal sit alanı ve 2008 yılında Ulusal Sulak Alan olarak ilan edilmiştir (DSİ, 2017; SYGM, 2021).

Kapalı bir havza olan Burdur Havzası'nın en düşük kotlarını kaplayan gölün beslenimi; yağış, yüzeysel akışlar ve yeraltı suyu içe akışı ile olmakta, boşalım ise sadece göl alanından buharlaşma yoluyla gerçekleşmektedir. Dışa akışı bulunmayan Burdur Gölü'nün suları tuzlu ($Na\text{-}SO_4\text{-}HCO_3$), acı ve sodalıdır. Hiç bir amaçla kullanıma uygun değildir.

Burdur Gölü'nde 1980'li yılların ikinci yarısından itibaren başlayan seviye düşümleri halen devam etmekte ve göl sürekli su kaybetmektedir (DSİ, 2016). Gölü besleyen dere ve çaylar üzerinde yapılan barajların ve son yıllarda bölgede yaşanan aşırı kuraklığın gölün su seviyesindeki düşüşlere neden olduğu düşünülmektedir. Göl üzerinde yapılan araştırmalar gölün besin maddeleri yönünden çok zengin olmadığını gösterse de gölün yüze yakın kuş türüne ve yaklaşık olarak 300 bine yakın su kuşuna ve özellikle Dünya'da nesli tükenmekte olan dikkuyruk ördeklerinin %70'ine ev sahipliği yaptığı bilinmektedir (Burdur İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2021).

SPD (2021)'nin yayınladığı raporda dereler üzerinde yapılan barajlar, tasarruf amacıyla göle yeterince su bırakılmaması, kontrolsüz yeraltı suyu kullanımı, sulu tarımın yapılması ve hayvancılıkta yersiz su kullanımı, sondajlar, atık suların göl sularına karışması ve kirlilik, maden ocakları ve yönetimsel eksiklikler Burdur Gölü'nde yaşanan sorunlar olarak gösterilmiştir. Ayrıca gölün sularının çekilmesiyle göl tabanında birikmiş olan toksik metaller, pestisit kalıntıları, mikroplastikler ve tuzlar ile ağırlıklı olarak silt ve kilden oluşan bu karışım tozunun havalandığı ve yakındaki yerleşim yerlerini tehdit ettiği, ekolojik ve ekonomik sıkıntılara ilave olarak sağlık sorunlarında da artışların olabileceği belirtilmiştir.

3.6.2. Salda Gölü

Salda Gölü, ormanla kaplı tepeler, kayalık araziler ve küçük alüvyal ovalarla çevrili hafif tuzlu tektonik bir göldür. Salda Gölü'ne 1989 yılında Doğal Sit Alanı statüsü verilmiştir. Suyunun temizliği ve turkuaz rengiyle rekreatif amaçlı kullanımına olanak sağlamaktadır. Havzada yer alan tarım alanların sulanmasında gölü besleyen derelerin suları kullanılmaktadır. Salda Gölü, 14.03.2019 tarih ve 824 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak tespit ve ilan edilmiş, 15.03.2019 tarih ve 30715 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanmıştır (DSİ, 2017, SYGM, 2021).

Etrafında az sayıda yerleşim yeri bulunan Salda Gölü'nün kıyıları yöredeki önemli turizm merkezlerinden biridir. Göl kıyısındaki artan yapılaşma, turistik tesisler ve turizm faaliyetleri bölge için tehdit oluşturmaktadır. Göl çevresindeki yerleşimlerin atık suları gölü besleyen derelere verilmekte ve gölde kirliliğe neden olmaktadır. Ayrıca gölü besleyen su kaynaklarından biri olan Değirmen Deresi üzerindeki Yeşilova Değimendere

Göleti ve Sulama Projesi'nin de gölün su seviyesini azalttığı düşünülmektedir. Salda Gölü, Dünya'da nesli tükenmekte olan dikkuyruk ördeklerinin önemli bir kışlama alanıdır. Türkiye'ye endemik 3 balık türü bu alanda yaşamaktadır. Nesli tükenmekte olan Aphanius anatoliae bu türlerden biridir (Eken ve diğerleri, 2006; SYGM, 2017).

3.6.3. Yarışlı Gölü

Burdur Gölü'nün güneybatısında yer alan, ondan küçük tepelerle ayrılan, sodyum fosfat, sodyum klorür ve sodyum sülfat konsantrasyonu yüksek sığ bir göldür. Gölün su seviyesi yıl boyunca büyük değişiklikler göstermektedir. Yaz aylarında büyük ölçüde kuruyan göl çevresinde geniş, tuzcul bataklıklar ve çamur düzlükleri bulunmaktadır. Göl, batı ve kuzeyinde tarım alanlarıyla çevrilidir. Bu alanlarda genellikle hububat ve afyon ekimi yapılmaktadır. DSİ Genel Müdürlüğü'nün Yarışlı Gölü'nü Burdur Gölü'ne boşaltmayı amaçlayan eski bir projesi, toprak kalitesinin düşüklüğü nedeniyle iptal edilmiştir. Göl çevresindeki doğal bitki örtüsü tarım alanlarına dönüştürülerek ortadan kaldırılmaktadır. Gölü besleyen tatlı su kaynakları zirai amaçlı sulamada kullanılmakta ve bu durum sulama mevsiminde göle tatlı su girişinin azalmasına ve gölün küçülmesine neden olmaktadır (DSİ, 2017). Yarışlı Gölü 2016 yılında Ulusal Öneme Sahip Sulak Alan olarak ilan edilmiştir. 2017 yılında gerçekleşen izleme çalışmaları kapsamında gölün 12 ay boyunca kuru olduğu tespit edilmiştir (SYGM, 2021).

Yarışlı Gölü Dünya'da nesli tükenmekte olan dikkuyruk ördeklerinin önemli bir kışlama alanıdır. Bu göl dikkuyrukların yanı sıra bölgede kışlayan angıt ve göç döneminde alanı kullanan flamingolar için de önemlidir (Eken ve diğerleri, 2006).

3.6.4. Akgöl

Akgöl (Çorak Gölü) Burdur ili Yeşilova ilçesi içerisindedir. Alanın kuzeyinde kalan dik yamaçlar dışında çevresi tarım alanları ile çevrili, küçük ve tektonik tuzlu su gölüdür. Başta Taşpınar, Balaban ve Çeşme çukuru dereleri olmak üzere birkaç küçük dere tarafından beslenen gölün, tatlı su girişlerinde küçük sazlıklar bulunmaktadır. Su seviyesi yüksek olduğunda göl suları kuzeydeki bir düden yoluyla boşalmaktadır. Son yıllarda yaşanan kuraklık Akgöl'de etkisini göstermiş ve kuru kalmasına neden olmuştur. Akgöl 2016 yılında Ulusal Öneme Sahip Sulak Alan olarak ilan edilmiştir. Alan aralarında

çamurcun, elmabaş patka, pas baş patka ve dik kuyruğun da bulunduğu çok sayıda su kuşuyla uluslararası öneme sahip sulak alan statüsü kazanmıştır. 1981'de DSİ, Dereköy'ün güneybatısında Çeşme çukuru Deresi üzerinde, bir baraj inşa etmiş ve 23 ha tarım arazisi sulanmaya başlanmıştır. Bu baraj son yıllarda gölde yaşanan kuraklık üzerinde önemli rol oynamıştır (DSİ, 2017, SYGM, 2021). Eken ve diğerlerinin, 2006 yılında yaptığı çalışmada düden genişletme çalışması nedeniyle gölün yeteri kadar su tutamadığını belirtmiştir.

Burdur Havzası'nda önemli sayıda göl kurutularak tarıma açılmıştır: Kurugöl, Gencali ve Eğneş gölleri tamamen kurutulmuştur. Akgöl ise tarım arazisi oluşturmak amacıyla kurutulmuş; ancak göl tabanının tarıma elverişli olmadığı anlaşılınca tekrar oluşturulmaya çalışılmıştır (SYGM, 2018).

Doğal Sit Alanı ve Tabiatı Koruma Alanı ilan edilen Akgöl Sulak Alanı kuruma tehdidi altındaki önemli sulak alanlardandır. Akgöl'ü tehdit eden nedenlerin başında gölü besleyen derelerin üzerine yapılmış olan Ayrancı Barajı, İvriz Barajı ve Gödet Barajı olduğu ifade edilmiştir. Göle gelen suların barajlar yoluyla engellenmesinin yanı sıra yapılan yanlış tarım uygulamaları, kurutma ve sulama projeleri, göl ve çevresindeki sazlık alanların kontrolsüz kesimi, meraların tarım alanına dönüştürülmesi, kanalizasyon atıkları ve tarımsal atıkların gölün %85'inin kurumasına neden olduğu düşünülmektedir (Yıldız Karakoç, 2017).

3.6.5. Acıgöl

Acıgöl (Çardak Gölü) Denizli ili Çardak İlçesi'nde yer alan sığ ve tektonik göldür. Acıgöl dağlardan gelen yüzeysel akımlarla, kaynak sularıyla (Gemiş ve Akpınar Kaynakları) ve doğudan Başmakçı tarafından gelen Koca Çay ile beslenmektedir. Acıgöl, Tuz Gölü'nden sonra Türkiye'nin ikinci en tuzlu gölüdür. Acıgöl 2015 yılında Ulusal Öneme Sahip Sulak Alan olarak ilan edilmiştir. Başmakçı tarafındaki ovada yoğun olarak tarım yapılmaktadır. Göl çevresindeki yerleşimlerin atık suları gölde kirliliğe neden olmaktadır. 1981'de Çaltı Gölü ve Acıgöl arasında bir tahliye kanalı inşa edilmiş, Değirmen Deresi üzerine küçük bir baraj yapılmıştır (DSİ, 2016; DSİ, 2017; SYGM, 2021).

Acıgöl Türkiye'nin tek, dünyanın ise ikinci en büyük temiz ve doğal sodyum potansiyeline sahip kapalı havzasıdır. Suyu sodalı olan gölde şirketler tarafından kurutma havuzları ile sodyum sülfat ve türevleri üretilmektedir. Gölün güney doğusunda bulunan Söğüt Dağının eteklerinden kaynayan sular, gölü besledikleri gibi yaşam ortamları oluşturmaktadır. Yaz-kış flamingo sürülerinin yaşayabildiği özel bölgelerden biridir. Bunun yanı sıra birçok kuş türü içim üreme, göç ve kış dönemleri için önemli bir sulak alandır. Dünya'da nesli tükenmekte ve Türkiye'de doğa korumanın sembollerinden bir haline gelmiş olan toy kuşları Acıgöl civarında üremekte ve kış aylarını bu alanda geçirmektedir. Acıgöl Yaban Hayatı Geliştirme Sahası koruma statüsündedir. Göl çevresindeki insan faaliyetlerinin başında tarım, hayvancılık ve sazcılık gelmektedir. Göl kıyısındaki büyük sazlar, yöre halkı tarafından dam yapımında kullanılmaktadır (Eken ve diğerleri, 2006; SPD, 2021).

Eken ve diğerlerinin 2006 yılında yaptığı çalışma ile SPD'nin 2021 yılında yayınladığı raporda Acıgöl'de yaşanan sorunlardan bahsedilmiştir. Acıgöl için en ciddi tehdit gölü besleyen yüzey akış sularının ve derelerin üzerinde yapılan barajlar ve göletler, pompalama faaliyetleri, tahliye kanalları, çok sayıda yasal ve yasal olmayan kuyu sondajları, tarım alanı kazanmak için göl kıyılarında yapılan drenajlarla oluşturulan kurutmalar gibi su rejimine yapılan müdahalelerdir. Bölgedeki tuz üretim tesislerinin göle su pompalamalarından kaynaklı sulak alanın seviyesi yapay olarak dalgalanmaktadır. 1970 yılından beri Acıgöl'den sodyum sülfat çıkarılması amacıyla oluşturulan kurutma havuzları alan için önemli tehdit unsurlarından biridir. Gölden daha büyük alanı kapsayan kurutma havuzlarında üretimler yazın buharlaştırma ve kışın kristalleştirme şeklinde gerçekleşmekte olup işlemin ölçülü bir şekilde yapılması gerekmektedir. Pancar, kavak ve mısır gibi çok su tüketen ürünlerde vahşi sulama sistemlerinin kullanılması, balık çiftlikleri, konut ve sanayi yapılaşması ve bunlardan kaynaklı atıklar, kıyı alanlarının dolgu ile yol yapılması, yağış ve buharlaşma arasında oluşan dengesizlik Acıgöl'ü tehdit eden diğer unsurlar olarak gösterilmiştir.

3.6.6. Karataş Gölü

Burdur ilinin Karamanlı ilçesi sınırlarında yer alan ve tatlı su gölü olan Karataş Gölü, Tefenni-Burdur karayolunun güney-doğusunda Karamanlı ilçe merkezine 12 km, Burdur'a ise yaklaşık 45 km mesafededir. Kuzey ve batı kısmında yoğun sazlıkların bulunduğu sulak alan ve güney kısmında yapılan seddelerle kısmen bir baraj gölüne

dönüştürülmüştür. Seddelerin güneyindeki kısım kurutularak tarım alanı haline getirilmiştir. Karataş Gölü'nü besleyen en önemli akarsu Hüyükköy içinden geçen su kanalları ile akan Sarıdere'dir. Alanın kuzeybatısını kuşatan dağlardan beslenen göl, suyunu Burdur Gölü'nü besleyen ana kaynaklardan biri olan Bozçay'a boşaltır. Karataş Gölü nesli tükenmekte olan dikkuyruk ördeği için önemli bir kışlama alanı olmasının yanı sıra flamingo, angıt ve mahmuzlu kızkuşu için de önemli bir alan olup 2006 yılında Yaban Hayatı Geliştirme Sahası olarak ilan edilmiştir (Eken ve diğerleri, 2006, Çetin, 2009; DSİ, 2017).

Karataş Gölü su alanı yağışların yoğun olduğu dönemlerde genişlese de yağışın olmadığı dönemlerde artan sıcaklıkların da etkisiyle kurumaya başlamaktadır. İklimsel değişiklikler nedeniyle mevsimsel kuraklığın yerini kalıcı kuraklığa bırakacağı ve ekosistemin hizmetlerini kaybedeceği düşünülmektedir (SPD, 2021).

Eken ve diğerlerinin 2006 yılında, Çetin'in 2009 yılında yaptığı çalışmalarda ve SPD'nin 2021 yılında yayınladığı raporda Karataş Gölü'nde yaşanan sorunlardan bahsedilmiştir. Karataş Gölü'nü tehdit eden en önemli unsur gölün baraj gölüne dönüştürülmesi, gölün kuzeyine inşa edilen Bademli Barajı, Bozçay'ın sularının Karamanlı Barajı'nda tutulması, Karataş sulamasının artması gibi su rejimine yapılan müdahaleler olarak belirtilmiştir. Bir diğer tehdit unsuru ise azalan yağışlar ve iklim değişikliğinin yanı sıra ekonominin tarım ve hayvancılık temelli olması nedeniyle su kullanımının artmış olmasıdır. Tahıllar, yem bitkileri, şeker pancarı, mısır, kavak yetiştiriciliği, meyve, sebze, anason ve nohut başlıca tarım ürünleri olup vahşi sulama sistemleri kullanılmakta ve tarımsal kullanım için çok sayıda sondaj kuyusu bulunmaktadır. Sondaj kuyularının yoğunluğu direkt göle etki etmese de gölün beslenmesinde yer alan yeraltı suları için önem teşkil etmektedir. Tarımdan dönen suların neden olduğu kirlilik de ayrı bir tehdit edici unsurdur.

3.7. Burdur Havzası Arazi Kullanımı, Şehirleşme ve Nüfus Özellikleri

Burdur Havzası sınırları içerisinde 2020 yılında toplam 218.374 kişi bulunmaktadır. Havza içinde kaldığı tespit edilen tüm yerleşim yerleri için 2020 yılı il bazlı nüfus verileri ve nüfusun dağılımı Çizelge 3.2'de verilmiştir (SYGM, 2020).

Burdur Havzası NHYP çalışması kapsamında CORINE 2018 1. düzey arazi kullanımı değerlerine göre incelenmiş olup havzanın %48'inin orman ve yarı doğal alanlardan, %44,2'sinin tarımsal alanlardan, %3,9'unun su kütlelerinden, %2,2'nin sulak alanlardan ve 1,8'inin yapay alanlardan oluştuğu görülmektedir (SYGM, 2021).

Çizelge 3.2. Burdur Havzası içerisinde kalan 2020 yılı il nüfusları (SYGM, 2020)

İl	Tüm İl Nüfusu	Havza Sınırları İçinde Kalan Nüfus	İl Nüfusunun Havzaya Giren Kısmı (%)	Havzanın İllere Göre Nüfus Dağılım (%)
Afyonkarahisar	736.912	30.357	4,12	13,90
Burdur	267.092	143.334	53,66	65,64
Denizli	1040.91	12.296	1,18	5,63
Isparta	440.304	32.387	7,36	14,83
Toplam	2.485.22	218.374	-	100

3.8. Burdur Havzası Yeraltı Suyu Potansiyeli (Mevcut Durum) ve Yapılan Çalışmalar

SYGM tarafından yürütülen "Burdur ve Batı Akdeniz Havzalarında Yeraltı Sularının Miktar ve Kalite Özelliklerinin Ortaya Konması ve Değerlendirilmesi Projesi" kapsamında, Burdur Havzası'nda 27 adet yeraltı suyu kütlesi belirlenmiş ve yeraltı suyu üzerindeki baskılar değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda yeraltı suyu kütlesindeki toplam çekim miktarı ile kütlenin toplam beslenim miktarı karşılaştırılmış ve emniyetli verim değeri %80 olarak alınmıştır. Bu değerin %80'den fazla olduğu kütleler miktar bakımından "zayıf durumda" olarak tanımlanırken; bu oranın %80 ve daha az olduğu kütleler ise miktar bakımından "iyi durumda" olarak tanımlanmıştır. Sonuç olarak, havzada toplam yeraltı suyu çekim değeri 422,75 hm^3/yıl; toplam beslenim değeri ise 46,14 hm^3/yıl olarak tespit edilmiştir. Yeraltı suyu kütlesindeki çekim ve beslenim miktarlarının oranı karşılaştırıldığında 5 kütle "miktar bakımından iyi durumda" iken, 22 kütle ise "miktar bakımından zayıf durumda" olarak Çizelge 3.3'teki gibi tanımlanmıştır. (SYGM, 2020)

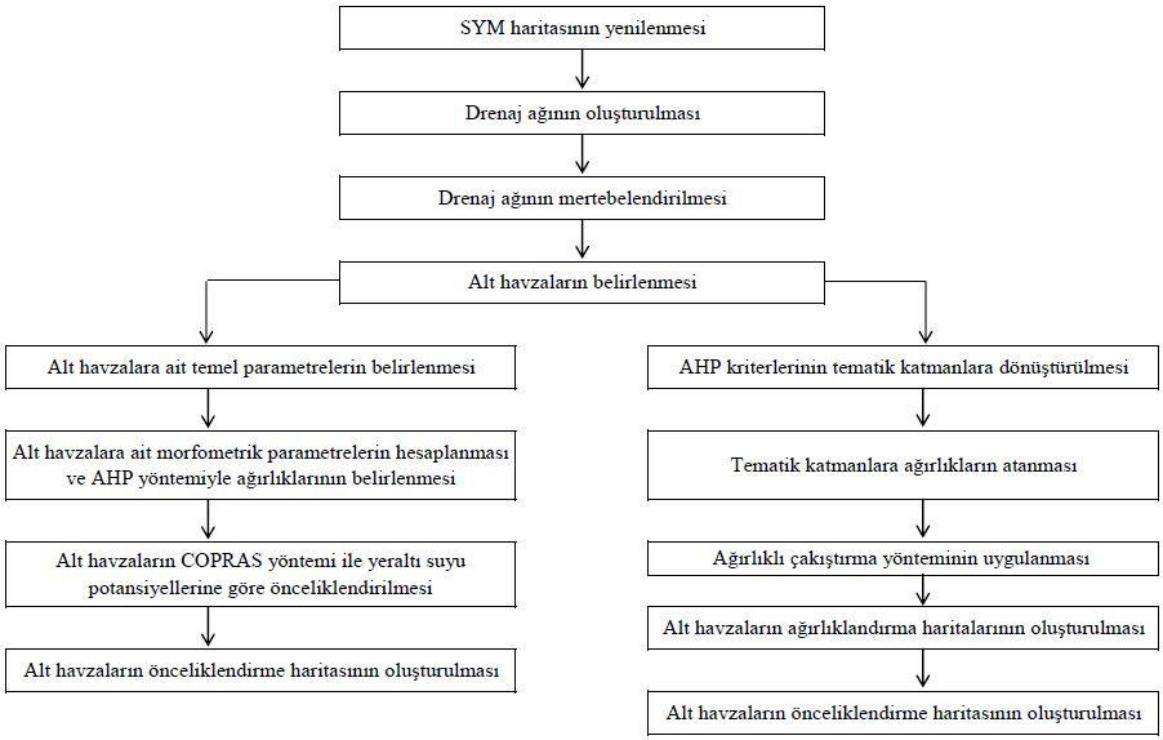
Çizelge 3.3. Burdur Havzası yeraltı suyu kütleleri miktarı (SYGM, 2020)

Kütle Adı	Toplam Çekim	Beslenim	Çekim-Beslenim	Miktar Durumu
	(hm^3/yıl)	(hm^3/yıl)	(%)	
Kapıcak Yeraltı Suyu Kütlesi	0,095	2,411	3,94	İyi Durumda
Çobanisa Yeraltı Suyu Kütlesi	0,623	2,542	24,51	İyi Durumda
Atabey Yeraltı Suyu Kütlesi	15,826	4,134	382,83	Zayıf Durumda
Burdur Yeraltı Suyu Kütlesi	58,051	3,882	1495,39	Zayıf Durumda
Gelincik Yeraltı Suyu Kütlesi	1,07	0,11	1000,00	Zayıf Durumda
Güneyyayla Yeraltı Suyu Kütlesi	4,354	0,57	763,86	Zayıf Durumda
Yeşildağ Yeraltı Suyu Kütlesi	0,197	0,3	65,89	İyi Durumda
Yakaköy Yeraltı Suyu Kütlesi	30,17	3,7	816,29	Zayıf Durumda
Pınarbaşı Yeraltı Suyu Kütlesi	12,283	2,79	441,04	Zayıf Durumda
Tefenni Yeraltı Suyu Kütlesi	35,43	5,8	611,28	Zayıf Durumda
Kemer Yeraltı Suyu Kütlesi	12,93	3,88	333,16	Zayıf Durumda
Yaylaköy Yeraltı Suyu Kütlesi	0	2,83	0,00	İyi Durumda
Karamanlı Yeraltı Suyu Kütlesi	11,994	1,55	771,81	Zayıf Durumda
Dereköy Yeraltı Suyu Kütlesi	4,621	0,32	1448,59	Zayıf Durumda
Yaylabeli Yeraltı Suyu Kütlesi	10,65	1,08	987,94	Zayıf Durumda
Yukarıbeltarla Yeraltı Suyu Kütlesi	6,96	1,7	410,14	Zayıf Durumda
Kocapınar Yeraltı Suyu Kütlesi	3,137	0,54	584,17	Zayıf Durumda
Yarışlı Yeraltı Suyu Kütlesi	4,138	0,21	1970,48	Zayıf Durumda
Başkuyu Yeraltı Suyu Kütlesi	3,616	0,13	2803,10	Zayıf Durumda
Gencali Yeraltı Suyu Kütlesi	16,107	0,47	3412,50	Zayıf Durumda
Kavak Yeraltı Suyu Kütlesi	5,828	0,25	2340,56	Zayıf Durumda
Yeşilova Yeraltı Suyu Kütlesi	2,64	0,24	1090,91	Zayıf Durumda
Akçaköy Yeraltı Suyu Kütlesi	14,271	0,31	4588,75	Zayıf Durumda
Bayındır Yeraltı Suyu Kütlesi	4,064	0,11	3870,48	Zayıf Durumda
Akpınar Yeraltı Suyu Kütlesi	0	0,78	0,00	İyi Durumda
Başmakçı Yeraltı Suyu Kütlesi	69,743	2,19	3187,52	Zayıf Durumda
Evciler Yeraltı Suyu Kütlesi	93,949	3,34	2812,00	Zayıf Durumda
TOPLAM	422,75	46,14		

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Burdur Havzası'na ait ED 1950 UTM Zone 36N koordinat sistemindeki 25x25m çözünürlüklü sayısal yükseklik haritalarından elde edilmiş olan SYM haritası CBS programı olan ArcGIS 10.1 ve ArcHydro kullanılarak drenaj ağı ile uyumlu olması amacıyla boşluk hataları giderilerek yenilenmiştir. Havzanın drenaj ağı, alt havza sınırları belirlenmiş ve alt havzalara ait alan, çevre, eğim gibi özellikler, temel ve morfometrik parametreler hesaplanmış, AHP yönteminde kullanılacak tematik haritalar oluşturulmuştur. Çalışmada izlenen metodoloji Şekil 4.1'de verilmiştir.



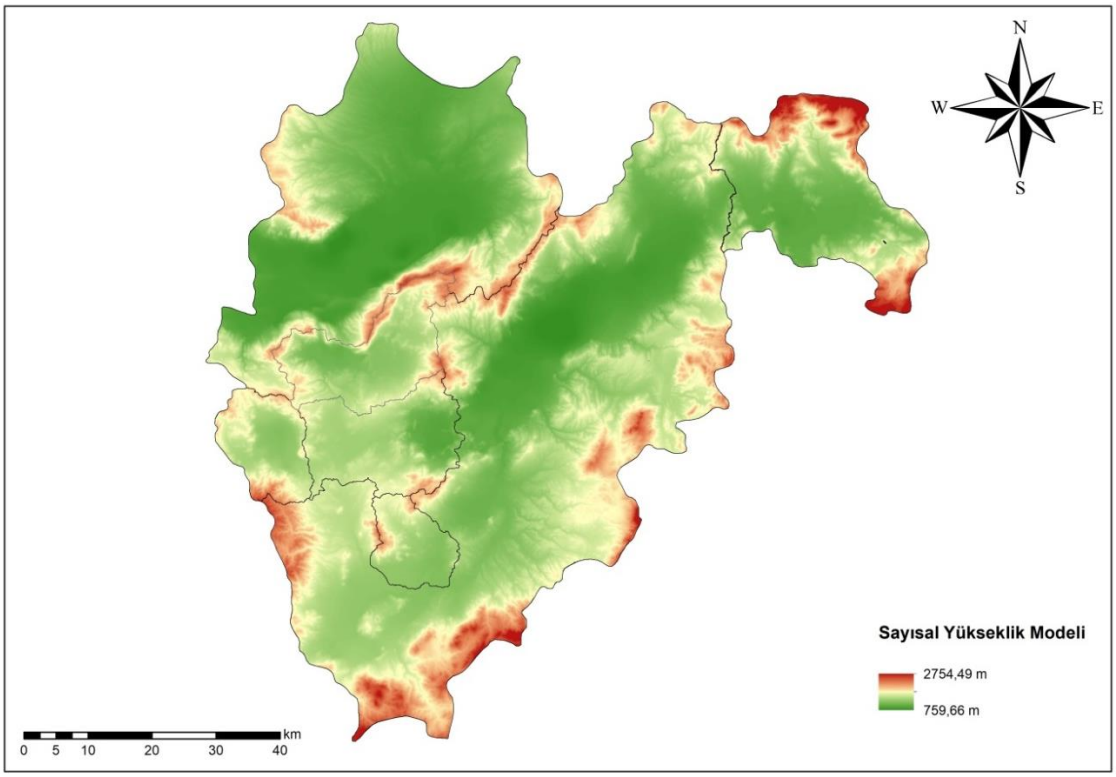
Şekil 4.1. Çalışmada izlenen metodoloji

İlk olarak mevcut SYM verileri üzerinde yüzey yenileme (reconditioning) işlemi yapılmış, daha güvenilir ve tutarlı bir SYM oluşturulması amaçlanmıştır. SYM'deki boşluk hataları yüzey akışında kesintiye dolayısıyla hücrelerde yüzey akışının oluşturulamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle boşlukları doldurma (fill sinks) işlemi yapılarak yüksek değerdeki hücrelerden düşük değerdeki hücrelere akışın kesintisiz olarak sağlanması amacıyla yükseklik değerleri düzenlenmiştir. Yapılan düzeltme işlemlerinin ardından SYM verileri

drenaj ağının oluşturulması ve akarsu alt havzalarının belirlenmesi için uygun hale gelmiştir. Yapılan yenileme ve doldurma işlemlerinin ardından oluşturulmuş Burdur Havzası SYM haritası Harita 4.1'de gösterilmiştir. Burdur Havzasının maksimum yüksekliği 2754,49 m, minimum yüksekliği ise 759,66 m'dir.

Drenaj ağının oluşturulması için öncelikle akım yönünün belirlenmesi gerekmektedir. Drenaj ağının SYM verilerinden üretilebilmesi esnasında 8 yönlü akış algoritması (D8) kullanılmıştır. D8 modelinde akış, bir hücrenin komşusu olan 8 hücreden hangisine doğru akacağının belirlenmesiyle oluşturulmaktadır.

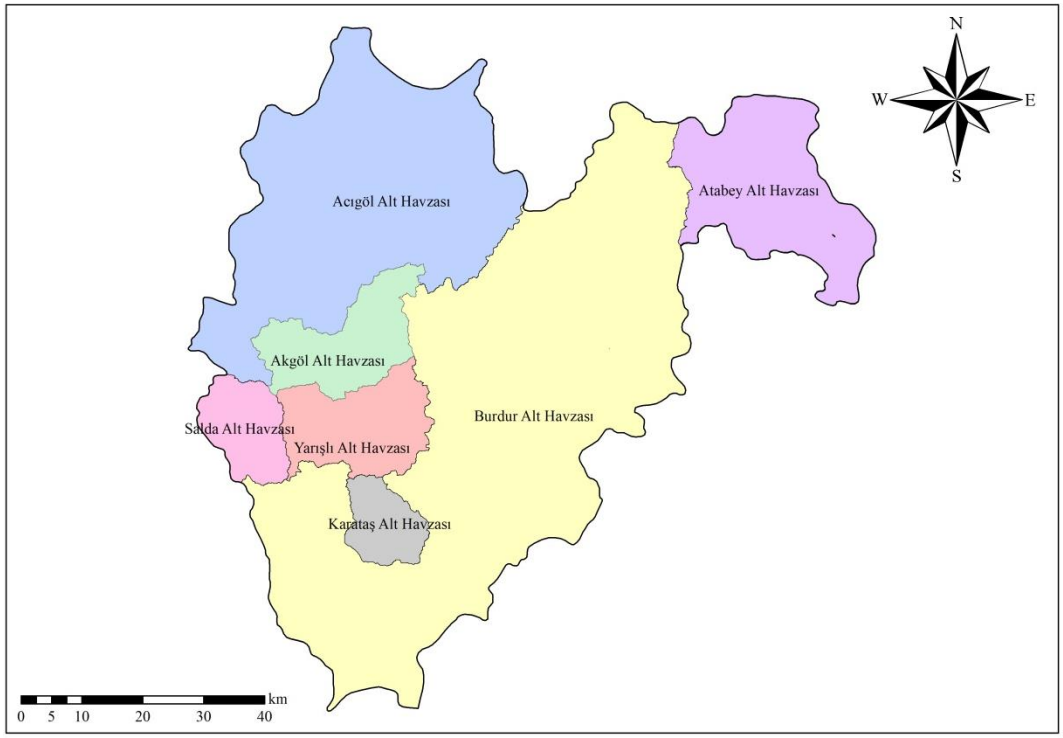
Akım yönünün belirlenmesinin ardından kümülatif akım hesaplama (flow accumulation) işlemi ile su toplama alanında yer alan hücre sayısı hesaplanmakta ve su toplama alanı ile nehir kolları elde edilmektedir. Birbirini takip eden nehir tanımlama (stream definition), nehir bölümleme (stream segmentation), su toplama alanı oluşturma (catchment grid delineation) işlemlerinin ardından havzadaki su toplama alanları yani çalışılacak alt havzalar belirlenmiş olmaktadır.



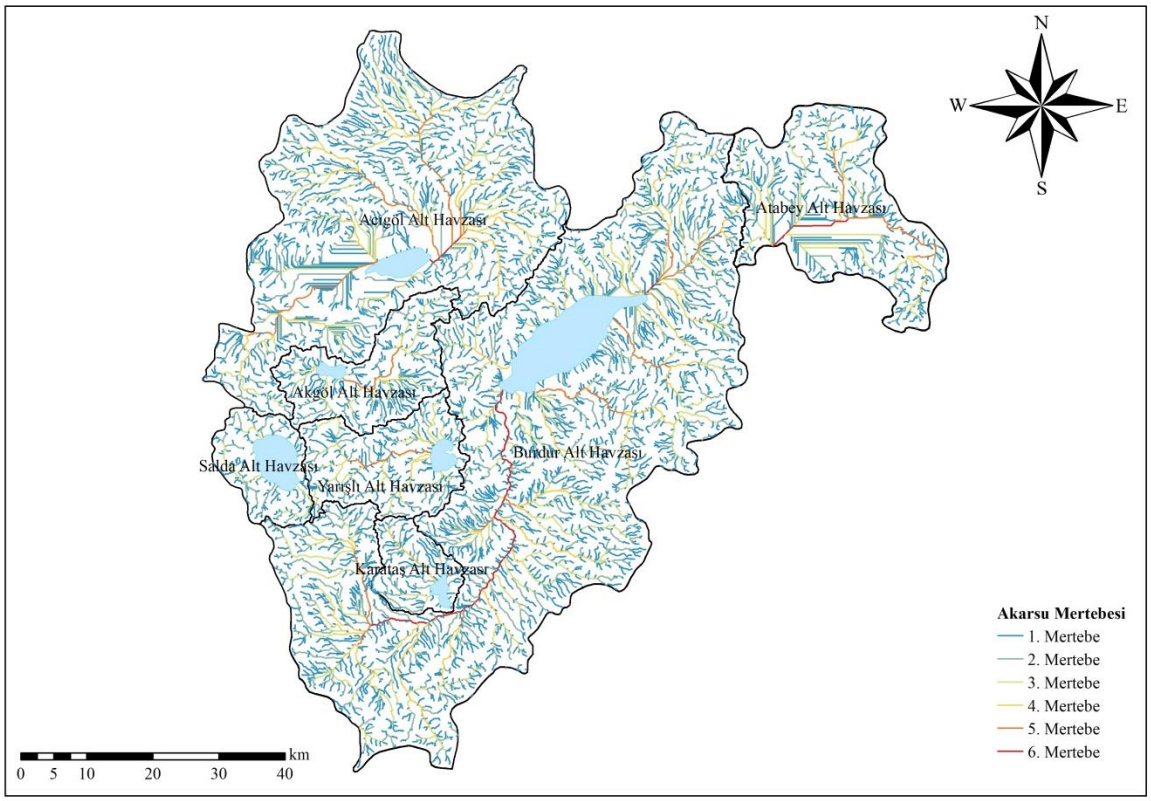
Harita 4.1. Burdur Havzası sayısal yükseklik modeli

Su toplama alanının oluşturulmasının ardından su toplama alanını poligonlama (catchment polygon processing), drenaj çizgilerini belirleme (drainage line processing) ve bitişik su toplama alanı belirleme (adjoint catchment processing) komutlarıyla raster veriler vektör veri formatına dönüştürülmektedir. Bu sayede havzaların çevreleri ve alanları gibi verileri nitelik tablosunda hesaplanabilmektedir. Drenaj noktası belirleme (drainage point processing) ve su toplama alanı işlemlerinin (watershed processing) de takip edilmesiyle havzanın drenaj ağının çıkarılması ve alt havzalara ayrılması işlemleri tamamlanmaktadır.

Burdur Havzası'nın havza sınırı kurumlardan temin edilen ve AHP yönteminde kullanılacak jeomorfoloji, fay yoğunluğu, akifer durumu, arazi kullanımı, eğim, toprak derinliği, drenaj yoğunluğu ve yağış gibi verilerin de kullanılacak olması nedeniyle DSİ'nin belirlediği havza sınırlarıyla aynı olacak şekilde düzenlenmiştir. Burdur Havzası göllerin yoğun olarak bulunduğu bir havza olması nedeniyle akışlar göl alanına doğru yönlendirilmiş olup altısı göl havzası bir tanesi de kapalı havza olmak üzere Harita 4.2'deki sınırlar içinde toplamda yedi adet alt havzaya ayrılmıştır. Alt havzaların drenaj ağı incelendiğinde Harita 4.3'te gösterildiği gibi 6. mertebede akarsuların mevcut olduğu görülmektedir.



Harita 4.2. Burdur Havzası alt havzaları



Harita 4.3. Burdur Havzası alt havzalarının akarsularının mertebelendirilmesi

4.2. Morfometrik Parametreler ve Yeraltı Suyu Potansiyeli İlişkisi

Morfometrik parametreler havzanın çizgisel, alansal ve rölyef özelliklerini kullanarak, litolojisi, hidrolojik yapısı, drenaj özellikleri ile iç ve dış kaynaklı süreçleri hakkında bilgi vermekte, drenaj ağının analiz edilmesini sağlamaktadır. Havzaların çizgisel morfometrik özellikleri, havzalar üzerinde çizgilerden oluşan şekillerin değerlendirilmesiyle ortaya çıkan özelliklerdir. Bunlar arasında ana akarsu uzunluğu, maksimum havza genişliği, havza uzunluğu, çatallanma oranı, akarsu uzunluk oranı, yüzeysel akış uzunluğu sayılabilir. Rölyef (R) ise herhangi bir havzada mevcut maksimum ve minimum yükseklik arasındaki farkı ifade eder (Özdemir, 2011; Karataş, 2017). Morfometrik parametrelerin analizi, arazi etütlerine başlamadan önce alanın hidrolojik, topoğrafik ve jeolojik durumu hakkında bilgi edinilmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Görür ve Karadeniz, 2018).

Tez çalışması kapsamında yeraltı suyu potansiyelini ifade edebilmek için seçilmiş olan morfometrik parametreler Çizelge 4.1'de verilmiştir. İyi geçirgenliğe, iyi sızmaya, kaba tekstüre, düşük yüzey akışına, yumuşak eğime, orta ile alçak rölyefe, dairesel havza

şekline ve iyi bitki örtüsüne sahip olan havzalar iyi yeraltı suyu potansiyeline işaret etmektedir.

Çizelge 4.1. Morfometrik parametrelerin sembolleri ve formülleri

Morfometrik Parametreler	Sembol	Formül	Referans
Akarsu mertebesi	U	Hiyerarşik Sıralama	Strahler (1964)
Akarsu sayısı	N_u	u' mertebesindeki toplam akış segmenti sayısı	Strahler (1964)
Akarsu uzunluğu	L_u	Belirli bir mertebedeki akış segmentlerinin toplam uzunluğu	Horton (1945)
Havza uzunluğu	L_b	Havzaya ait maksimum uzunluk	Horton (1932)
Form faktörü	R_f	$R_f=A/L_b^2$	Horton (1932)
Uzunluk oranı	R_e	$R_e=1,128*(A)^{0,5}/L_b$	Schumm (1956)
Dairesellik oranı	R_c	$R_c=4\Pi*A/P^2$	Strahler (1964)
Çatallanma oranı	R_b	$R_b=N_u/N_{u+1}$	Schumm (1956)
Drenaj yoğunluğu	D_d	$D_d=\sum L_u/A$	Horton (1945)
İnfiltrasyon sayısı	I_f	$I_f= D_d*F_s$	Zavoinance (1985)
Akarsu sıklığı	F_s	$F_s=\sum N_u/A$	Horton (1932)
Kanal bakım katsayısı	C	$C=1/D_d$	Schumm (1956)
Yüzeysel akış uzunluğu	L_o	$L_o=1/2D_d$	Schumm (1956)
Rölyef oranı	R_r	$R_h=R/L_b$	Schumm (1956)
Engebelilik değeri	R_n	$R_n=R*D_d$	Schumm (1956)

Havzanın morfometrik parametrelerini hesaplamaya başlamadan önce havza alanı (A), uzunluğu (L_b) ve çevresi (P) gibi temel parametrelerin hesaplanması gerekmektedir. Havzanın büyüklüğünü ifade eden bir parametre olan havza alanı (A) yağıştan kaynaklanabilecek su miktarını belirlediği için önemli bir hidrolojik özelliktir. Havza alanının büyüyüp küçülmesi, havzadaki akış ve erozyonal faaliyetler üzerinde doğrudan belirleyici rol oynamaktadır (Karataş, 2017). Form faktörü, uzunluk oranı, dairesellik oranı, drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı gibi parametreler hesaplanırken havza alanı kullanılmaktadır.

Havzanın sınır çizgisinden hesaplanan havza çevresi (P), havzanın büyüklüğü ve şekli hakkında bilgi vermektedir. Drenaj havzalarında çevre uzunluğu, havzanın kapladığı alan ile birlikte su bölümü çizgisinin geçtiği güzergâhın girinti-çıkıntı miktarı, dolayısıyla da havzanın su bölümü hattındaki engebe durumu hakkında fikir edinilmesine yardımcı olan

bir parametredir (Karataş, 2017). Dairesellik oranı hesaplanırken havzanın çevresinden yararlanılmaktadır.

Havza uzunluğu (L_b) için çeşitli tanımlar mevcuttur ancak çalışma alanındaki havzalar kapalı havza olduğu ve akarsular sularını göle akıttığı için havza uzunluğu olarak alt havzaların maksimum uzunlukları kullanılmıştır. Form faktörü ve uzunluk oranı gibi parametreler hesaplanırken havza uzunluğu kullanılmaktadır.

Akarsuların mertebelendirilmesi çalışmaları ilk olarak Horton (1932, 1945) tarafından yapılmış olup daha sonra Strahler (1952) tarafından geliştirilmiştir. Tez çalışmasında bir havzadaki akarsuların hiyerarşik sıralamasını ifade eden "Strahler Dizini" kullanılmıştır. Akarsu mertebelendirilmesi işlemine CBS yardımıyla havzadaki tüm drenaj ağlarının elde edilmesiyle başlanmaktadır. "Strahler Dizini"ne göre aynı mertebeye sahip akarsu kollarının birleşmesiyle mertebe bir değer arttırılarak yeni mertebe elde edilmekte ve bu işlem birbirini takip ederek havza çıkışına kadar devam etmektedir. Aynı numaraya sahip akarsu kolları ise aynı akarsu mertebesi içinde düşünülmektedir.

Çizgisel parametrelerin hesaplanmasının ilk adımı olan akarsuların mertebelendirilmesi (U) işlemi sayesinde ilerleyen aşamalarda farklı mertebelerdeki akarsu kol sayıları, akarsu kollarının toplam uzunlukları, yüzeysel akış uzunluğu, drenaj yoğunluğu ve çatallanma oranı gibi morfometrik parametreler elde edilmektedir.

Akarsuların dentritik yapısı yeraltı yüzeyinin homojen yapısını göstermektedir. Dentritik drenaj yapısı ağaç gövdesi ve dallarına benzeyen bir drenaj ağı türüdür. Düşük eğim, düşük akış ve havzada sızma için yeterli alana izin vermektedir. Havzada azalan akarsu mertebesi ile akarsu sayısı ve uzunluğu artmaktadır. Çok sayıda birinci ve ikinci mertebeden akarsuların varlığı bölgede iyi bir yüzeysel drenaj olduğunu göstermektedir (Mundetia ve diğerleri, 2018).

Yapılan morfometrik analiz çalışmaları incelendiğinde, akarsuların mertebe sayısı arttıkça akarsu sayısının ve akarsu kollarının toplam uzunluğunun azaldığı ve şeklinin dairesele yaklaştığı gözlemlenmiştir (Avinash ve diğerleri, 2011; Avinash ve diğerleri, 2014; Deepika ve diğerleri, 2013).

Akarsu sayısı (N_u) bir drenaj havzasının farklı mertebelerindeki akarsularının sayısıdır. Alt havzalarda akarsu sayısının daha az olması olgun topoğrafyanın oluşumunu gösterirken, akarsu sayısının artması (birinci ve ikinci mertebe) bölgenin erozyona eğilimli olduğunu göstermektedir (Avinash ve diğerleri, 2011). Düşük akarsu sayısına sahip havzalar yüksek akarsu sayısına sahip havzalarla kıyaslandığında daha düşük akışa ve daha yavaş pik akışa sahip olmaktadır. Bu sayede yüzey sularının yeraltı sularına sızma ihtimali de artmaktadır. Çatallanma oranı ve akarsu sıklığı gibi morfometrik parametrelerin hesaplanmasında akarsu sayısından yararlanılmaktadır.

Akarsu uzunluğu (L_u) alt havzalardaki her bir mertebe için akarsu uzunluklarının hesaplanmasıyla bulunur. Akarsu uzunluğu, alttaki kaya oluşumlarının hidrolojik yapısının ve drenaj derecesinin bir ölçüsüdür. Kaya oluşumları geçirgen ise, az sayıda nispeten uzun akarsu oluşurken kaya oluşumları daha az geçirgen ise çok sayıda küçük akarsu oluşmaktadır. Nispeten daha küçük uzunluktaki akarsular, daha büyük eğimleri ve daha ince dokuları olan alanların özellikleri olup daha büyük akarsu uzunlukları genellikle daha düz eğimlerin göstergesidir (Deepika ve diğerleri, 2013). Akarsuyun uzun olması havzada daha az sızma olduğunu ve daha yüksek akış üretme kapasitesine yani daha yüksek taşkın potansiyeline ve daha düşük yeraltı suyu potansiyeline işaret etmektedir.

Form faktörü (R_f) havza alanının havza uzunluğunun karesine bölünerek elde edilmektedir. Form faktörünün düşük değerler (0'a yaklaşan) aldığı havzalar, dar ve uzun havzalar olarak nitelendirilmektedir. Bu tip havzalarda suyun toplanma süresi daha uzun olacağı için daha küçük akımlar oluşmaktadır (Horton, 1932). Yüksek R_f değerine (1'e yaklaşan) sahip havzalar ise daha kısa veya orta uzunlukta, yani daireselliğe yaklaşan havzalar olarak nitelendirilmektedir (Horton, 1932; Kütükçü ve diğerleri, 2015). Daireselliğe yaklaşan havzalar yüksek yeraltı suyu potansiyeline işaret etmektedir.

Uzunluk oranı (R_e) havzayla aynı drenaj alanına sahip bir dairenin çapının havzanın maksimum uzunluğuna oranlanmasıyla elde edilmektedir. Havza şeklinin dairesel, oval veya uzunlamasına olduğu hakkında bilgi vermektedir. 0,9'dan büyük R_e değeri dairesel, 0,9 ile 0,8 arasındaki R_e değeri oval, 0,7'den küçük R_e değeri uzunlamasına havza şeklinde gruplandırılabilir (Aladejana ve Fagbohun, 2019).

Dairesellik oranı (R_c) havza alanının 4π ile çarpılarak havzanın çevresiyle aynı çevreye sahip dairenin çevresinin karesine bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Dairesellik oranı değerleri, akarsuların uzunluğu ve sıklığı, jeolojik birimler, arazi kullanımı/arazi örtüsü, iklim, topoğrafya ve havzanın eğimi gibi birçok faktöre bağlıdır. Aynı zamanda, havzanın genç ve olgun aşamasını gösteren düşük ve yüksek değerlerle bir havzanın evrim durumunun bir yansımasıdır (Aladejana ve Fagbohun, 2019). R_c'nin düşük, orta ve yüksek değerleri, havzalardaki kolların sırasıyla genç, olgun ve yaşlı evrelerinin bir göstergesidir. R_c değeri 1,0 ise, havza tam bir daire şeklinde olmakta ve deşarj miktarı yüksek olmaktadır (Miller, 1953).

Belirli bir mertebedeki toplam akarsu sayısının, bir sonraki mertebedeki toplam akarsu sayısına bölünmesiyle çatallanma oranı (R_b) hesaplanmaktadır. Bir havzanın çatallanma oranı değeri o havzanın karmaşıklığı ve parçalanma derecesini yansıtırken jeolojik yapılardan etkilenip etkilenmediği, yapısal kontrolün drenaj ağının gelişimi üzerine etki edip etmediği hakkında fikir vermektedir (Horton, 1945; Strahler, 1964). Havzadaki her bir alt havza için çatallanma oranı bulunması ve bulunan değerlerin de ortalamalarının alınmasıyla havzaya ait çatallanma oranı değeri hesaplanmaktadır.

Teorik olarak R_b değeri 2,0 iken jeolojik yapıların drenaj modelini bozmadığı kabul edilirken doğal drenaj sistemlerinde bu değer 3,0–5,0 arasında değişmektedir (Strahler, 1964). Düşük R_b değerleri aynı zamanda alt havzalarda çok sayıda birinci, ikinci ve üçüncü mertebeden akarsuların varlığından kaynaklanmaktadır (Manu ve Anirudhan, 2008). Ayrıca drenaj havzasının tek tip malzemeden oluştuğunu ve akarsuların genellikle sistematik olarak dallandığını göstermektedir (Pakhmode, Kulkarni ve Deolankar, 2003).

Çatallanma oranı ortalaması, $R_b<3,0$ ise drenaj havzasında üniform malzeme mevcut olup havzanın sistematik dallanmaya sahip olduğunu gösterir. R_b değeri 3,0 ile 5,0 arasında bir değere sahipken alt havzaların jeolojik yapılardan etkilenmediği düşünülmekte ve genellikle havza jeolojisinin daha homojen bir yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir. $R_b\geq5,0$ ise drenaj ağının geliştirilmesi üzerine yapısal kontrolün, $R_b<5,0$ ise jeomorfolojinin etkili olduğu düşünülmektedir (Avinash ve diğerleri, 2011). Çatallanma oranının düşük değeri, düz arazi ve ovayı, yüksek geçirgenliği, yüksek sızma kapasitesini ve yüksek yeraltı suyu potansiyelini göstermektedir (Mundetia ve diğerleri, 2018).

Vadi yoğunluğu olarak da bilinen drenaj yoğunluğu (D_d) birim drenaj alanındaki toplam akarsu uzunluğu olarak ifade edilir. Havzadaki drenaj gelişimini (iyi drene olmuş veya kötü drene olmuş gibi) ifade etmeye yardımcı olacak bir parametredir. Havzanın fizyografik özelliklerini, kaya türünü, akış potansiyelini, havza şeklini, arazi örtüsünü ve iklimini tanımlar. Horton (1945), akarsuları temsil eden mavi çizgiler hesaplanırken sadece daimi akarsuların değil, dönemlik akarsuların da dikkate alınmasının daha doğru olacağını belirtmiştir. Horton'un bu önerisi daimi akışı bulunmayan veya tamamen kurumuş vadilerin de drenaj yoğunluğuna etkisi olduğunu ifade etmektedir. Günümüzde CBS yöntemlerinin geliştirilmesiyle üretilen SYM'lerden akarsu havzaları ve yüzeysel akışlar üretilebilmektedir (Özdemir, 2011). Bu nedenle topoğrafik haritalarda mavi çizgi bulunmayan kurumuş vadiler de yağışlı dönemlerde su taşıdığı için hesaplamalara dahil edilmelidir.

Havzanın D_d değeri akarsuların aralıklarının yakınlığını ve drenaj havzasının dokusunu gösterir. Yüksek D_d değerine sahip havzalarda yüzeysel akışlarla aşındırma ve parçalanma hakim olup yüksek yüzey akışı nedeniyle de yeraltı suyu gelişimi için uygun değildir. Ancak, D_d değeri ne kadar düşükse, yüzeysel suların yeraltına sızması, yeraltı sularının yeniden şarj olma olasılığı ve yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin oluşma ihtimali de o kadar yüksektir (Srinivasa, Govindaiah, Honne Gowda, 2008; Mohanty ve Behera, 2010; Patton ve Baker, 1976).

Aşındırmanın ve parçalanmanın daha az olduğu, düşük D_d değerine sahip havzalarda, genellikle yüksek sızma kapasitesi ve düşük eğimin, dayanıklı kayaçların, geçirgen malzemelerin ve iyi bitki örtüsünün bulunduğu ve nispeten daha kaba tekstür yapısının olduğu bilinmektedir. Buna karşılık akarsu aralıklarının azaldığı, yüksek D_d değerinin bulunduğu havzalarda düşük sızma kapasitesi ve yüksek eğim, geçirimsiz malzemeler ve az bitki örtüsünün bulunduğu ve nispeten daha ince tekstür yapısının olduğu bilinmektedir (Patton ve Baker, 1976; Özdemir, 2011; Choudhari ve diğerleri, 2018).

Eğim ve nispeten yükseklik, drenaj yoğunluğunda belirleyici rol oynamaktadır. Havzanın daha az engebeli olduğu yerlerde D_d değerinin düşük, daha engebeli olduğu yerlerde D_d değerinin yüksek olması beklenmektedir (Strahler, 1964).

Genel bir kural olarak, jeoloji ve eğim değerlerinin aynı olduğu alanlarda, nemli bölgelerde yoğun bitki örtüsüne bağlı olarak infiltirasyonla su kaybı fazla olmakta, D_d değeri azalmaktadır. Daha kurak bölgelerde ise bu durumun tam tersi meydana gelmekte ve D_d değeri artış göstermektedir. Bu da drenaj yoğunluğunun sadece jeolojiyi değil aynı zamanda klimatik jeomorfolojiyi de yansıttığını göstermektedir (Elbaşı ve Özdemir, 2018).

Drenaj yoğunluğu ile akarsu sıklığının çarpılmasıyla elde edilen infiltrasyon sayısının (I_f) yüksek değerleri, düşük sızma ve yüksek akışa, düşük değerleri ise yüksek sızma ve düşük akışa yani yüksek yeraltı suyu potansiyeline işaret etmektedir.

Birim drenaj alanındaki toplam akarsu sayısı olarak ifade edilen akarsu sıklığı (F_s) alt havzalardaki toplam akarsu sayısının o alt havzanın alanına bölünmesiyle elde edilir. Havzanın geçirimliliği, sızma kapasitesi ve rölyef özellikleri hakkında bilgi verir. Geçirgen olmayan zemin özellikleri, seyrek bitki örtüsü ve yüksek rölyef özelliklerine sahip bir havzada görülen yüksek F_s değerleri zayıf yeraltı suyu potansiyeline ve yüksek yüzeysel akışa işaret eder. Tam aksine geçirgen zemin özellikleri, sık bitki örtüsü ve homojen rölyef özellikleri görülen düşük F_s değerleri ise yüksek yeraltı suyu potansiyeline ve düşük yüzeysel akışa işaret eder. İzbırak (1990), dağlık alanların kısa mesafelerde değişen iklim özelliklerinin bir yansıması olarak akarsu sıklığının ovalık alanlara nazaran daha fazla olduğunu belirtmiştir. Ayrıca F_s oranın yüksek olduğu yerlerde akarsu yatakları ile vadi sınırları arasındaki mesafe ve sırtlar F_s oranının düşük olduğu yerlere nazaran daha düşüktür (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018).

Drenaj yoğunluğunun tersinin alınmasıyla hesaplanan kanal bakım katsayısı (C) bir kilometrelik doğrusal akış kanalının bakımı için gerekli alanı tanımlar (Schumm, 1956; Mundetia ve diğerleri, 2018). Havzanın eğimine, kayaç tipine, malzemenin geçirgenliğine, iklimine, bitki örtüsüne ve erozyon süresine bağlı olarak değişim göstermektedir. Düşük C değerleri kayaların düşük geçirgenliğine yani düşük yeraltı suyu potansiyeline, yüksek C değerleri ise kayaların yüksek geçirgenliğine, daha çok sızmaya yani yüksek yeraltı suyu potansiyeline işaret etmektedir.

Yüzeysel akış uzunluğu (L_o) seyelan şeklinde akan suyun akarsu vadilerinde çizgisel akışa geçmeden önceki uzunluğunu ifade etmektedir (Horton, 1945). Yüzeysel akış uzunluğu havzanın hem hidrolojik hem de fizyografik gelişimini etkileyen bir parametre olup drenaj

yoğunluğunun tersinin yarısı olarak ifade edilebilir. Drenaj yoğunluğunun fazla olduğu havzalarda yeraltı suyu potansiyeli azalmakta, L_o değeri de oldukça düşük olabilmektedir. Düşük L_o değeri dik zemin eğimlerine, daha fazla akışa ve daha az sızmaya işaret ederken yüksek L_o değeri yumuşak zemin eğimlerine, daha az akışa ve daha yüksek sızmaya işaret etmektedir.

Rölyef oranı (R_r) bir havzanın rölyef miktarının o havzanın uzunluğuna bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Havzadaki drenaj yoğunluğu, havzanın genel eğimi ve havza uzunluk oranı değerleri hakkında bilgi vermektedir. Yüksek rölyef oranına sahip bir havza engebeli alanların varlığına işaret etmektedir. Engebeli alanların olduğu yerlerde yüzeysel akışın da artması beklenmektedir. Düşük rölyef oranına sahip havzalar ise daha az dirençli kayaların varlığına işaret etmektedir (Sreedevi, Subrahmanyam ve Ahmed, 2005; Avinash ve diğerleri, 2011, Deepika ve diğerleri, 2013). Düşük rölyef oranına sahip havzalarda yeraltı suyu potansiyelinin yüksek olması beklenmektedir.

Havza rölyefi ve drenaj yoğunluğunun çarpılmasıyla elde edilen engebelilik değeri (R_n) rölyef ve yarılmanın etkileşimi ile arazinin karmaşıklığı hakkında bilgi vermektedir. Engebelilik değeri, rölyef ve yarılmanın etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yüksek oranda yarılmış havzalar alçak rölyef özellikleri gösterirken, daha az yarılmış engebeli olan havzalar ise yüksek rölyef özelliği göstermektedir. Drenaj havzasının engebelilik değeri arttıkça, pik akımlarda artma meydana gelmekte ve havzadaki erozyonal faaliyetler hız kazanmaktadır (Özdemir, 2011).

4.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleriyle yeraltı suyu potansiyel bölgeleri basit, güvenilir ve daha uygun maliyetlerle belirlenebilmektedir. Analitik Hiyerarşi Prosesi ise sonucu etkileyen birden fazla faktörün karar verme sürecindeki karmaşıklığını önemli ölçüde azaltmaktadır. Saaty (1980)'e göre ÇKKV yeraltı suyu yönetimi için harika bir teknik olup AHP bunlardan biridir.

AHP uygulamasında ilk olarak kullanılacak parametreler yani yeraltı suyu potansiyelini etkileyebilecek kriterler, kendi aralarındaki üstünlüklerinin karşılaştırılmasını sağlayacak Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi (A) tablosunda sıralamaları aynı olacak şekilde soldan

sağa ve yukarıdan aşağıya doğru hem sütun hem de satır başlıklarına yerleştirilmektedir. Karşılaştırmalı üstünlük matrisi (A) Eş. 4.1'deki gibi köşegen elemanları 1 değerini alan kare matris şeklinde olup n kriter sayısını ifade etmektedir. Köşegen elemanları satır ve sütunlarda aynı kriterler olduğundan matriste 1 değerini almaktadır. a_{ij} değeri i. kriter ile j. kriterin karşılaştırma değerini alırken a_{ji} değeri 1/ a_{ij} değerinden hesaplanmaktadır. Yani köşegenin üst kısmında kriterlerin birbirine olan üstünlük değerleri yer alırken alt kısmında ise üstünlük değerinin tersi (1/üstünlük) değerler yer almaktadır (Ankara Üniversitesi, 2022).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \tag{4.1}$$

Karşılaştırmalı üstünlük matrisinin hesaplanmasıyla her bir kritere karşılık gelen sütun değerleri toplanır ve matristeki her bir hücrenin kendi sütununun toplamına bölünmesiyle Normalize Matris a_{ij}' (Eş. 4.2) oluşturulur. Normalize matriste her bir sütunun değerlerinin toplamının 1 olması gerekmektedir.

$$a_{ij}{}' = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} ; \quad i, j = 1,2, \dots, n \tag{4.2}$$

Normalize matrisin her bir kriter satırının aritmetik ortalamasının alınmasıyla o kriterin öncelik vektörünü oluşturacak w_i önem ağırlığı Eş. 4.3'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^{n} a_{ij}{}' ; \quad i, j = 1,2, \dots, n \tag{4.3}$$

Hesaplanan önem ağırlığının kullanılabilirliğinin test edilebilmesi için Eş. 4.4'te verilen Tutarlılık İndeksi (CI) değerinin hesaplanması gerekmektedir. A matrisinin her bir sütunundaki değer, yer aldığı sütundaki kriterin ağırlığıyla çarpılır ve satırdaki değerlerin toplamı hesaplanır. Toplamın (t), kriterin ağırlığına (w) oranlanması ve bulunan değerlerin de aritmetik ortalamalarının alınmasıyla Eş. 4.5'teki λ_{max} değeri hesaplanmış olur. Bu işlemler için Eş. 4.6 - Eş. 4.8 kullanılmıştır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)} \tag{4.4}$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij} w_j}{w_i}\right) \tag{4.5}$$

$$A \times W = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \tag{4.6}$$

$$d_i = \frac{x_i}{w_i}\ ; \quad i = 1,2,\dots,n \tag{4.7}$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n} \tag{4.8}$$

Tutarlılığın değerlendirilmesi için Saaty (1980)'nin yaptığı çalışmada Çizelge 4.2'de verilen "Farklı sayıda eleman matrisi için rassal indeks değerleri" tablosundan eleman sayısı (n) yardımıyla Rassal İndeks (RI) değeri bulunabilmektedir.

Çizelge 4.2. Farklı sayıda eleman matrisi için rassal indeks değerleri (Saaty, 1980)

Rassal İndeks (RI)										
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Eş. 4.9'da görüldüğü gibi CI değerinin RI değerine oranlanmasıyla Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanabilir. Bulunan ağırlık yüzdelerinin uygulanabilir olması için CR değerinin 0,10'dan küçük olması gerekmektedir. Bu koşulun sağlanması durumunda morfometrik analiz için ağırlıklar kriterlere atanır ve COPRAS yöntemiyle önceliklendirme işlemi yapılır. AHP yönteminde ise ağırlıklar tematik katmanlara atanır ve ağırlıklı bindirme yöntemiyle havzanın ağırlıklandırma haritası oluşturularak önceliklendirme işlemi yapılır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{4.9}$$

4.4. COPRAS Yöntemi

Burdur Havzası alt havzalarına ait morfometrik parametrelerin hesaplanması ve AHP yöntemi kullanılarak her bir morfometrik parametrenin ağırlığının belirlenmesinin ardından COPRAS yöntemi kullanılarak önceliklendirme işlemi yapılmıştır. COPRAS yönteminde kullanılacak olan kriterler, morfometrik analizde kullanılan morfometrik parametreler (R_f, R_e, R_c, R_b, D_d, I_f, F_s, C, L_o, R_r, R_n), alternatifler ise Burdur Havzası'nın alt havzaları (Atabey, Burdur, Karataş, Salda, Yarışlı, Akgöl, Acıgöl) olarak belirlenmiştir. Morfometrik parametreler yeraltı suyu potansiyeli açısından avantajlı (R_f, R_e, R_c, C, L_o) ve avantajlı olmayanlar (R_b, D_d, I_f, F_s, R_r, R_n) şeklinde gruplandırılmıştır. Alternatif ve kriterlerin belirlenmesiyle *X* karar verme matrisi Eş. 4.10'daki gibi hazırlanır. Matriste *i* alternatifleri, j kriterleri, n alternatif sayısını ve m kriter sayısını ifade etmektedir (Ertuğrul ve Öztaş, 2016).

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}; \quad i = \overline{1,n} \quad j = \overline{1,m} \tag{4.10}$$

X karar verme matrisinin oluşturulmasının ardından, $\bar{X}$ normalize karar verme matrisi Eş. 4.11 ve Eş. 4.12'de verildiği şekilde oluşturulmuştur.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}}; \quad i = \overline{1,n} \quad j = \overline{1,m} \tag{4.11}$$

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \cdots & \bar{x}_{1m} \\ \bar{x}_{21} & \bar{x}_{22} & \cdots & \bar{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{n1} & \bar{x}_{n2} & \cdots & \bar{x}_{nm} \end{bmatrix}; \quad i = \overline{1,n} \quad j = \overline{1,m} \tag{4.12}$$

Eş. 4.13'te gösterildiği üzere $\bar{X}$ normalize matris ile q_j kriter ağırlıkları çarpılarak Eş. 4.14'te verilen $\hat{X}$ ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilmiştir.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot q_j; \quad i = \overline{1,n} \quad j = \overline{1,m} \tag{4.13}$$

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{11} & \hat{x}_{12} & \cdots & \hat{x}_{1m} \\ \hat{x}_{21} & \hat{x}_{22} & \cdots & \hat{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{n1} & \hat{x}_{n2} & \cdots & \hat{x}_{nm} \end{bmatrix}; \quad i = \overline{1,n} \quad j = \overline{1,m} \tag{4.14}$$

Her bir alt havza yani alternatif için avantajlı kriterlerin değerlerinin toplamı P_i Eş. 4.15'te, her bir alternatif için avantajlı olmayan kriterlerin değerlerinin toplamı R_i Eş. 4.16'da verilmiştir. Eş. 4.15'teki k avantajlı kriter sayısını (maksimize edilmesi gereken), Eş. 4.16'daki (m-k) avantajlı olmayan kriter sayısını (minimize edilmesi gereken) ifade etmektedir. Sonrasında minimum R_i değeri olan R_{min} değeri belirlenmiştir.

$$P_i = \sum_{j=1}^{k} \hat{x}_{ij} \tag{4.15}$$

$$R_i = \sum_{j=k+1}^{m} \hat{x}_{ij} \tag{4.16}$$

Her bir alternatif için Eş. 4.17'deki gibi Q_i göreceli önem değerleri hesaplanmış ve en yüksek öneme sahip Q_{max} değeri belirlenmiştir. Ardından her bir alternatifin fayda derecesi N_i Eş. 4.18'deki gibi hesaplanmıştır. N_i değerlerinin hesaplanması ve en yüksekten en düşüğe doğru sıralanmasıyla alternatiflerin yani alt havzaların yeraltı su potansiyeline göre en yüksekten en düşüğe doğru önceliklendirme işlemi tamamlanmış olmaktadır.

$$Q_i = P_i + \frac{R_{min} \sum_{i=1}^{n} R_i}{R_i \sum_{i=1}^{n} \frac{R_{min}}{R_i}} \tag{4.17}$$

$$N_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \, 100\% \tag{4.18}$$

Çalışmada yeraltı suyu potansiyeli en düşük olan alt havza 1 olarak ifade edildiğinden COPRAS yöntemindeki önceliklendirme ile tam ters olmaktadır. Bu nedenle COPRAS ile elde edilen önceliklendirme sonuçları çalışmadakine uygun olacak şekilde yeniden düzenlenmiştir.

5. BURDUR HAVZASI ALT HAVZALARININ YERALTI SUYU POTANSİYELİNE GÖRE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

5.1. Morfometrik Parametrelerin COPRAS-AHP ile Önceliklendirilmesi

Burdur Havzası'na ait SYM'nin CBS ortamında düzenlenmesi, drenaj ağlarının elde edilmesi, alt havzaların sınırlarının belirlenmesiyle her bir alt havzaya ait A, L_b ve P değerleri hesaplanmıştır. Hidromark Mühendislik Müşavirlik AŞ'nin yükleniciliğini üstlendiği DSİ Genel Müdürlüğü 18. Bölge Müdürlüğü tarafından yayımlanan Burdur Göller Havzası Yeraltı Suyu Planlama Hidrojeolojik Etüd Raporu'ndaki havzaya ait mevcut bilgilerin kullanılabilmesi ve değerlendirilebilmesi için Burdur Havzası sınırları yaklaşık olarak rapordaki gibi alınmıştır.

Morfometrik analiz çalışmalarında alt havza sınırları elde edilen drenaj ağı modeline göre belirlenmektedir. Bu nedenle drenaj ağının esas alınarak hesaplandığı morfometrik analiz çalışmasında alt havza sınırları DSİ'nin 2016 yılında yaptığı çalışmadan farklı olarak yeraltı suyu kütlelerinin bulunduğu bölgeler yerine drenaj ağı modellemesine göre belirlenmiştir. Bu doğrultuda altısı göl havzası biri kapalı havza olmak üzere toplamda yedi adet alt havza elde edilmiş olup Çizelge 5.1'de alt havzalara ait bilgiler verilmiştir. Burdur Havzasının drenaj alanı yaklaşık 6278 km^2'dir. En küçük alana sahip alt havzası yaklaşık 145 km^2'lik Karataş Alt Havzası, en büyük alana sahip alt havzası ise yaklaşık 3031 km^2'lik Burdur Alt Havzası'dır.

Çizelge 5.1. Alt havzaların havza alanları, havza uzunlukları ve havza çevreleri

Alt havzalar	Havza alanı	Havza uzunluğu	Havzanın çevresi
	(A; km^2)	(L_b; km)	(P; km)
Atabey	638,65	39,14	148,74
Burdur	3031,13	111,08	481,56
Karataş	145,30	18,03	71,55
Salda	194,10	20,67	72,77
Yarışlı	331,82	25,41	136,17
Akgöl	319,08	32,73	140,05
Acıgöl	1618,06	68,03	274,90
Toplam	6278,14	-	-

Strahler Dizini kullanılarak bulunan alt havzaların farklı mertebelerindeki akarsu sayıları Çizelge 5.2'de ve farklı mertebelerindeki akarsu uzunlukları Çizelge 5.3'te verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde genel olarak akarsuların mertebe sayısı arttıkça akarsu sayısının ve akarsu kollarının toplam uzunluğunun azaldığı gözlemlenmiştir.

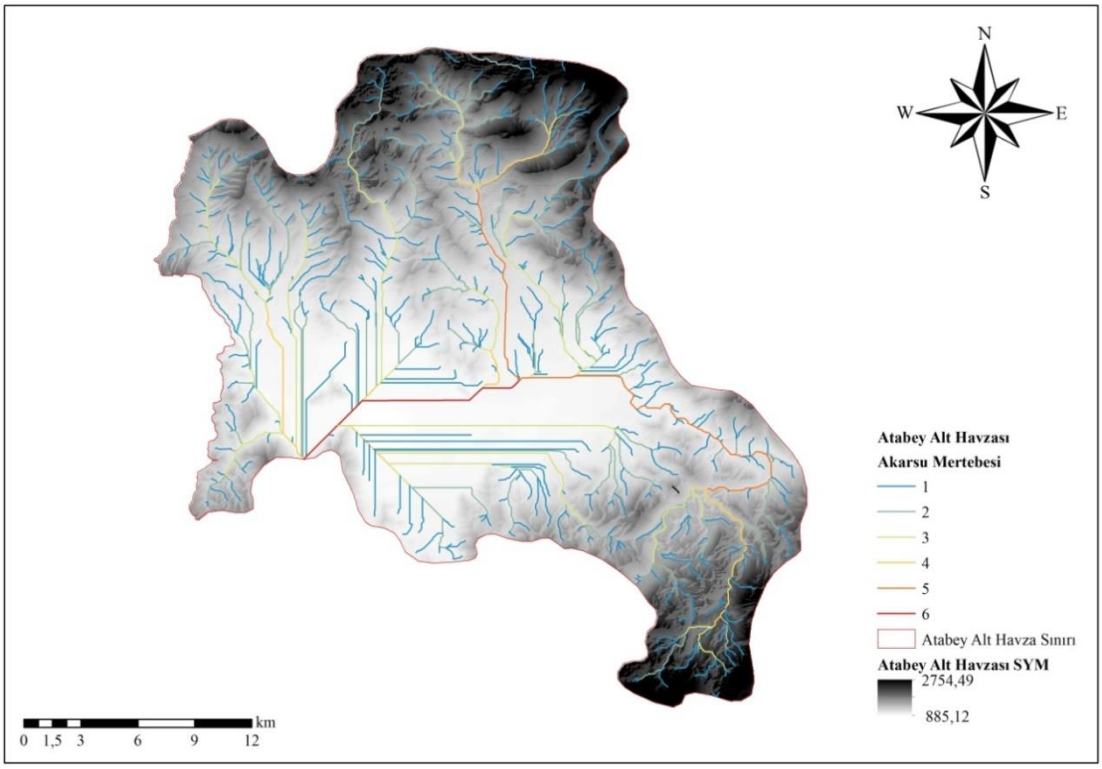
Çizelge 5.2. Alt havzaların farklı mertebelerindeki akarsu sayıları

Alt havzalar	Farklı mertebelerdeki akarsu sayıları					
	N_u					
	1	2	3	4	5	6
Atabey	439	206	116	68	36	14
Burdur	2407	1119	577	316	123	139
Karataş	114	60	12	21	0	0
Salda	127	71	34	0	0	0
Yarışlı	288	126	80	33	26	0
Akgöl	271	152	77	14	14	0
Acıgöl	1123	550	273	151	116	15

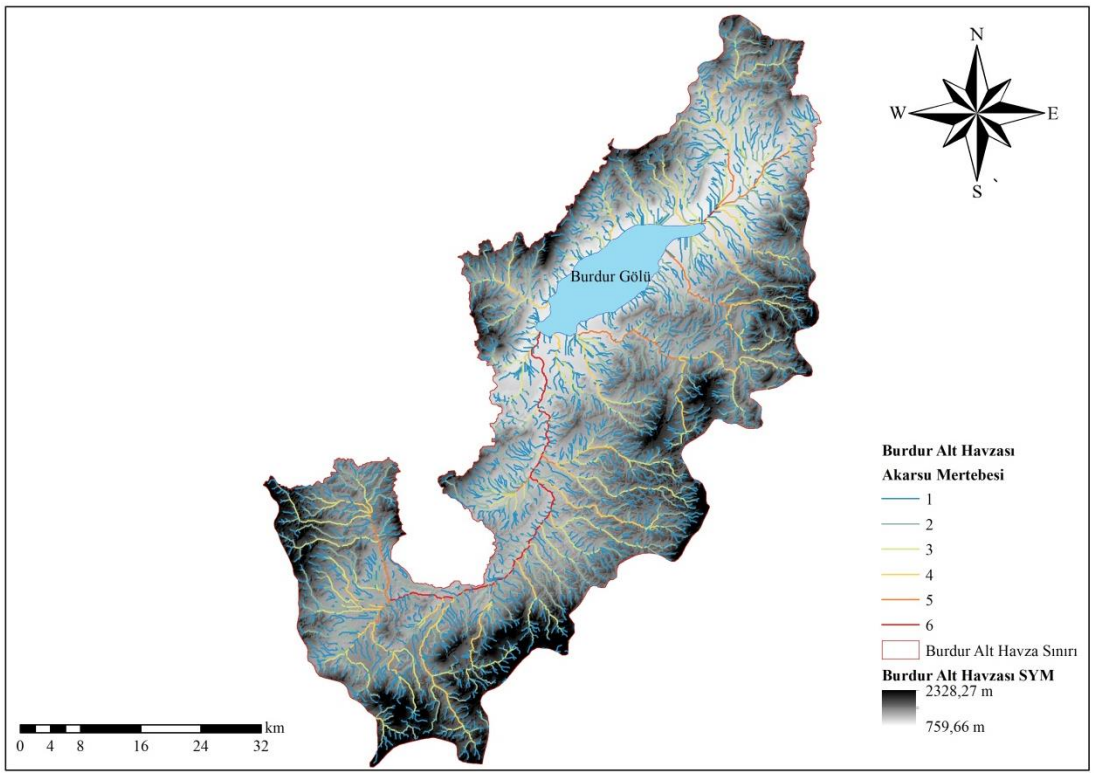
Çizelge 5.3. Alt havzaların farklı mertebelerindeki akarsu uzunlukları

Alt havzalar	Farklı mertebelerdeki akarsu uzunlukları					
	L_u (km)					
	1	2	3	4	5	6
Atabey	411,90	200,77	121,02	34,50	32,38	12,97
Burdur	2112,00	1026,32	468,52	235,13	80,50	63,04
Karataş	104,22	57,59	7,43	11,80	0,00	0,00
Salda	86,17	52,04	25,65	0,00	0,00	0,00
Yarışlı	211,00	93,40	69,60	17,02	15,43	0,00
Akgöl	243,31	102,29	51,65	7,48	15,02	0,00
Acıgöl	4319,13	2118,63	1008,08	440,99	220,87	82,49

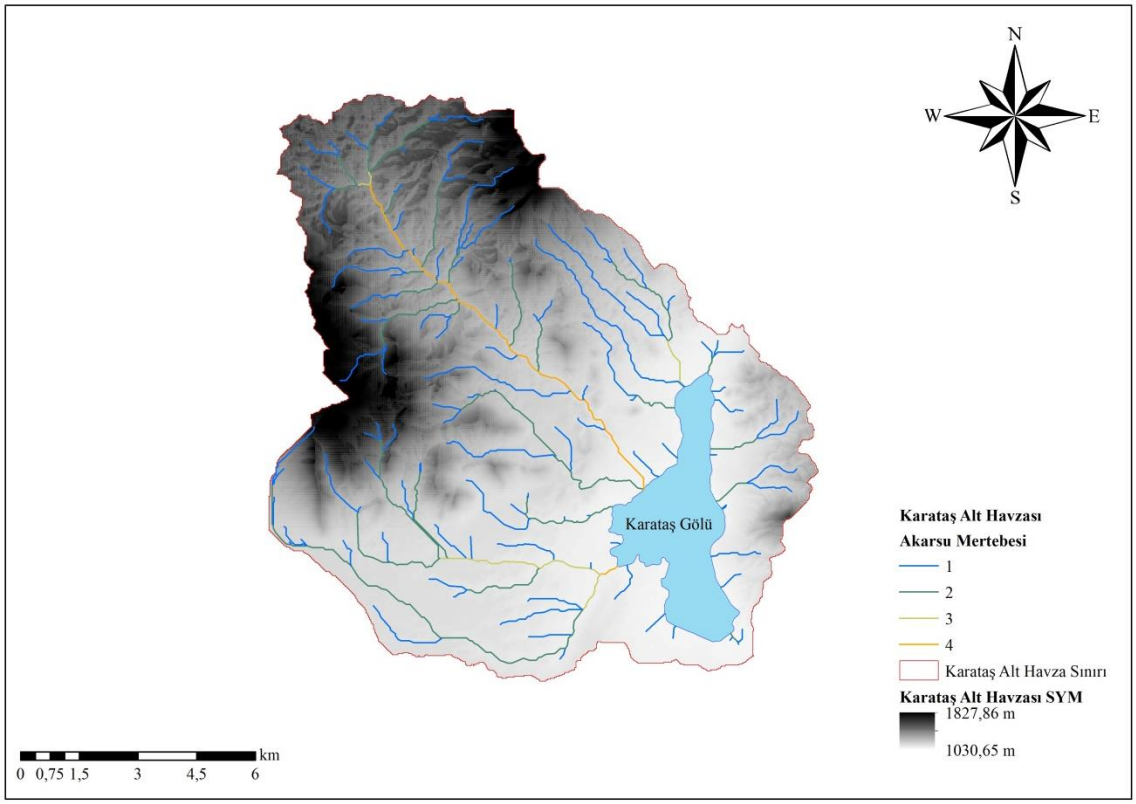
Her bir alt havza için yapılmış olan akarsu mertebelendirme haritası sayısal yükseklik modeli altlığıyla Harita 5.1 - Harita 5.7.'de verilmiştir. Atabey, Burdur ve Acıgöl Alt Havzaları 6. mertebeden akarsuya sahipken, Yarışlı ve Akgöl Alt Havzalarının 5. mertebeden, Karataş Alt Havzası 4. Mertebeden ve Salda Alt Havzasının 3. mertebeden akarsu ağına sahip olduğu görülmektedir.



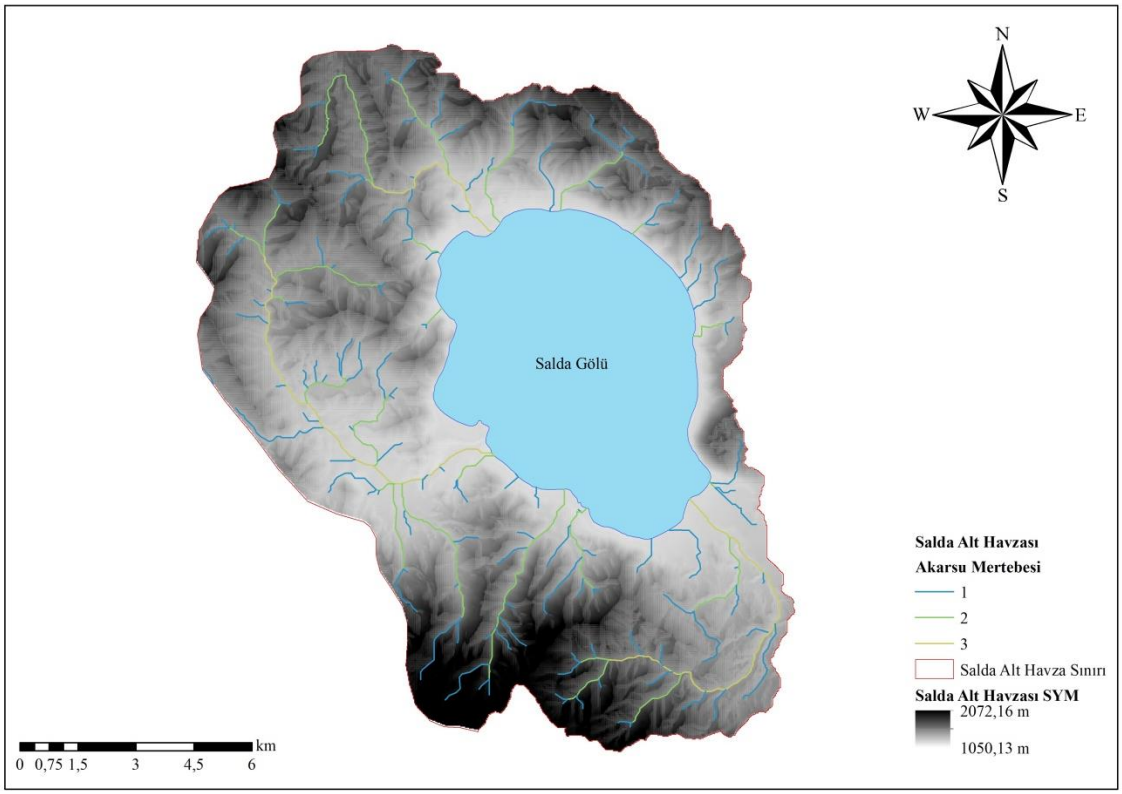
Harita 5.1. Atabey Alt Havzası drenaj ağı haritası



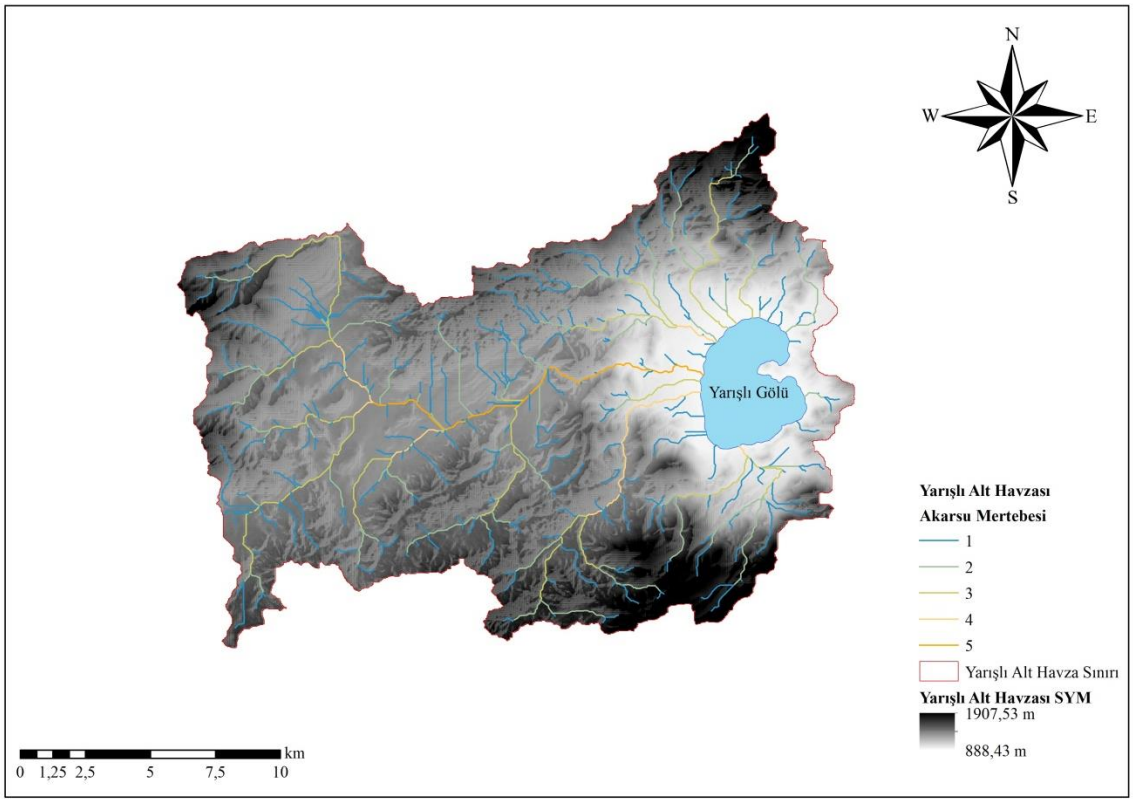
Harita 5.2. Burdur Alt Havzası drenaj ağı haritası



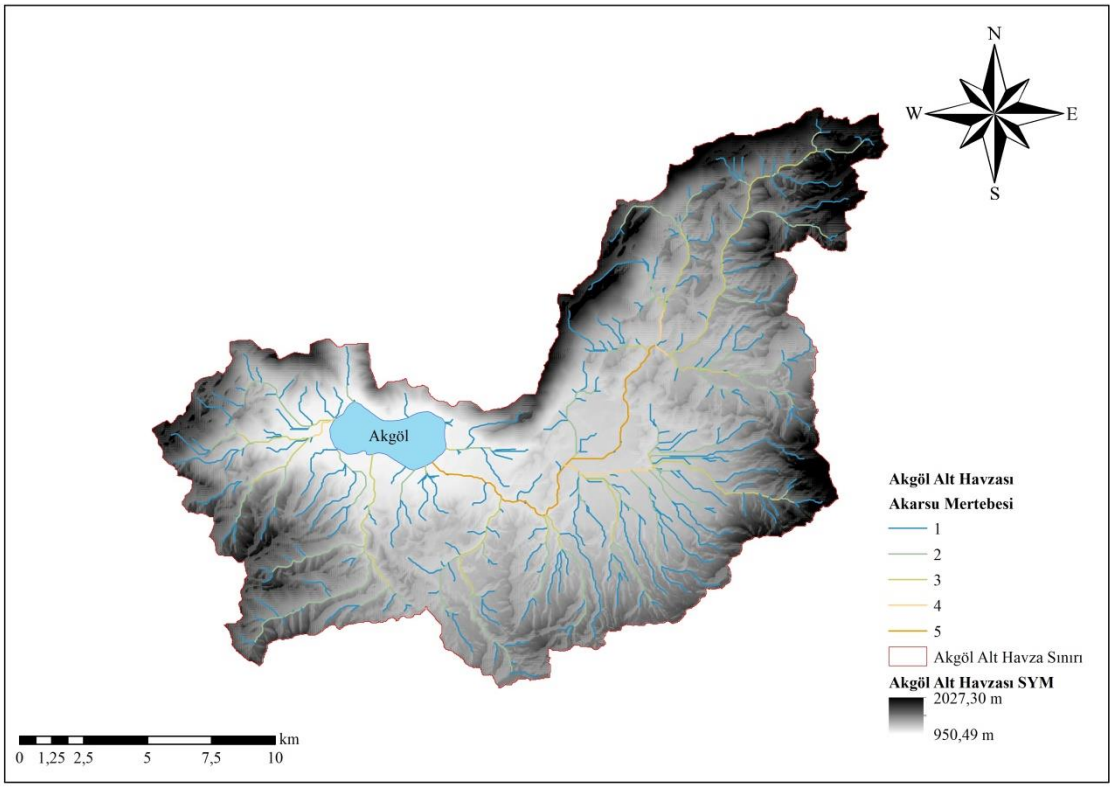
Harita 5.3. Karataş Alt Havzası drenaj ağı haritası



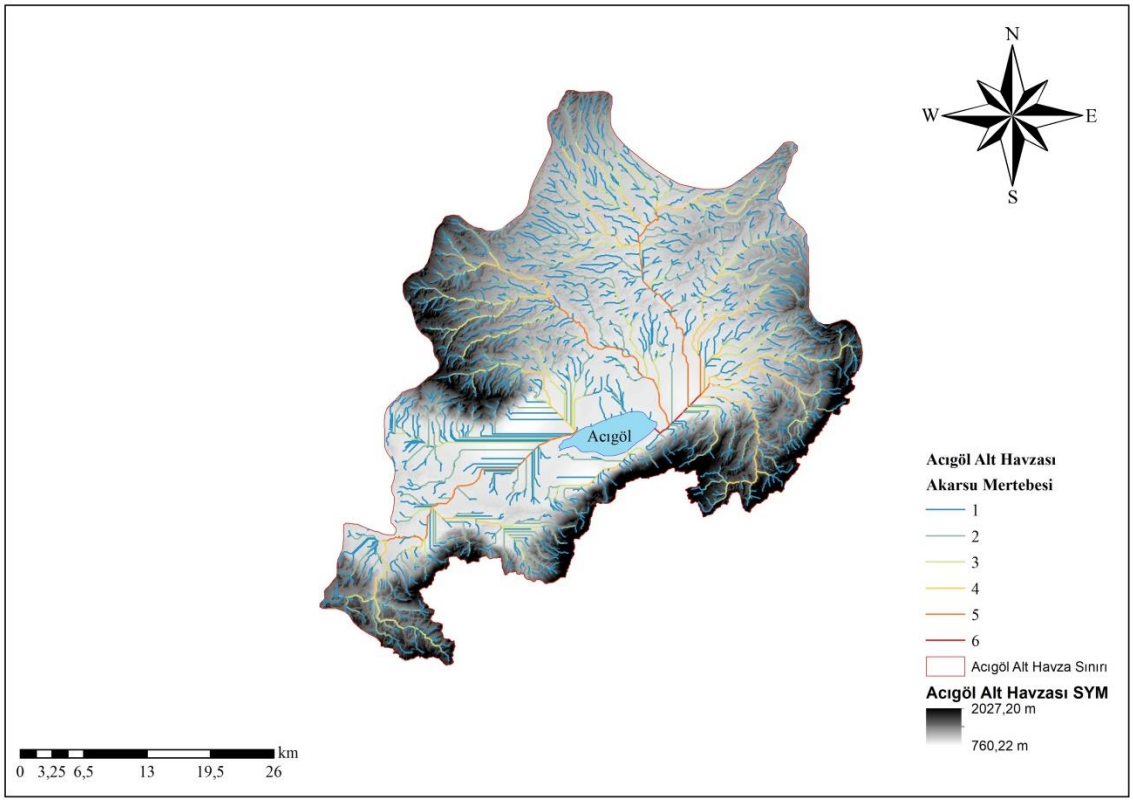
Harita 5.4. Salda Alt Havzası drenaj ağı haritası



Harita 5.5. Yarışlı Alt Havzası drenaj ağı haritası



Harita 5.6. Akgöl Alt Havzası drenaj ağı haritası



Harita 5.7. Acıgöl Alt Havzası drenaj ağı haritası

Temel parametrelerin bulunmasının ardından her bir alt havza için hesaplanan morfometrik parametreler Çizelge 5.4'te verilmiştir. Form faktörü (R_f), Uzunluk oranı (R_e) ve Dairesellik oranı (R_c) havzanın şekli hakkında bilgi veren parametrelerdir. Bu parametrelerin 1'e yaklaşan değerleri uzunlamasına havza şekline işaret ederken 0'a yaklaşan değerleri dairesel havza şekline işaret etmektedir. R_f değerleri en yüksek Yarışlı alt havzasında 0,454, en düşük ise Burdur alt havzasında 0,246, R_e değerleri en yüksek Yarışlı alt havzasında 0,809, en düşük ise Burdur alt havzasında 0,559, R_c değerlerinde ise en yüksek Salda alt havzasında 0,471, en düşük ise yine Burdur alt havzasında 0,164, olarak hesaplanmıştır. Drenaj ağı incelendiğinde bu değerlerle uyumlu olarak alt havzalar içinde Burdur alt havzasının en uzunlamasına şekle sahip alt havza olduğu görülmekte ve yeraltı suyu potansiyelinin düşük olması beklenmektedir.

Alt havzalar için çatallanma oranı (R_b) değerleri incelendiğinde hepsinin 3'ten küçük değere sahip olduğu görülmektedir. $R_b<3$ olan havzalarda havzaların drenaj sisteminde bir bozulma olmaması, sistematik dallanmaya ve üniform malzemeye sahip olmasına, yüksek geçirgenliğe, yüksek sızma kapasitesine ve yüksek yeraltı suyu potansiyeline işaret etmektedir.

Çizelge 5.4. Burdur Havzası alt havzalarının morfometrik parametreleri

Morfometrik parametreler	Sembol	Alt havzalar						
		Atabey	Burdur	Karataş	Salda	Yarışlı	Akgöl	Acıgöl
Form faktörü	R_f	0,417	0,246	0,447	0,454	0,514	0,298	0,350
Uzunluk oranı	R_e	0,728	0,559	0,754	0,760	0,809	0,616	0,667
Dairesellik oranı	R_c	0,363	0,164	0,357	0,461	0,225	0,204	0,269
Çatallanma oranı	R_b	2,015	1,874	2,490	1,938	1,889	2,564	2,980
Drenaj yoğunluğu	D_d	1,274	1,315	1,246	0,844	1,225	1,315	1,372
İnfiltrasyon sayısı	I_f	1,753	2,031	1,775	1,009	2,041	2,177	1,889
Akarsu sıklığı	F_s	1,376	1,544	1,425	1,195	1,667	1,655	1,377
Kanal bakım katsayısı	C	0,785	0,760	0,803	1,185	0,816	0,760	0,729
Yüzeysel akış uzunluğu	L_o	0,393	0,380	0,401	0,592	0,408	0,380	0,364
Rölyef oranı	R_r	0,048	0,014	0,044	0,049	0,040	0,033	0,019
Engebelilik oranı	R_n	2,381	2,063	0,993	0,863	1,248	1,417	1,738

Drenaj yoğunluğu (D_d) değeri alt havzalarda 0,844 (Salda Alt Havzası) ile 1,372 (Acıgöl Alt Havzası) aralığında, akarsu sıklığı (F_s) değeri 1,195 (Salda Alt Havzası) ile 1,667 (Yarışlı Alt Havzası) aralığında, infiltrasyon sayısı (I_f) değeri ise 1,009 (Salda Alt Havzası) ile 2,177 (Akgöl Alt Havzası) aralığında hesaplanmıştır. Bu değerler D_d, F_s ve I_f parametreleri için düşük değerler olup yüksek sızma kapasitesine, düşük eğime, geçirgen malzemeye, nispeten daha kaba tekstür yapısına ve yüksek yeraltı suyu potansiyeline işaret etmektedir. D_d, F_s ve I_f parametreleri alt havzalar bazında incelendiğinde ise yeraltı suyu potansiyeli en yüksek olanının Salda Alt Havzası olduğu görülmektedir.

Kanal bakım katsayısı (C) ve yüzeysel akış uzunluğu (L_o) en yüksek değerlerini Salda Alt Havzası'nda alırken en düşük değerlerini Acıgöl Alt Havzası'nda almışlardır. Bu parametrelerin düşük değerleri düşük yeraltı suyu potansiyeline işaret etmektedir.

Rölyef oranı (R_r) 0,014 (Burdur Alt Havzası) ile 0,049 (Salda Alt Havzası) aralığında, engebelilik oranı (R_n) 0,863 (Salda Alt Havzası) ile 2,381 (Salda Alt Havzası) aralığında hesaplanmıştır. Yüksek R_r ve R_n değerleri engebeli alanların varlığına, artan yüzeysel akışa

ve erozyonal faaliyetlere işaret ederken düşük değerleri artan yeraltı suyu potansiyeline işaret etmektedir.

Morfometrik parametrelerin analizinden sonra AHP yöntemi kullanılarak her bir parametrenin/kriterin birbirine olan üstünlük dereceleri 1'den 5'e kadar (1 eşit öneme sahip, 3 biraz önemli, 5 fazla önemli, 2 ve 4 ara değerler) değerler atanarak karşılaştırmalı üstünlük matris tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Morfometrik parametreler için karşılaştırmalı üstünlük matris tablosu

Kriterler	R_f	R_e	R_c	R_b	D_d	I_f	F_s	C	L_o	R_r	R_n
R_f	1,00	0,50	2,00	0,33	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20
R_e	2,00	1,00	2,00	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20
R_c	0,50	2,00	1,00	0,33	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20
R_b	3,00	2,00	3,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
D_d	4,00	4,00	4,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
I_f	4,00	4,00	4,00	2,00	2,00	1,00	4,00	4,00	4,00	0,50	0,50
F_s	4,00	4,00	4,00	1,00	1,00	0,25	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
C	4,00	4,00	4,00	1,00	1,00	0,25	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
L_o	4,00	4,00	4,00	1,00	1,00	0,25	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
R_r	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	2,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00
R_n	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	2,00	5,00	5,00	5,00	1,00	1,00

Karşılaştırmalı üstünlük matrisindeki her bir kritere ait sütundaki değerlerin toplamları hesaplanmış, matrisin hücrelerindeki değerler bağlı olduğu sütunun toplam değerlerine bölünerek Çizelge 5.6'daki gibi normalize edilmiş ve her bir parametre için ağırlıklar hesaplanmıştır. Karşılaştırmalı üstünlük matrisindeki her bir hücre bağlı olduğu kriterin ağırlığıyla çarpılmış ve AHP ağırlık tablosu oluşturulmaya başlanmıştır (Çizelge 5.7). Bu tabloda her bir sütunun toplamı (t) ağırlığa (w) oranlanmış ve bulunan değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu değer temel matris öz değerini (λ_{max}) vermektedir. Çalışmada λ_{max} değeri 12,00 olarak hesaplanmıştır. Morfometrik parametreler için oluşturulmuş AHP analizinde kullanılan toplam kriter sayısı (n) 11'dir. Eş. 4.9 kullanılarak CI değeri Çizelge 5.6'de hesaplandığı üzere 0,10 olarak bulunmuştur. Çizelge 4.2'den 11 kritere karşılık gelen RI değeri 1,51 olarak alınmış ve CR değeri 0,07 olarak hesaplanmıştır. CR değeri 0,10'dan küçük olduğu için belirlenen ağırlıkların kriterlere atanması uygun bulunmuştur.

Çizelge 5.6. Morfometrik parametrelerin normalize matris tablosu ve kriter ağırlıklarının hesaplanması

Kriterler	R_f	R_e	R_c	R_b	D_d	I_f	F_s	C	L_o	R_r	R_n	w
R_f	0,027	0,014	0,053	0,018	0,014	0,033	0,013	0,013	0,013	0,049	0,049	0,03
R_e	0,055	0,028	0,053	0,028	0,014	0,033	0,013	0,013	0,013	0,049	0,049	0,03
R_c	0,014	0,056	0,026	0,018	0,014	0,033	0,013	0,013	0,013	0,049	0,049	0,03
R_b	0,082	0,056	0,079	0,055	0,056	0,067	0,051	0,051	0,051	0,049	0,049	0,06
D_d	0,110	0,113	0,105	0,055	0,056	0,067	0,051	0,051	0,051	0,049	0,049	0,07
I_f	0,110	0,113	0,105	0,110	0,113	0,133	0,203	0,203	0,203	0,122	0,122	0,14
F_s	0,110	0,113	0,105	0,055	0,056	0,033	0,051	0,051	0,051	0,049	0,049	0,07
C	0,110	0,113	0,105	0,055	0,056	0,033	0,051	0,051	0,051	0,049	0,049	0,07
L_o	0,110	0,113	0,105	0,055	0,056	0,033	0,051	0,051	0,051	0,049	0,049	0,07
R_r	0,137	0,141	0,132	0,275	0,282	0,267	0,253	0,253	0,253	0,244	0,244	0,23
R_n	0,137	0,141	0,132	0,275	0,282	0,267	0,253	0,253	0,253	0,244	0,244	0,23

Çizelge 5.7. Morfometrik parametreler ağırlıklandırılmış normalize matris tablosu

Kriterler	R_f	R_e	R_c	R_b	D_d	I_f	F_s	C	L_o	R_r	R_n
R_f	0,027	0,016	0,054	0,020	0,017	0,035	0,016	0,016	0,016	0,045	0,045
R_e	0,054	0,031	0,054	0,029	0,017	0,035	0,016	0,016	0,016	0,045	0,045
R_c	0,013	0,063	0,027	0,020	0,017	0,035	0,016	0,016	0,016	0,045	0,045
R_b	0,081	0,063	0,081	0,059	0,069	0,070	0,066	0,066	0,066	0,045	0,045
D_d	0,107	0,126	0,108	0,059	0,069	0,070	0,066	0,066	0,066	0,045	0,045
I_f	0,107	0,126	0,108	0,117	0,137	0,140	0,262	0,262	0,262	0,113	0,113
F_s	0,107	0,126	0,108	0,059	0,069	0,035	0,066	0,066	0,066	0,045	0,045
C	0,107	0,126	0,108	0,059	0,069	0,035	0,066	0,066	0,066	0,045	0,045
L_o	0,107	0,126	0,108	0,059	0,069	0,035	0,066	0,066	0,066	0,045	0,045
R_r	0,134	0,157	0,135	0,293	0,343	0,279	0,328	0,328	0,328	0,225	0,225
R_n	0,134	0,157	0,135	0,293	0,343	0,279	0,328	0,328	0,328	0,225	0,225

Çizelge 5.8. Morfometrik parametreler AHP ağırlık kontrol tablosu

Kriterler	t	w	(t/w)	λ_{max}	CI	RI	CR
R_f	0,31	0,03	11,46				
R_e	0,36	0,03	11,44				
R_c	0,31	0,03	11,62				
R_b	0,71	0,06	12,09				
D_d	0,83	0,07	12,03				
I_f	1,75	0,14	12,53	12,00	0,10	1,51	0,07
F_s	0,79	0,07	12,05				
C	0,79	0,07	12,05				
L_o	0,79	0,07	12,05				
R_r	2,78	0,23	12,32				
R_n	2,78	0,23	12,32				

AHP yöntemiyle morfometrik parametrelerin kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından COPRAS yöntemi kullanılarak alt havzaların önceliklendirilmesi işlemine geçilmiştir. Bu yöntemde kriter olarak morfometrik analizde kullanılan morfometrik parametreler (R_f, R_e, R_c, R_b, D_d, I_f, F_s, C, L_o, R_r, R_n), alternatif olarak Burdur Havzası'nın alt havzaları (Atabey, Burdur, Karataş, Salda, Yarışlı, Akgöl, Acıgöl) alınmıştır.

Morfometrik parametrelerin bir bölümü yeraltı suyu potansiyeli açısından avantajlı (R_f, R_e, R_c, C, L_o) olarak alınmıştır. Bu parametreler değerleri arttıkça yeraltı suyu oluşturabilme potansiyelinin de arttığı parametrelerdir. Avantajlı olmayan parametreler (R_b, D_d, I_f, F_s, R_r, R_n) ise tam tersi değerleri arttıkça yeraltı suyu oluşturabilme potansiyelinin azaldığı parametrelerdir.

Alternatif ve avantajlı/avantajlı olmayan kriterlerin belirlenmesiyle Eş. 4.10 yardımıyla *X* karar verme matrisi Çizelge 5.9'daki gibi hazırlanmıştır. *X* matrisinde alternatif sayısı n 7 adet ve kriter sayısı m 11 adettir.

Çizelge 5.9. COPRAS yöntemi X matrisinin oluşturulması

	Avantajlı Kriterler					Avantajlı Olmayan Kriterler					
Alternatifler	R_f	R_e	R_c	C	L_o	R_b	D_d	I_f	F_s	R_r	R_n
Atabey	0,42	0,73	0,36	0,79	0,39	2,02	1,27	1,75	1,38	0,05	2,38
Burdur	0,25	0,56	0,16	0,76	0,38	1,87	1,32	2,03	1,54	0,01	2,06
Karataş	0,45	0,75	0,36	0,80	0,40	2,49	1,25	1,78	1,43	0,04	0,99
Salda	0,45	0,76	0,46	1,19	0,59	1,94	0,84	1,01	1,20	0,05	0,86
Yarışlı	0,51	0,81	0,23	0,82	0,41	1,89	1,23	2,04	1,67	0,04	1,25
Akgöl	0,30	0,62	0,20	0,76	0,38	2,56	1,32	2,18	1,66	0,03	1,42
Acıgöl	0,35	0,67	0,27	0,73	0,36	2,98	1,37	1,89	1,38	0,02	1,74

X matrisinin oluşturulmasının ardından Eş. 4.11 ve Eş. 4.12 kullanılarak $\bar{X}$ normalize matrisi oluşturulmuş (Çizelge 5.10), Eş. 4.13 ve Eş. 4.14 yardımıyla AHP yöntemiyle belirlenen q_j kriter ağırlıkları çarpılarak $\hat{X}$ ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilmiştir (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.10. COPRAS yöntemi $\bar{X}$ matrisinin oluşturulması

	Avantajlı Kriterler					Avantajlı Olmayan Kriterler					
Alternatifler	R_f	R_e	R_c	C	L_o	R_b	D_d	I_f	F_s	R_r	R_n
Atabey	0,15	0,15	0,18	0,13	0,13	0,13	0,15	0,14	0,13	0,19	0,22
Burdur	0,09	0,11	0,08	0,13	0,13	0,12	0,15	0,16	0,15	0,06	0,19
Karataş	0,16	0,15	0,17	0,14	0,14	0,16	0,15	0,14	0,14	0,18	0,09
Salda	0,17	0,16	0,23	0,20	0,20	0,12	0,10	0,08	0,12	0,20	0,08
Yarışlı	0,19	0,17	0,11	0,14	0,14	0,12	0,14	0,16	0,16	0,16	0,12
Akgöl	0,11	0,13	0,10	0,13	0,13	0,16	0,15	0,17	0,16	0,13	0,13
Acıgöl	0,13	0,14	0,13	0,12	0,12	0,19	0,16	0,15	0,13	0,08	0,16

Çizelge 5.11. COPRAS yöntemi $\hat{X}$ matrisinin oluşturulması

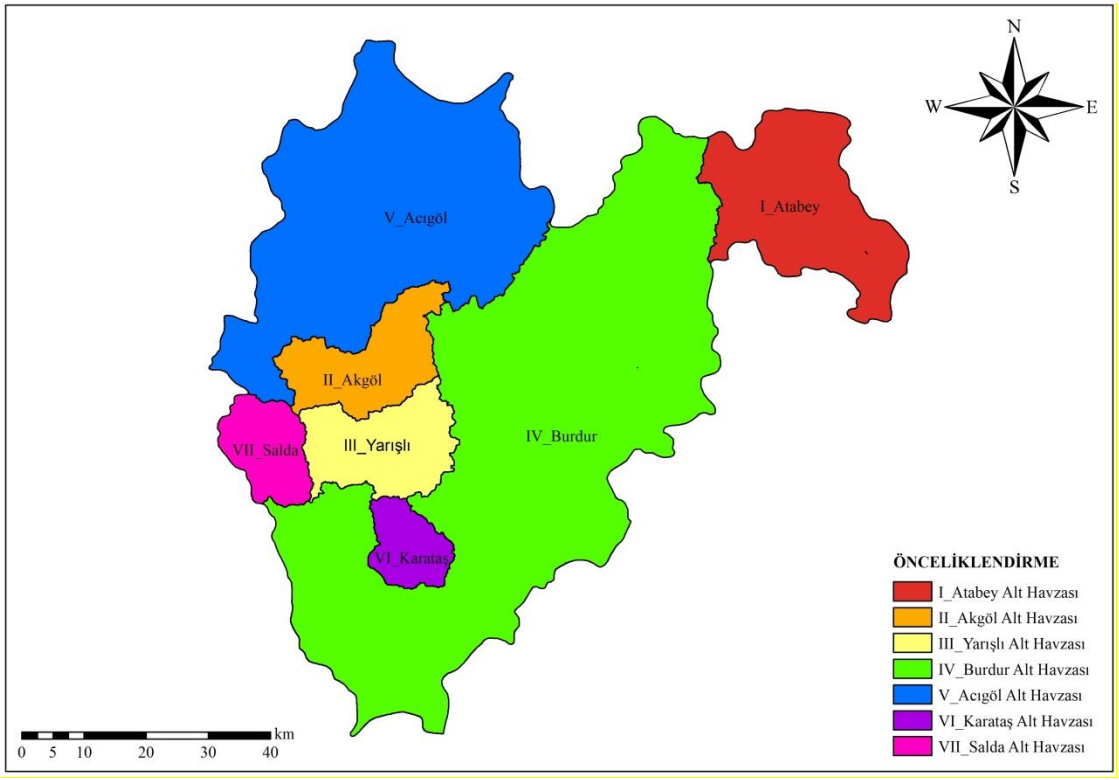
	Avantajlı Kriterler					Avantajlı Olmayan Kriterler					
Alternatifler	R_f	R_e	R_c	C	L_o	R_b	D_d	I_f	F_s	R_r	R_n
Atabey	0,004	0,005	0,005	0,009	0,009	0,008	0,010	0,019	0,009	0,044	0,050
Burdur	0,002	0,004	0,002	0,009	0,009	0,007	0,011	0,022	0,010	0,013	0,043
Karataş	0,004	0,005	0,005	0,009	0,009	0,009	0,010	0,020	0,009	0,040	0,021
Salda	0,004	0,005	0,006	0,013	0,013	0,007	0,007	0,011	0,008	0,045	0,018
Yarışlı	0,005	0,005	0,003	0,009	0,009	0,007	0,010	0,022	0,011	0,037	0,026
Akgöl	0,003	0,004	0,003	0,009	0,009	0,010	0,011	0,024	0,011	0,030	0,030
Acıgöl	0,003	0,004	0,004	0,008	0,008	0,011	0,011	0,021	0,009	0,017	0,037

$\hat{X}$ ağırlıklandırılmış normalize matrisin elde edilmesiyle Eş. 4.15 ve Eş. 4.16 kullanılarak maksimize ve minimize edilmesi gereken kriterlerin toplam değerleri olan P_i ve R_i değerleri hesaplanmış ve R_{min} değeri 0,096 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5.12). Ardından her bir alternatif için Eş. 4.17 kullanılarak Q_i göreceli önem değerleri ve Eş. 4.18 kullanılarak N_i fayda derecesi hesaplanarak önceliklendirme işlemi tamamlanmıştır.

Burdur Havzası'nın alt havzalarının morfometrik parametreler kullanarak COPRAS-AHP yöntemleri yardımıyla oluşturulmuş yeraltı suyu potansiyelinin önceliklendirme haritası Harita 5.8'de verilmiştir. Yapılan morfometrik analiz sonucunda Salda Alt Havzası yeraltı suyunun oluşabilme potansiyelinin en en yüksek olduğu bölge, Atabey Alt Havzası ise en düşük olduğu bölge olarak tespit edilmiştir. Çalışma genelinde yapılan önceliklendirme tam ters olarak değerlendirildiğinden Çizelge 5.12'de çalışmadaki önceliklendirme de verilmiştir.

Çizelge 5.12. COPRAS yöntemi önceliklendirme tablosu

Alternatifler	P_i	R_i	Q_i	N_i	COPRAS Önceliklendirme	Çalışmadaki Önceliklendirme
Atabey	0,031	0,140	0,120	69,85	7	1
Burdur	0,025	0,106	0,142	82,83	4	4
Karataş	0,032	0,109	0,146	84,89	2	6
Salda	0,042	0,096	0,172	100,00	1	7
Yarışlı	0,032	0,113	0,141	82,41	5	3
Akgöl	0,027	0,115	0,135	78,53	6	2
Acıgöl	0,028	0,106	0,145	84,45	3	5



Harita 5.8. Burdur Havzası alt havzalarının morfometrik parametreler yardımıyla yeraltı suyu potansiyeli bakımından önceliklendirilmesi

5.2. Analitik Hiyerarşi Prosesine Göre Önceliklendirme

Tez çalışması kapsamında yeraltı suyu potansiyel bölgelerini önceliklendirmek için kullanılan Burdur Havzası'na ait jeomorfoloji, fay yoğunluğu, akifer durumu, arazi kullanımı, eğim, toprak derinliği, drenaj yoğunluğu ve yağış parametrelerine dair bilgiler ve haritalar bu bölümde yer almaktadır. Yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin önceliklendirilmesi için kullanılan parametreler/kriterler kendi içlerinde bölgesel olarak yeraltı suyu potansiyellerine göre çok yüksek yeraltı suyu potansiyeli (5), yüksek yeraltı suyu potansiyeli (4), orta yeraltı suyu potansiyeli (3), düşük yeraltı suyu potansiyeli (2) ve çok düşük yeraltı suyu potansiyeli (1) olarak ağırlıklandırılmıştır.

Kriterlere CBS ortamında ağırlıkların atanmasıyla tematik katmanlar elde edilmiştir. Nithya ve diğerleri (2019), Siddaraju ve diğerleri (2019) ile Abijith ve diğerleri (2020)'nin yaptığı çalışmalar ışığında AHP yöntemi kullanılarak yeraltı suyu oluşturabilme potansiyellerine göre her faktör için ağırlıklar atanmıştır. ArcGIS ortamında tematik katmanların belirlenmiş AHP ağırlıklarıyla üst üste bindirilerek ağırlıklı çakıştırma

(weighted overlay) analizi yapılmış ve havza genelinde AHP ağırlıklandırma haritası oluşturulmuştur. Bu haritada havzanın yeraltı suyunu oluşturabilme potansiyeli çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve çok düşük olduğu bölgeler olarak sınıflandırılmıştır.

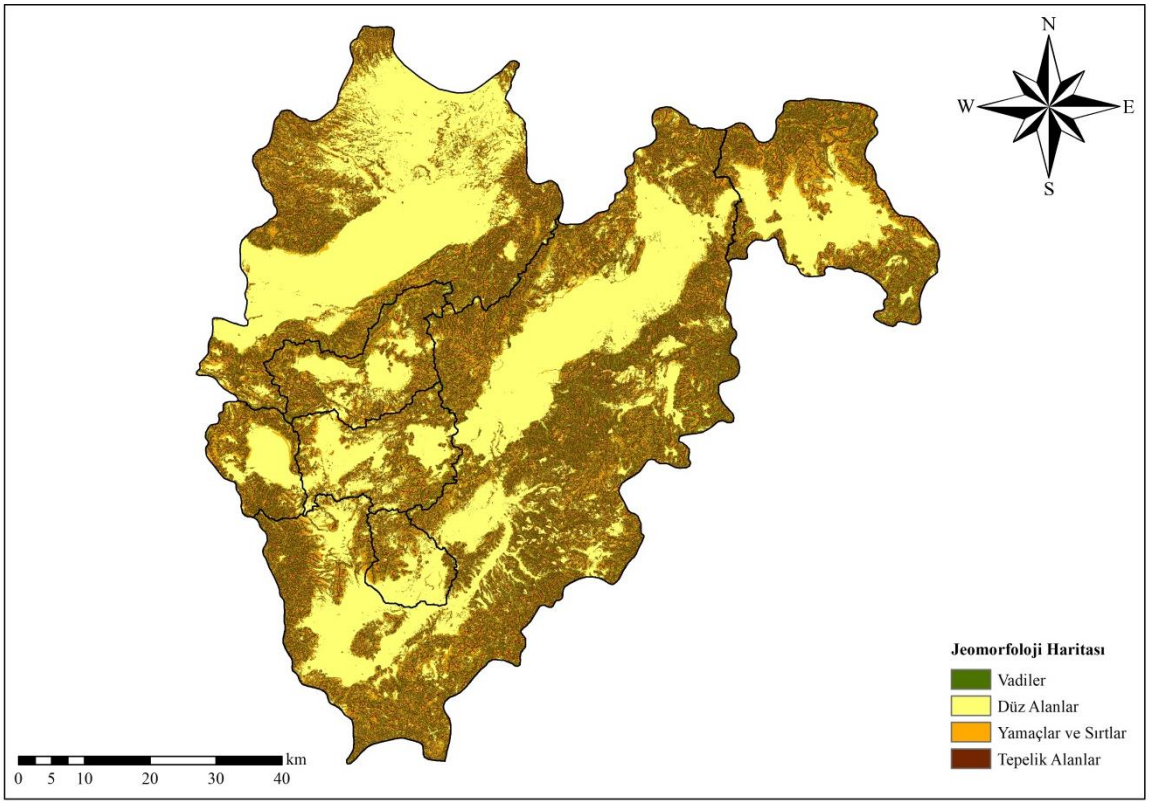
Önceliklendirme işlemi tamamlandıktan sonra her alt havza kendi sınırları dahilinde değerlendirilmiştir. Değerlendirmede alt havzanın sahip olduğu yeraltı suyu potansiyelinin çok yüksek, yüksek ve orta olduğu alanların toplam yüzdesi esas alınmıştır.

5.2.1. Jeomorfoloji

Jeomorfoloji yeraltı suyu beklentilerinin belirlenmesini önemli ölçüde etkileyen özelliklerden biridir. Havzadaki düz alanlar, vadiler, yamaçlar ve sırtlar ile tepelik alanlar yeraltı suyunun beslenebilme ihtimali hakkında bilgi vermektedir. Düz alanlar yeraltı suyu beklentisinin en yüksek olduğu bölgelerken yüksek eğimlere sahip tepelik alanlar yeraltı suyu beklentisinin en düşük olduğu bölgelerdir (Siddaraju ve diğerleri, 2019; Abijith ve diğerleri, 2020).

Çalışma süreci içinde CBS ortamında Burdur Havzası'na ait jeomorfoloji haritasına ulaşılamadığı için ArcGIS 10.1 programına ek olarak Topography Tools modülü eklenmiştir. Bu modül ile Burdur Havzası'nın SYM haritası üzerinde Landform Classification (Jenness) seçeneği kullanılarak yer yüzündeki jeomorfik özellikler Jenness'e göre sınıflandırılmıştır.

Jenness, Topoğrafik Konum İndeksi (TPI) kullanarak bir SYM'deki her hücrenin yüksekliğini, o hücrenin etrafındaki komşu hücrelerinin ortalama yüksekliğiyle karşılaştırmakta ve buna göre sınıflandırma yapmaktadır. Harita 5.9'da görüldüğü üzere çalışma kapsamında elde edilen jeomorfoloji haritasında vadiler, düz alanlar, yamaçlar ve sırtlar ile tepelik alanlar olmak üzere dört sınıf bulunmaktadır. Çizelge 5.13'te verildiği şekilde yeraltı suyu oluşabilme potansiyeline göre ağırlık değerleri sınıflara atanmıştır.



Harita 5.9. Burdur Havzası jeomorfoloji haritası

Çizelge 5.13. Burdur Havzası jeomorfoloji için ağırlıklar

Parametre	Değerler
Düz Alanlar	5
Vadiler	4
Yamaç ve Sırtlar	2
Tepelik Alanlar	1

5.2.2. Fay yoğunluğu

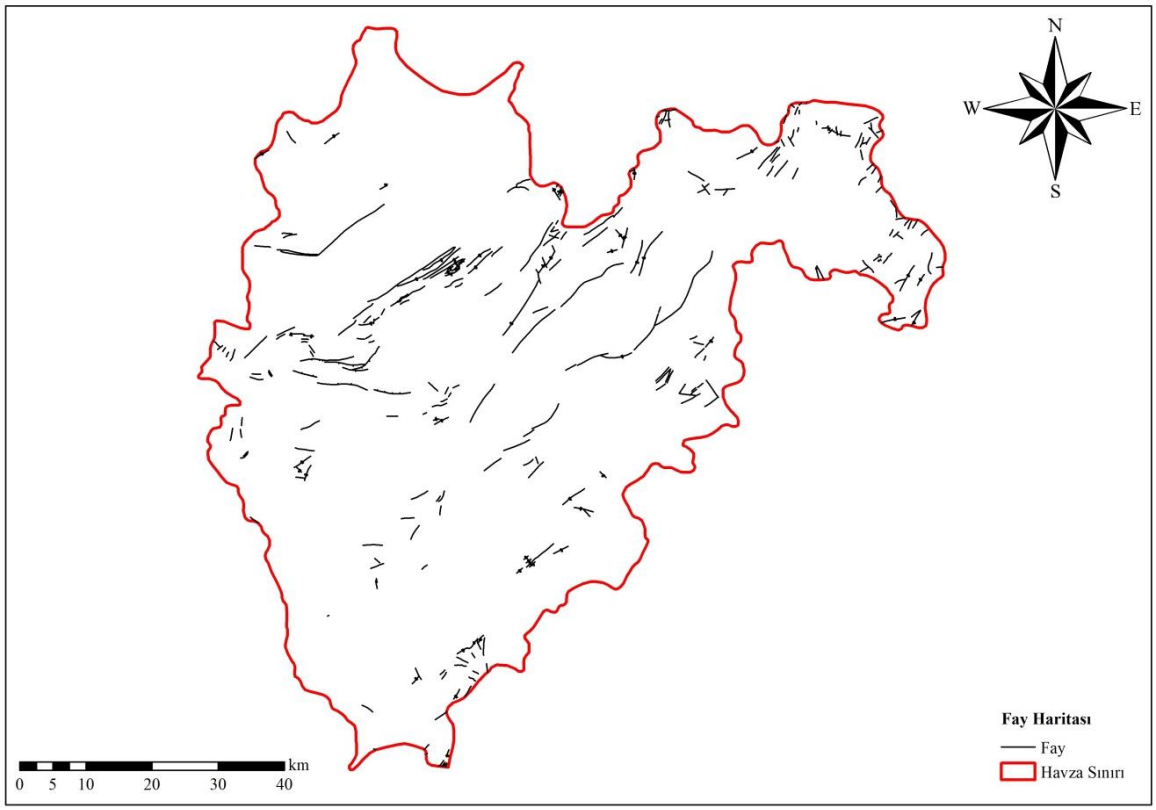
Fay yoğunluğu kırıklı yapının varlığı hakkında bilgi veren yeraltı suyu beklentisine işaret eden önemli faktörlerden biridir. Fay yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerin yüksek infiltrasyon değerlerine ve yüksek yeraltı suyu beklentisine sahip olduğu, fay yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde ise düşük infiltrasyon değerlerine ve düşük yeraltı suyu beklentisine sahip olduğu düşünülmektedir (Nithya ve diğerleri, 2019; Siddaraju ve diğerleri, 2019; Abijith ve diğerleri, 2020).

Çalışma alanının fay yoğunluğu haritasının elde edilebilmesi için Harita 5.10'da verilmiş olan ve Burdur Göller Havzası Yeraltı Suyu Planlama Hidrojeolojik Etüd Raporu çalışmasında yer alan havzaya ait fay haritasından yararlanılmıştır.

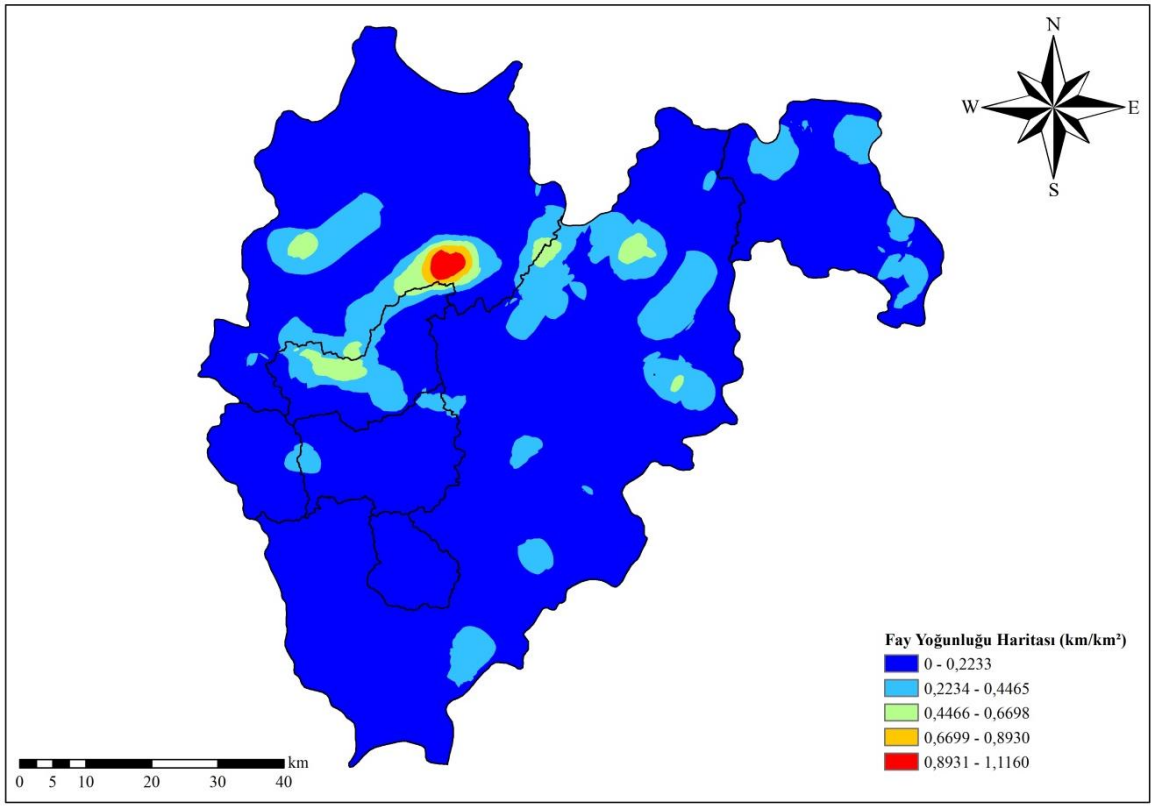
Fay haritası kullanılarak ArcGIS ortamında çizgilerin yoğunluğu analizinden (Line Density – Spatial Tool) faydalanılarak km^2'ye düşen fay yoğunluğu verilerin doğasında bulunanan doğal aralıklarında sınıflandırma (natural break classification) işlemiyle hesaplanmış ve Harita 5.11'de verilen fay yoğunluğu haritası oluşturulmuştur. Fay yoğunluğu haritası oluşturulurken ArcGIS programının 5 sınıf seçimi için oluşturduğu doğal aralıkları esas alınarak Çizelge 5.14'te verilen ağırlık değerleri bu sınıflara atanmıştır.

Çizelge 5.14. Burdur Havzası fay yoğunluğu için ağırlıklar

Parametre	Değerler
0-0,2233 km/km^2	1
0,2234-0,4465 km/km^2	2
0,4466-0,6698 km/km^2	3
0,6699-0,8930 km/km^2	4
0,8931-1,1160 km/km^2	5



Harita 5.10. Burdur Havzası fay haritası (DSİ, 2016)

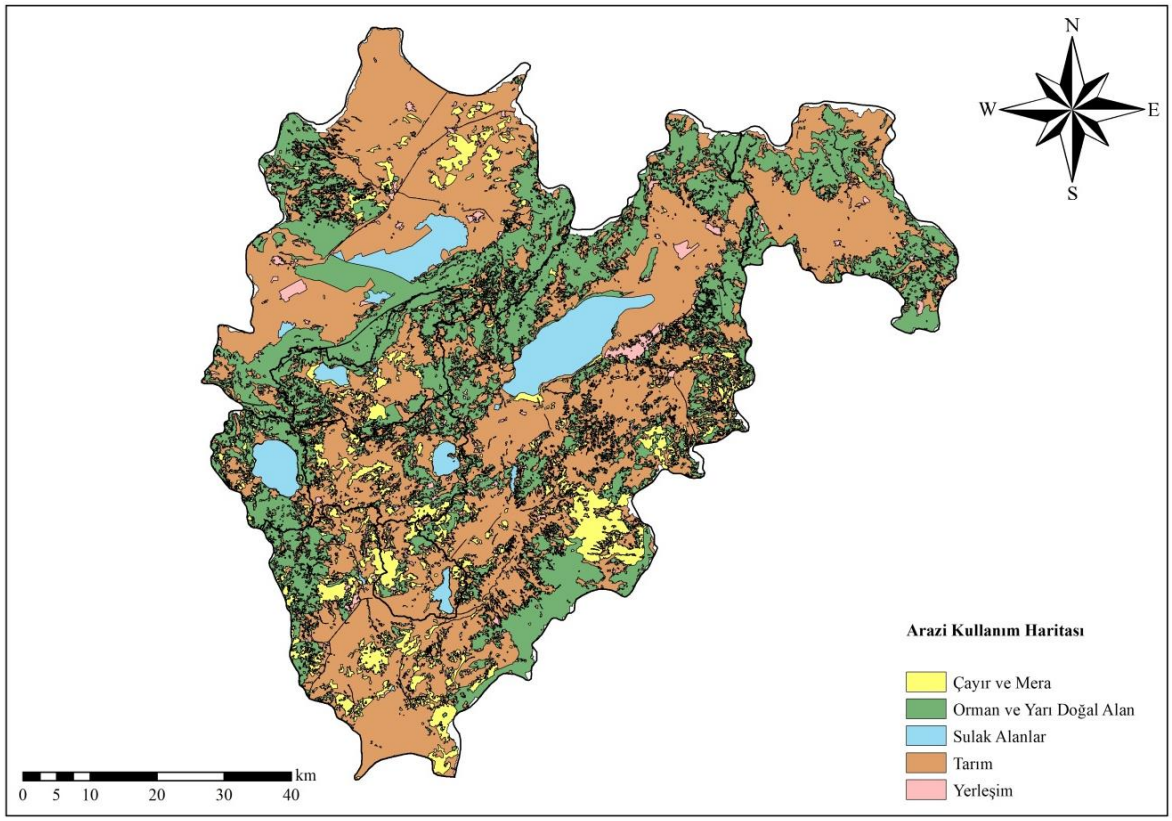


Harita 5.11. Burdur Havzası fay yoğunluğu haritası

5.2.3. Arazi kullanımı

Arazi kullanımı evapotranspirasyon, toprak erozyonu ve suyun akışını etkileyerek yeraltı suyu potansiyeli ve gelişimi üzerinde önemli rol oynamaktadır. Çalışmada havzada arazi kullanımı sulak alanlar, tarımsal alanlar, orman ve yarı doğal alan, yerleşim yerleri ile çayır ve meralar olmak üzere beş ana başlık altında incelenmiştir. Sulak alanlar yeraltı suyunun oluşabilme ihtimalinin yüksek olduğu bölgeleri gösterirken çayır ve meralar en düşük olduğu bölgeleri göstermektedir. Yerleşim yerlerinde ormanlık alanlara göre suyun infiltrasyonu ve bitki örtüsü azaldığından yeraltı suyu potansiyeli de daha zayıf olmaktadır.

Havzaya ait arazi kullanım bilgileri için 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu kapsamında CBS ortamında çalışılmış veriler kullanılmıştır. Havzanın arazi kullanımı yeraltı suyu oluşabilme potansiyeline göre beş sınıfa ayrılmış (Harita 5.12) ve ağırlıkları atanmıştır (Çizelge 5.15).



Harita 5.12. Burdur Havzası arazi kullanımı haritası

Çizelge 5.15. Burdur Havzası arazi kullanımı için ağırlıklar

Parametre	Değerler
Sulak Alan	5
Tarım	4
Orman ve Yarı Doğal Alan	3
Yerleşim	2
Çayır ve Mera	1

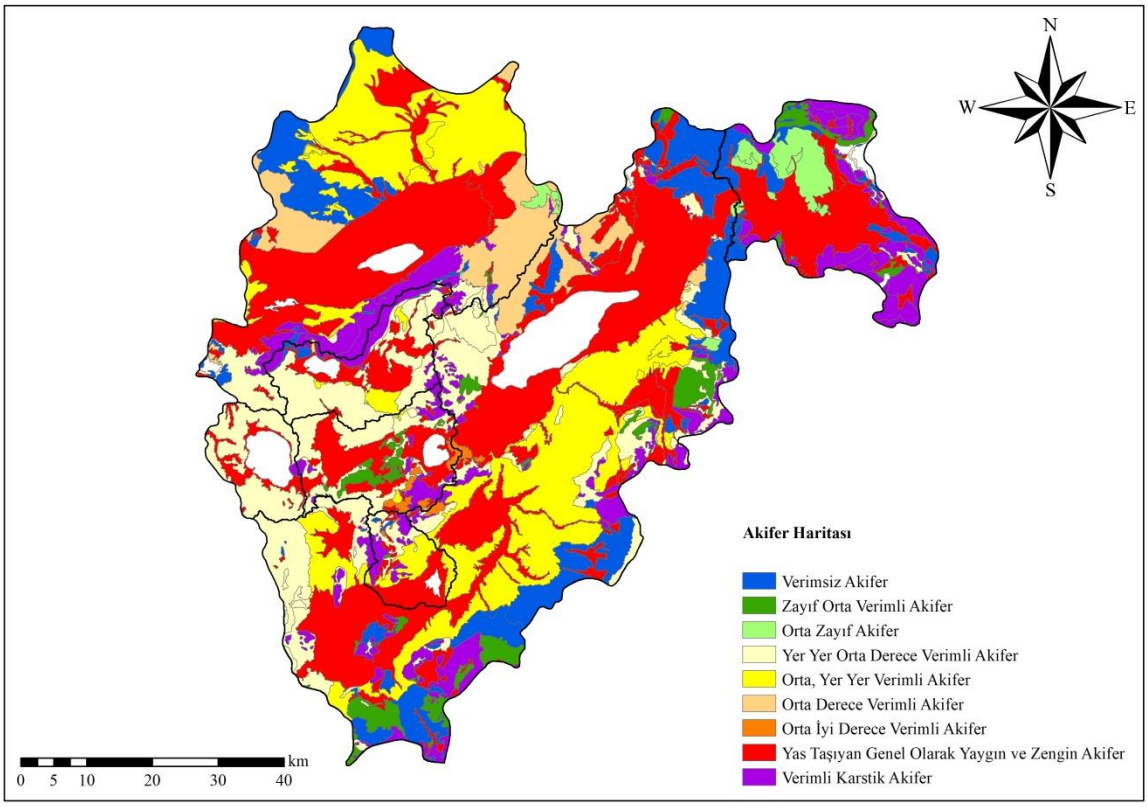
5.2.4. Akifer

Burdur Göller Havzası Yeraltı suyu Planlama (Hidrojeolojik Etüd) Raporu Yapım İşi Nihai Raporu kapsamında havza içinde yer alan litolojik birimler, saha gözlemleri ve DSİ tarafından açılmış olan sondaj kuyu bilgilerinden yararlanılarak, akiferlerin derinlik, yayılım ve kalınlıkları özelliklerine akifer yayılım haritası oluşturulmuştur. Yeraltı suyunun oluşma olasılığı hakkında bilgi veren akifer yayılım haritasında, akiferlerin verimli, yaygın ve zengin olması yeraltı suyu kaynaklarının beslenebildiğine işaret ederken verimsiz veya zayıf olması tam tersine işaret etmektedir (DSİ, 2016).

Çalışma alanının akifer yoğunluğu haritasının elde edilebilmesi için Harita 5.13'te görülen Burdur Göller Havzası Yeraltı Suyu Planlama Hidrojeolojik Etüd Raporu çalışmasında yer alan havza ait akifer haritasından faydalanılmıştır. Havzanın arazi durumu yeraltı suyu oluşabilme potansiyeline göre beş sınıfa ayrılmış ve ağırlıkları atanmıştır (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16. Burdur Havzası akifer durumu için ağırlıklar

Parametre	Değerler
Verimsiz	1
Zayıf Orta Verimli Akifer	2
Orta Zayıf Akifer	
Yer Yer Orta Derece Verimli Akifer	3
Orta Yer Yer Verimli Akifer	
Orta Derece Verimli Akifer	4
Orta İyi Derece Verimli Akifer	
Yas taşıyan Genel Olarak Yaygın ve Zengin Akifer	5
Verimli Karstik Akifer	



Harita 5.13. Burdur Havzası akifer haritası

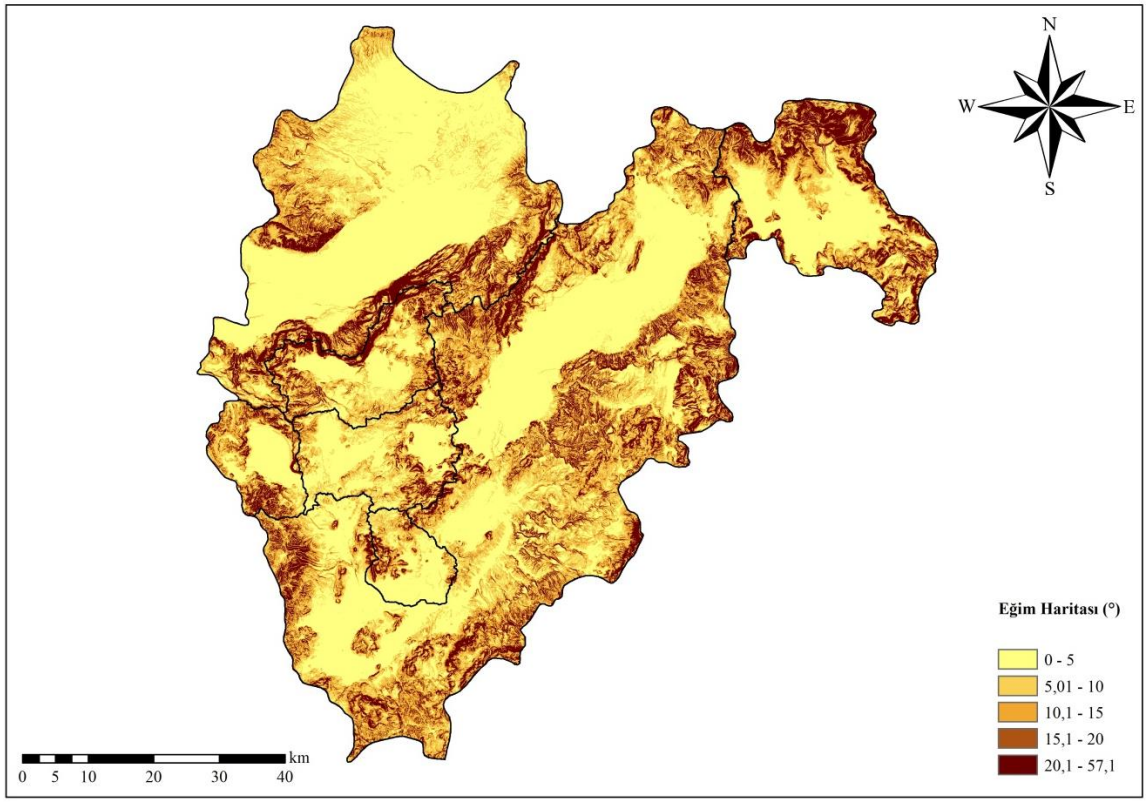
5.2.5. Eğim

Havzanın eğimi yeraltı suyunun potansiyeli hakkında bilgi veren önemli faktörlerden biridir. Eğimin yüksek olduğu araziler suyun infiltrasyonunu zorlaştıracağı için yeraltı suyu beklentilerinin en düşük olduğu bölgeler olmaktadır. Eğimin düşük olduğu arazilerde ise alan daha uzun süre su altında kalacağı için suyun infiltrasyonu kolaylaşacak ve yeraltı suyu beklentisi de artacaktır.

Harita 5.14'te Burdur Havzasına ait düzeltilmiş SYM verisi kullanılarak CBS ortamında oluşturulmuş eğim haritası görülmektedir. Eğim haritası Rajaveni, Brindha ve Elango'nun 2017 yılında yaptığı çalışmadaki eğim sınıflandırması esas alınarak 0°-5° düşük eğim, 5,01°-10° düşük-orta eğim, 10,01°-15° orta eğim, 15,01°-20° orta-yüksek eğim, 20,01°-57,1° yüksek eğim olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Yeraltı suyu oluşabilme potansiyeline göre ağırlık değerleri sınıflara atanmıştır (Çizelge 5.17).

Çizelge 5.17. Burdur Havzası eğim durumu için ağırlıklar

Parametre	Değerler
0°-5°	5
5,01°-10°	4
10,01°-15°	3
15,01°-20°	2
20,01°-57,1°	1



Harita 5.14. Burdur Havzası eğim haritası

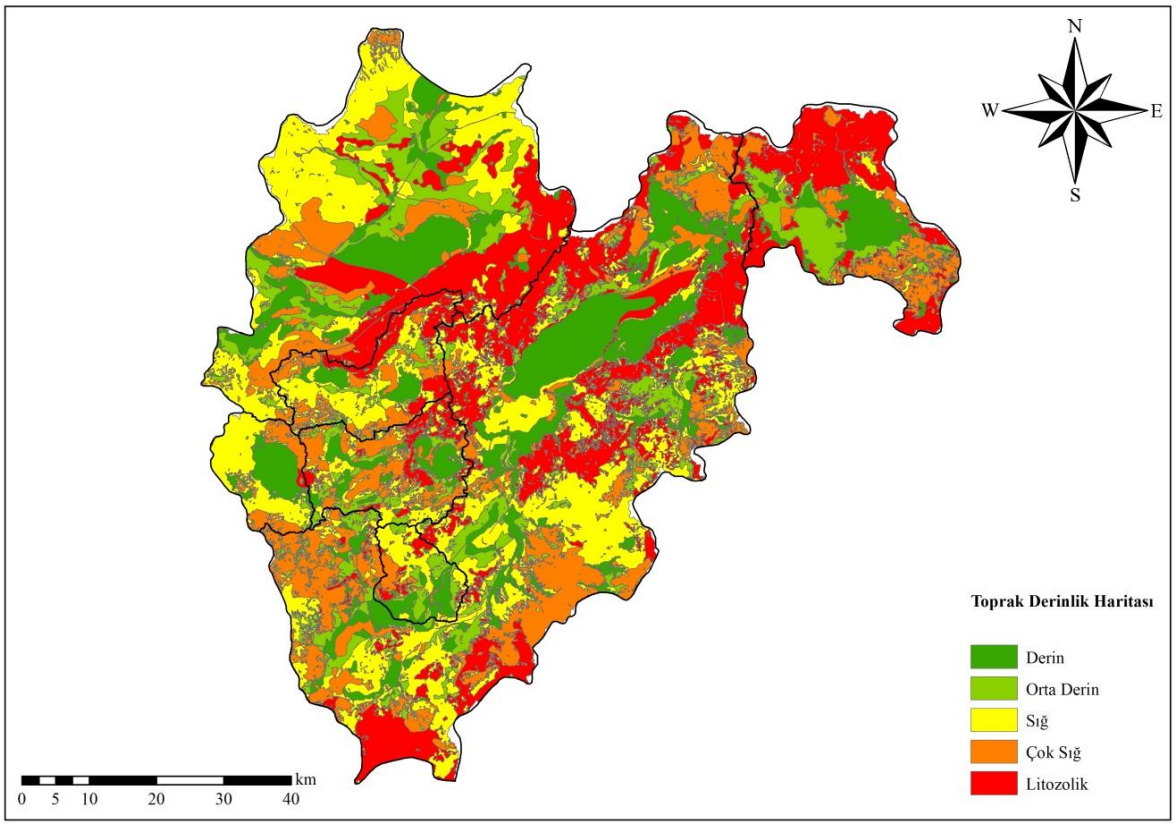
5.2.6. Toprak

Toprak derinliği yeraltı suyunun oluşma olasılığı hakkında bilgi veren bir diğer faktördür. Burdur Göller Havzası Yeraltı Suyu Planlama Hidrojeolojik Etüd Raporu'nda yer alan Burdur Havzası'na ait toprak eğim sınıfları (A, B, C, D, E, F) ve toprak özellikleri kombinasyonu değerleri yardımıyla toprak derinlik haritası derin, orta derin, sığ, çok sığ ve litozolik olarak beş sınıfta değerlendirilmek üzere CBS ortamında oluşturulmuş olup Harita 5.15'te görülmektedir. Derin sınıfındaki topraklar yeraltı suyu beklentilerinin en

yüksek olduğu bölgelerdir. Toprak derinlik haritasında yeraltı suyu oluşabilme potansiyeline göre derinlik sınıflarına Çizelge 5.18'de görülen ağırlıklar atanmıştır.

Çizelge 5.18. Burdur Havzası toprak derinliği için ağırlıklar

Parametre	Değerler
Derin	5
Orta Derin	4
Sığ	3
Çok Sığ	2
Litozolik	1



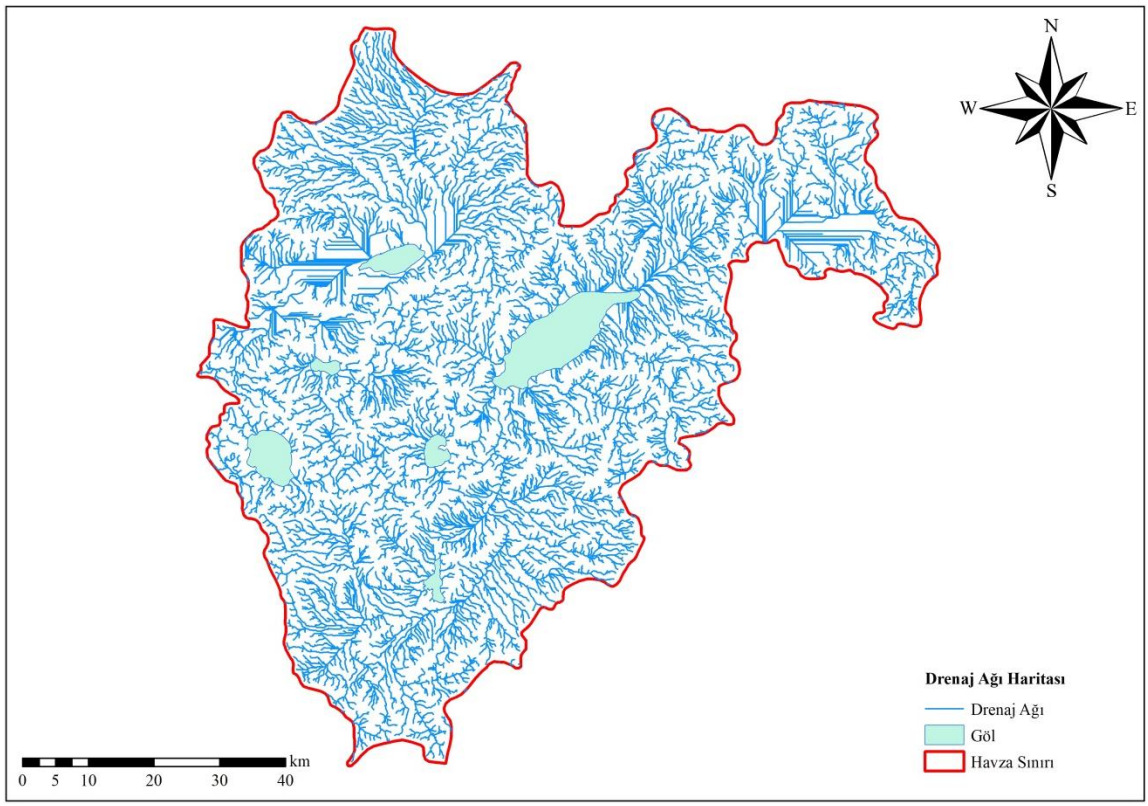
Harita 5.15. Burdur Havzası toprak derinlik haritası

5.2.7. Drenaj yoğunluğu

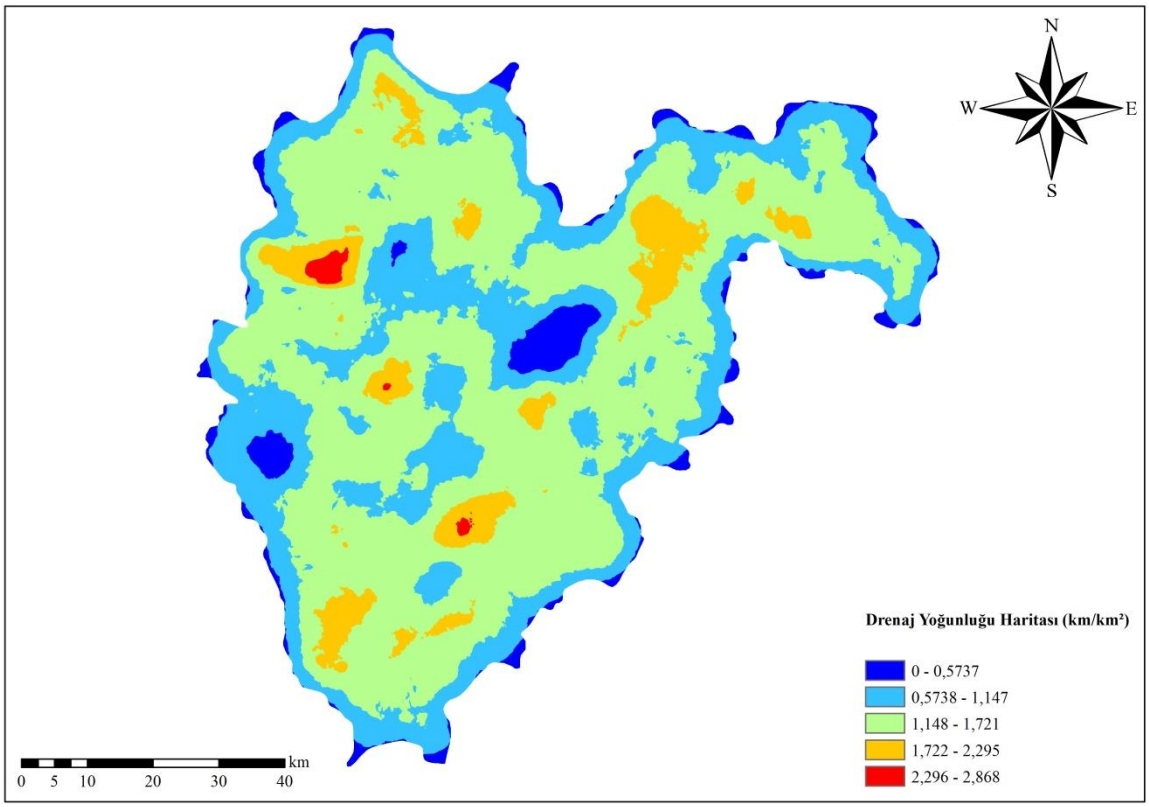
Drenaj haritası su kütleleri, nehirler, akarsu kolları, çok yıllık ve kısa ömürlü akarsular ile göletlerden oluşmaktadır (Siddaraju ve diğerleri, 2019). CBS ortamında oluşturulan drenaj ağı haritası yine CBS ortamında drenaj yoğunluğu haritasına dönüştürülür. Yüksek drenaj yoğunluğu ince drenaj dokusunu, düşük drenaj yoğunluğu ise kaba drenaj dokusunu işaret

eder. Yüksek drenaj yoğunluğu, zayıf veya geçirimsiz yüzey altı malzemesinin, seyrek bitki örtüsünün ve dağlık rölyefin sonucudur (Siddaraju ve diğerleri, 2019). Dolayısıyla düşük drenaj yoğunluğunun olduğu bölgelerde yeraltı suyu potansiyeli veya yeniden şarj olma olasılığı daha yüksek olmaktadır.

Burdur Havzası'na ait düzeltilmiş SYM verisi kullanılarak CBS ortamında Harita 5.16'da görülen drenaj ağı haritası oluşturulmuştur. Harita 5.17'de drenaj ağının haritalanmasıyla CBS aracılığıyla km^2'ye düşen drenaj yoğunluğu haritası ArcGIS programının 5 sınıf seçimi için oluşturduğu doğal aralıklar esas alınarak yeraltı suyu oluşabilme potansiyeline göre ağırlık değerleri Çizelge 5.19'da gösterildiği gibi sınıflara atanmıştır.



Harita 5.16. Burdur Havzası drenaj ağı haritası



Harita 5.17. Burdur Havzası drenaj yoğunluğu haritası

Çizelge 5.19. Burdur Havzası drenaj yoğunluğu için ağırlıklar

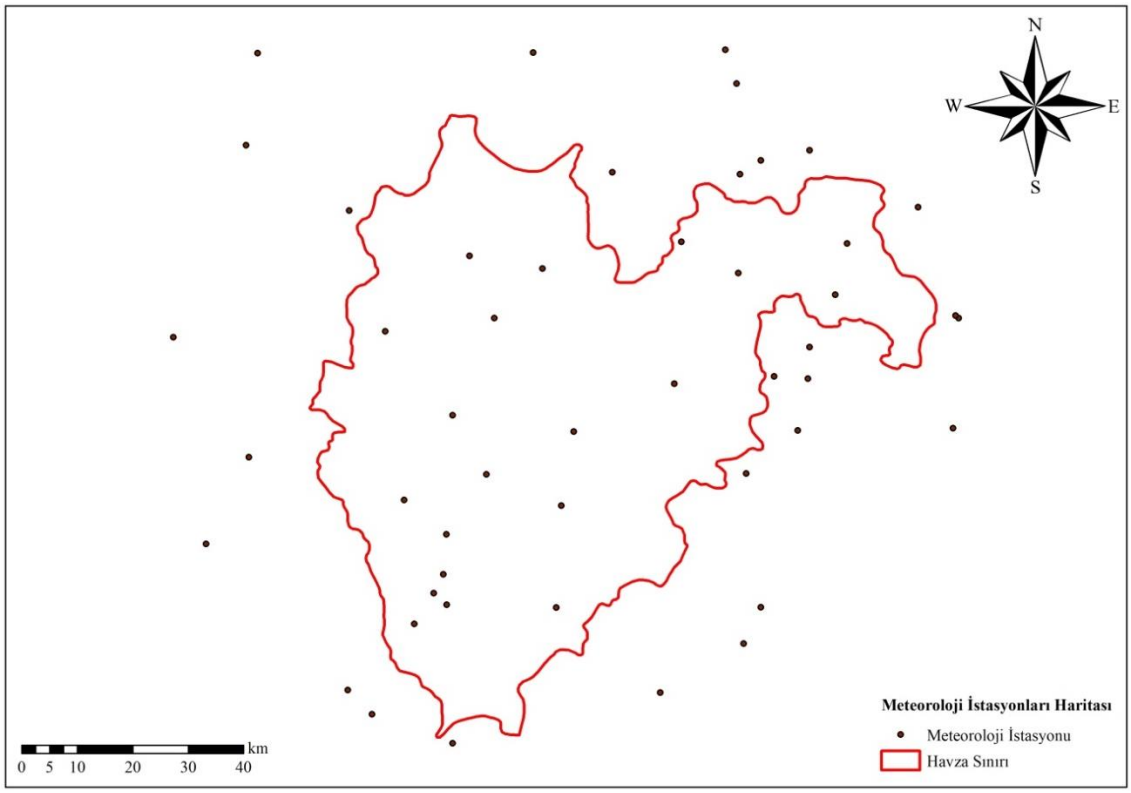
Parametre	Değerler
0-0,5737 km/km^2	5
0,5738-1,147 km/km^2	4
1,148-1,721 km/km^2	3
1,722-2,295 km/km^2	2
2,296-2,868 km/km^2	1

5.2.8. Yağış

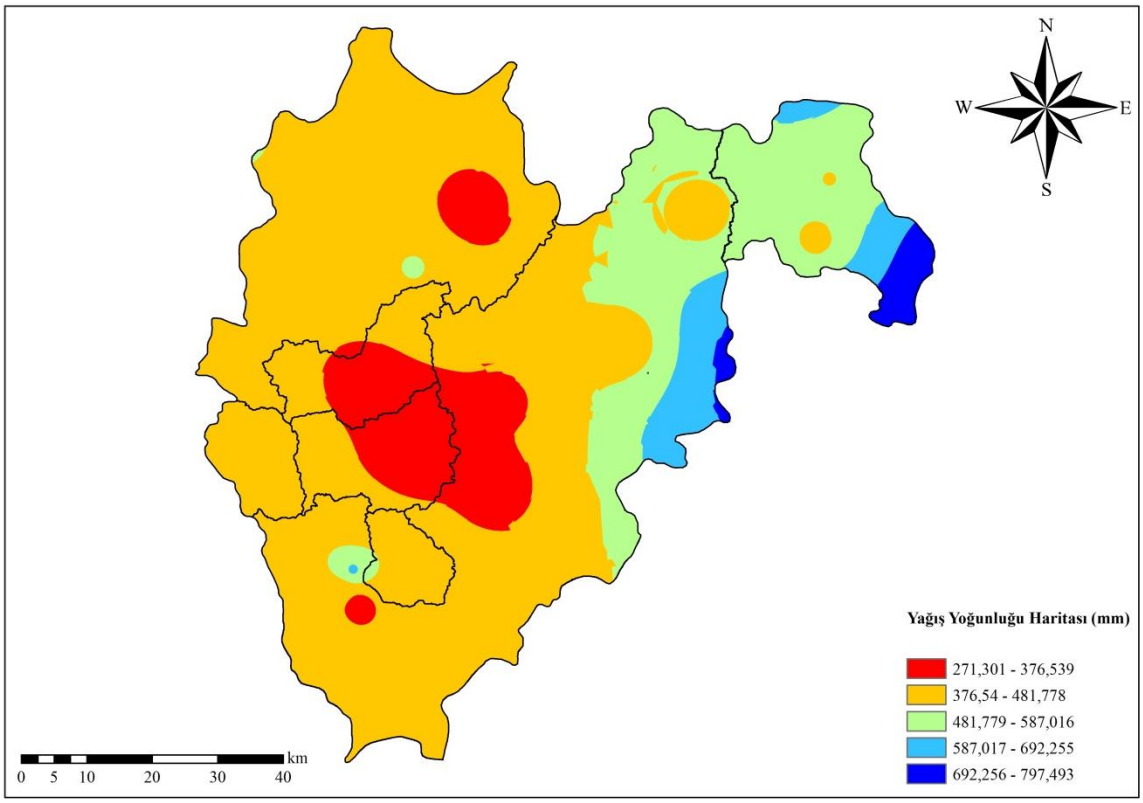
Yağış, yeraltı suyu şarjını etkileyen ana faktörlerden biridir. Arazinin kırıklı yapısı ve toprak özellikleri yağışla beraber değerlendirildiğinde anlam kazanmaktadır. 2016 yılında tamamlanan Burdur Göller Havzası Yeraltı suyu Planlama (Hidrojeolojik Etüd) Raporu Yapım İşi Nihai Raporu kapsamında kullanılan yağış verileri CBS ile Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighting - IDW) kullanılarak bilinen noktalardaki yağış değerleri yardımıyla bilinmeyen hücrelerdeki değerleri aralarındaki mesafedeki artışa bağlı olarak tahmin edilmiş ve yağış haritası oluşturulmuştur. Burdur Havzası ve çevresindeki Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) ve DSİ'ye bağlı, gözlem süreleri

7 ile 86 yıl aralığında değişen, toplam 48 adet meteorolojik gözlem istasyonunda kayıt altına alınmış ortalama yıllık yağış verileri kullanılmıştır. Ortalama yıllık yağış verilerine göre en düşük değer Sazak İstasyonu'nda 271,3 mm, en yüksek değer Eğirdir Regülatörü İstasyonu'nda 824,8 mm'dir.

Harita 5.18'de Burdur Göller Havzası Yeraltı Suyu Planlama Hidrojeolojik Etüd Raporu'nda yer alan Burdur Havzası'na ait meteoroloji istasyonları görülmektedir. Harita 5.19'de görüldüğü üzere ortalama yağış verileri ve IDW yöntemi kullanılarak yağış yoğunluğu haritası elde edilmiştir. Yağış yoğunluğu haritası ArcGIS programının 5 sınıf seçimi için oluşturduğu verilerin doğasında bulunanan doğal aralıklarında sınıflandırma (natural break classification) işlemi esas alınarak yeraltı suyu oluşabilme potansiyeline göre Çizelge 5.20'de gösterilen ağırlık değerleri sınıflara atanmıştır.



Harita 5.18. Burdur Havzası meteoroloji istasyonları haritası



Harita 5.19. Burdur Havzası yağış yoğunluğu haritası

Çizelge 5.20. Burdur Havzası yağış yoğunluğu için ağırlıklar

Parametre	Değerler
271,301-376,539 mm	1
376,54-481,778 mm	2
481,779-587,016 mm	3
587,017-692,255 mm	4
692,256-797,493 mm	5

Böylece AHP yöntemi için seçilen tüm kriterlere ait yeraltı suyu oluşabilme potansiyeline göre atanan ağırlıklarla tematik haritalar oluşturulmuş ve AHP'ye göre parametrelerin/kriterlerin ağırlıklandırılması aşamasına geçilmiştir. Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi tablosunda ilk satır ve ilk sütunda, parametreler harflendirilerek, aynı sıralamada olacak şekilde yerleştirilmiş ve her bir kriterin birbirine olan üstünlüğüne/önem derecesine göre 1'den 4'e kadar numaralandırılmıştır. Her bir kriter kendisiyle karşılaştırıldığında 1 değerini almaktadır. 1 değerleri matrisin köşegenini oluşturmaktadır. Köşegenin üst kısmına karşılık değerleri alt kısmına ise karşılık değerlerinin tersi (1/karşılık değeri) değer yazılarak Çizelge 5.21'deki gibi Karşılaştırmalı Üstünlük Matrisi

tablosu oluşturulmuştur. Sonrasında Çizelge 5.22'deki gibi her bir kritere ait sütundaki değerlerin toplamları hesaplanmış ve matrisin hücrelerindeki değerler bağlı olduğu sütunun toplam değerine bölünmüştür. Her bir satır için bulunan değerlerin ortalaması alınarak kriterlerin toplam ağırlıkları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.21. Burdur Havzası AHP karşılaştırmalı üstünlük matris tablosu

Parametreler	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Jeomorfoloji (a)	1,00	2,00	2,00	4,00	3,00	3,00	2,00	3,00
Fay Yoğunluğu (b)	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	4,00
Arazi Kullanımı (c)	0,50	0,50	1,00	3,00	4,00	4,00	3,00	3,00
Akifer (d)	0,25	0,50	0,33	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00
Eğim (e)	0,33	0,33	0,25	0,50	1,00	3,00	4,00	2,00
Toprak (f)	0,33	0,50	0,25	0,33	0,33	1,00	2,00	2,00
Drenaj Yoğunluğu (g)	0,50	0,33	0,33	0,50	0,25	0,50	1,00	3,00
Yağış (h)	0,33	0,25	0,33	0,33	0,50	0,50	0,33	1,00

Çizelge 5.22. Burdur Havzası AHP normalize matris tablosu ve kriter ağırlıklarının hesaplanması

Parametreler	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	w
Jeomorfoloji (a)	0,27	0,37	0,31	0,34	0,21	0,18	0,12	0,14	0,24
Fay Yoğunluğu (b)	0,13	0,18	0,31	0,17	0,21	0,12	0,17	0,19	0,19
Arazi Kullanımı (c)	0,13	0,09	0,15	0,26	0,28	0,24	0,17	0,14	0,18
Akifer (d)	0,07	0,09	0,05	0,09	0,14	0,18	0,12	0,14	0,11
Eğim (e)	0,09	0,06	0,04	0,04	0,07	0,18	0,23	0,10	0,10
Toprak (f)	0,09	0,09	0,04	0,03	0,02	0,06	0,12	0,10	0,07
Drenaj Yoğunluğu (g)	0,13	0,06	0,05	0,04	0,02	0,03	0,06	0,14	0,07
Yağış (h)	0,09	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,05	0,04

Çizelge 5.23'te görüldüğü üzere sütun toplamı (t) ağırlığa (w) oranlanmış ve bulunan değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu değer temel matris özdeğerini (λ_{max}) vermektedir. λ_{max} değeri 8,89 olarak hesaplanmıştır. AHP analizinde kullanılan toplam kriter sayısı (n) 8'dir. Eş. 4.9'dan faydalanılarak CI değeri Çizelge 5.24'teki gibi 0,13 olarak bulunmuştur. Çizelge 4.2'den 8 kritere denk gelen RI değeri 1,41 olarak alınmış ve CR değeri 0,09 olarak hesaplanmıştır. CR değeri 0,10'dan küçük olduğu için belirlenen ağırlıkların kriterlere atanması uygun bulunmuştur.

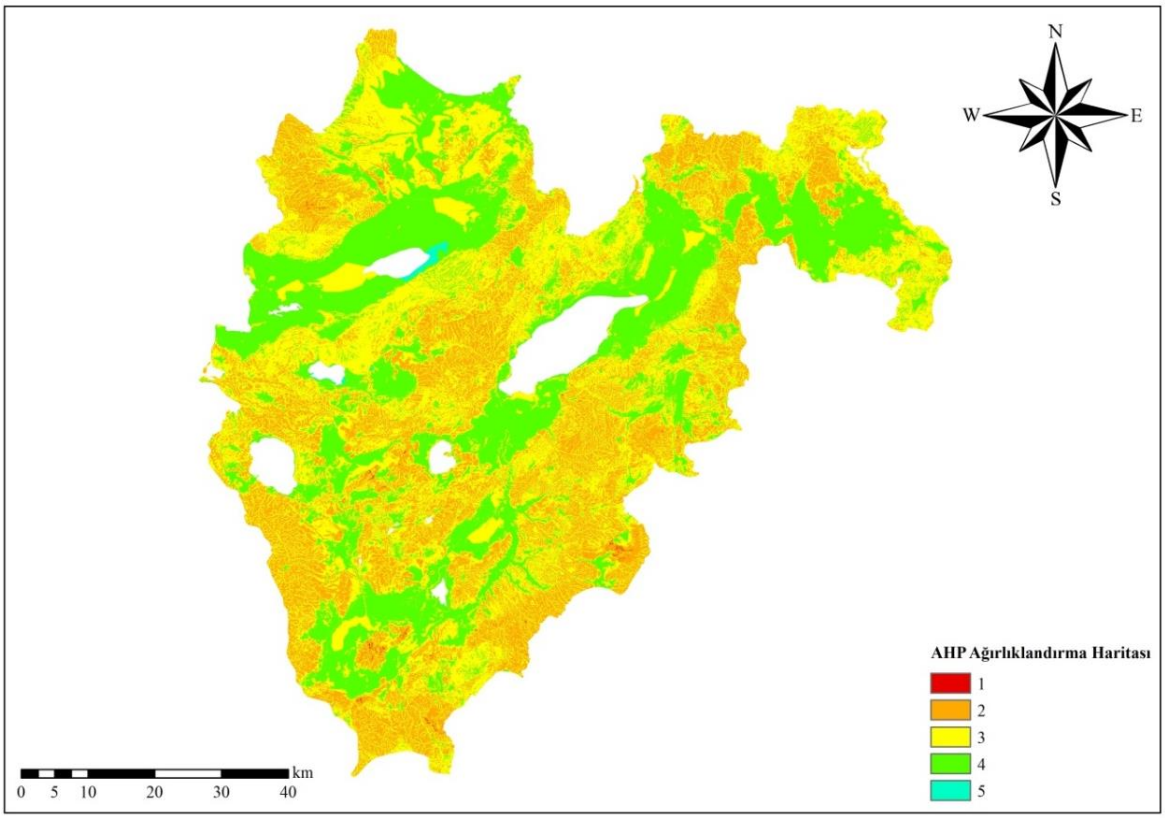
Çizelge 5.23. Burdur Havzası AHP ağırlıklandırılmış normalize matris tablosu

Parametreler	a	b	c	d	e	f	g	h
Jeomorfoloji (a)	0,24	0,37	0,37	0,44	0,30	0,20	0,13	0,13
Fay Yoğunluğu (b)	0,12	0,19	0,37	0,22	0,30	0,14	0,20	0,17
Arazi Kullanımı (c)	0,12	0,09	0,18	0,33	0,40	0,27	0,20	0,13
Akifer (d)	0,06	0,09	0,06	0,11	0,20	0,20	0,13	0,13
Eğim (e)	0,08	0,06	0,05	0,05	0,10	0,20	0,27	0,09
Toprak (f)	0,08	0,09	0,05	0,04	0,03	0,07	0,13	0,09
Drenaj Yoğunluğu (g)	0,12	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03	0,07	0,13
Yağış (h)	0,08	0,05	0,06	0,04	0,05	0,03	0,02	0,04

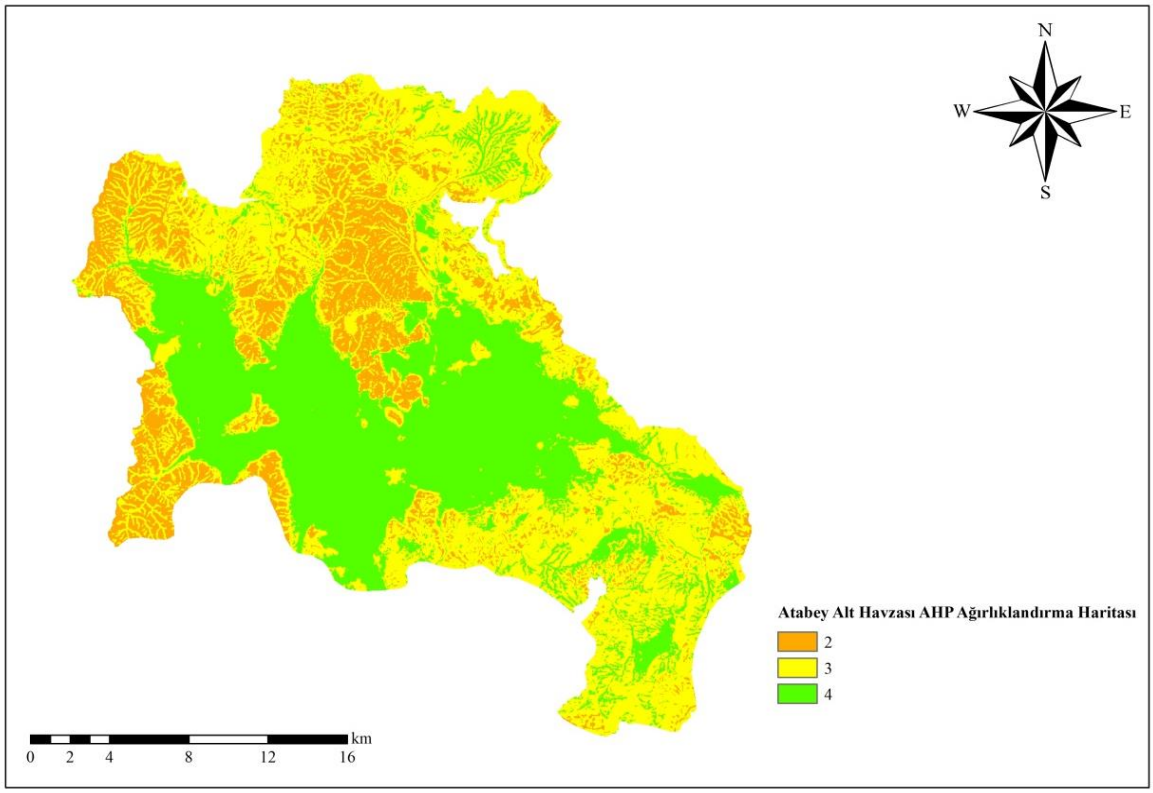
Çizelge 5.24. Burdur Havzası AHP ağırlık kontrol tablosu

Parametreler	t	w	(t/w)	λ_{max}	CI	RI	CR
Jeomorfoloji (a)	2,19	0,24	9,05	8,89	0,13	1,41	0,09
Fay Yoğunluğu (b)	1,71	0,19	9,15				
Arazi Kullanımı (c)	1,73	0,18	9,40				
Akifer (d)	0,99	0,11	9,10				
Eğim (e)	0,90	0,10	8,96				
Toprak (f)	0,58	0,07	8,54				
Drenaj Yoğunluğu (g)	0,55	0,07	8,27				
Yağış (h)	0,37	0,04	8,65				

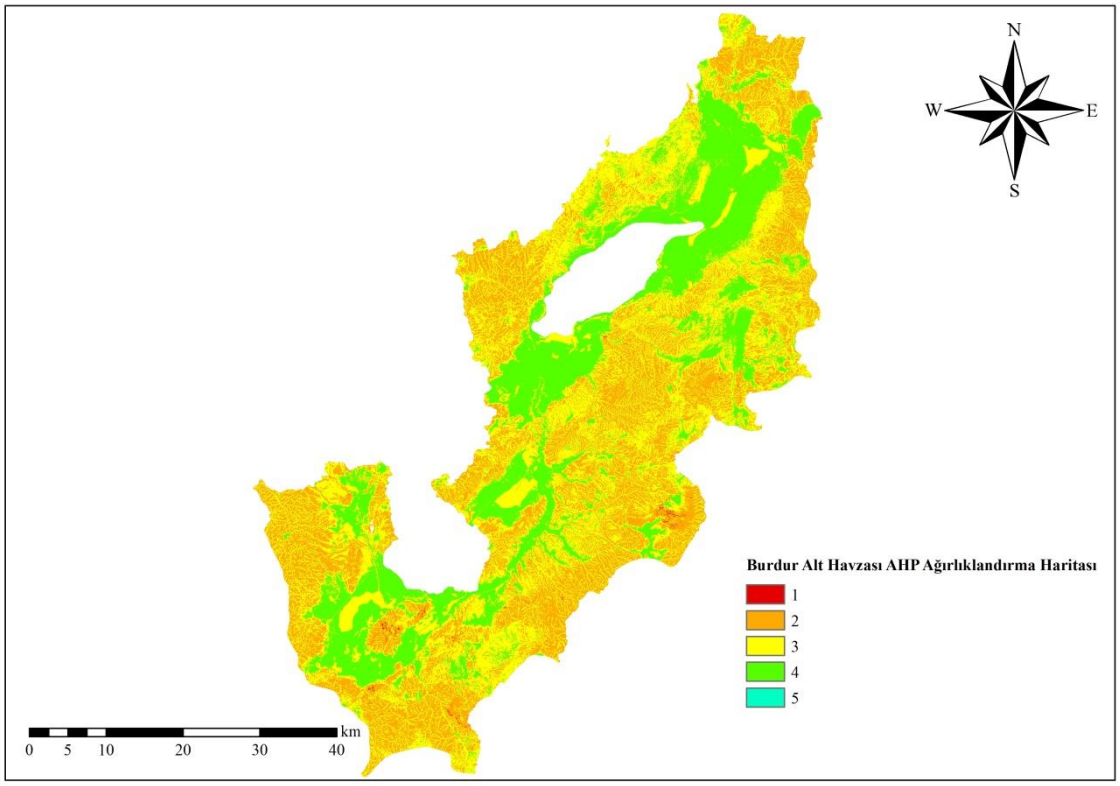
AHP ağırlıklarının kriterlere atanması ve ağırlıklı çakıştırma işleminin yapılmasının ardından Harita 5.20'deki gibi Burdur Havzasına ait AHP ağırlıklandırma haritası oluşturulmuştur. Daha sonra her bir alt havza kendi sınırları içinde Harita 5.21- Harita 5.27'de gösterildiği üzere sınıflandırılmıştır.



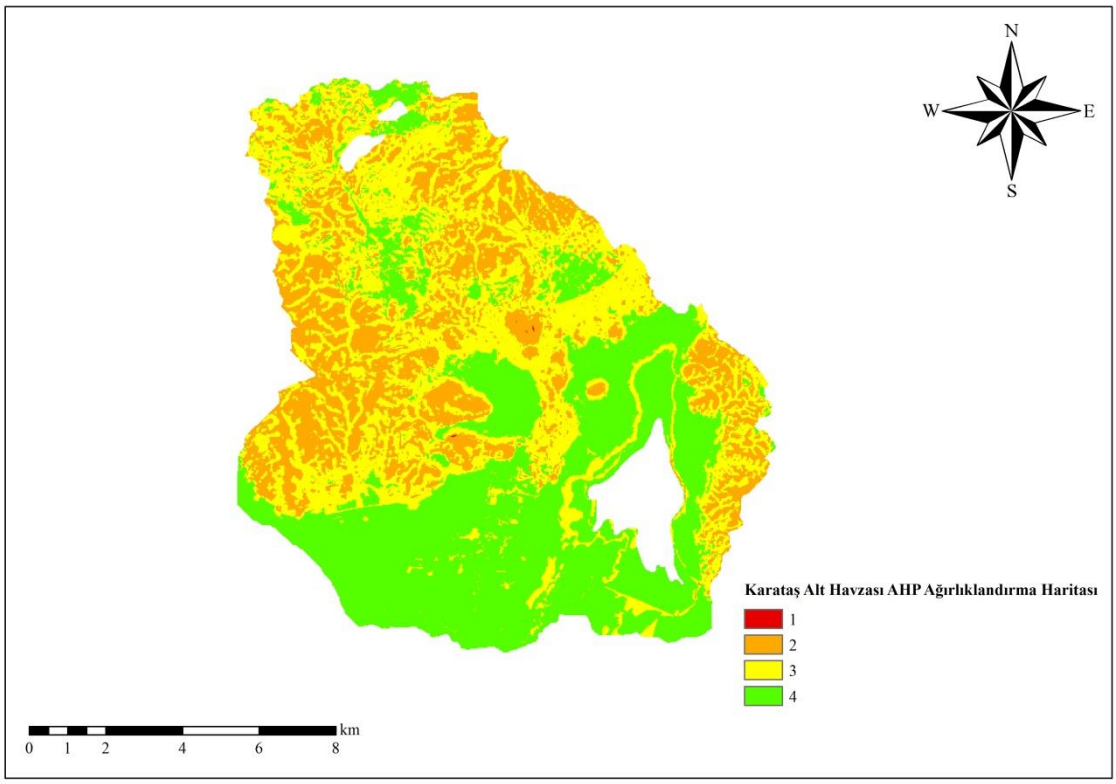
Harita 5.20. Burdur Havzası AHP ağırlıklandırma haritası



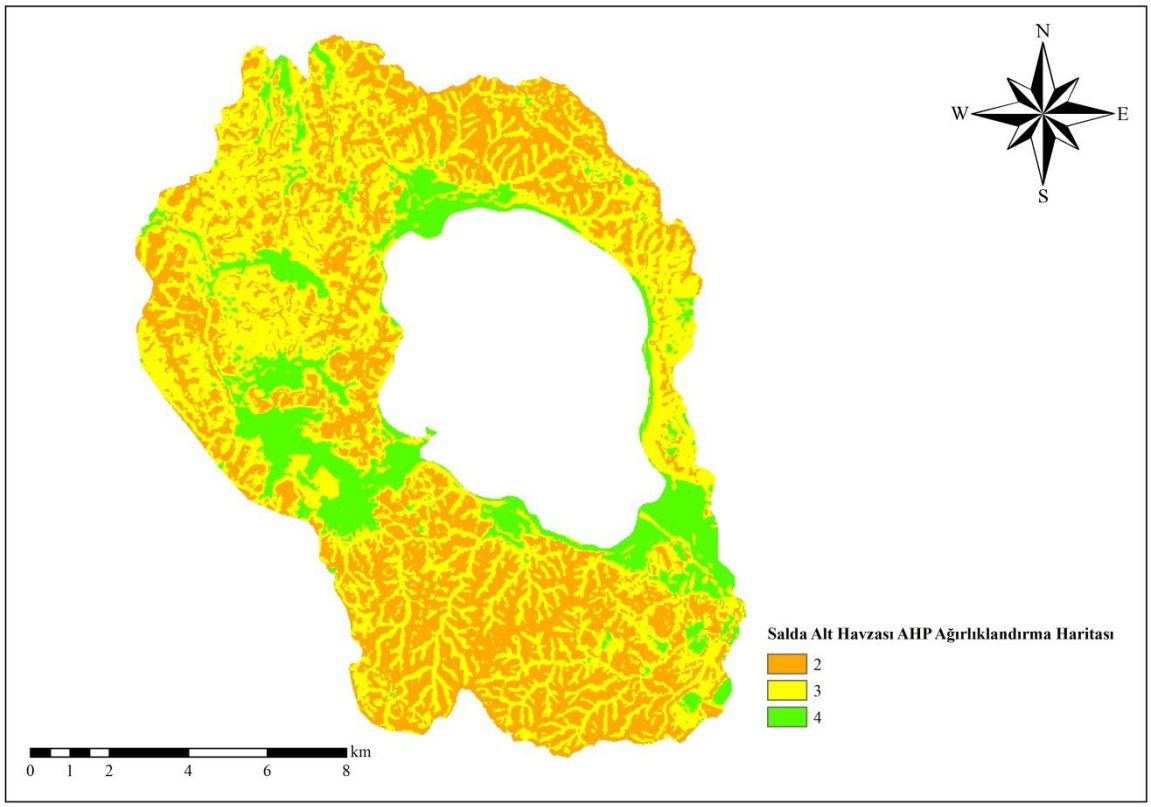
Harita 5.21. Atabey Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası



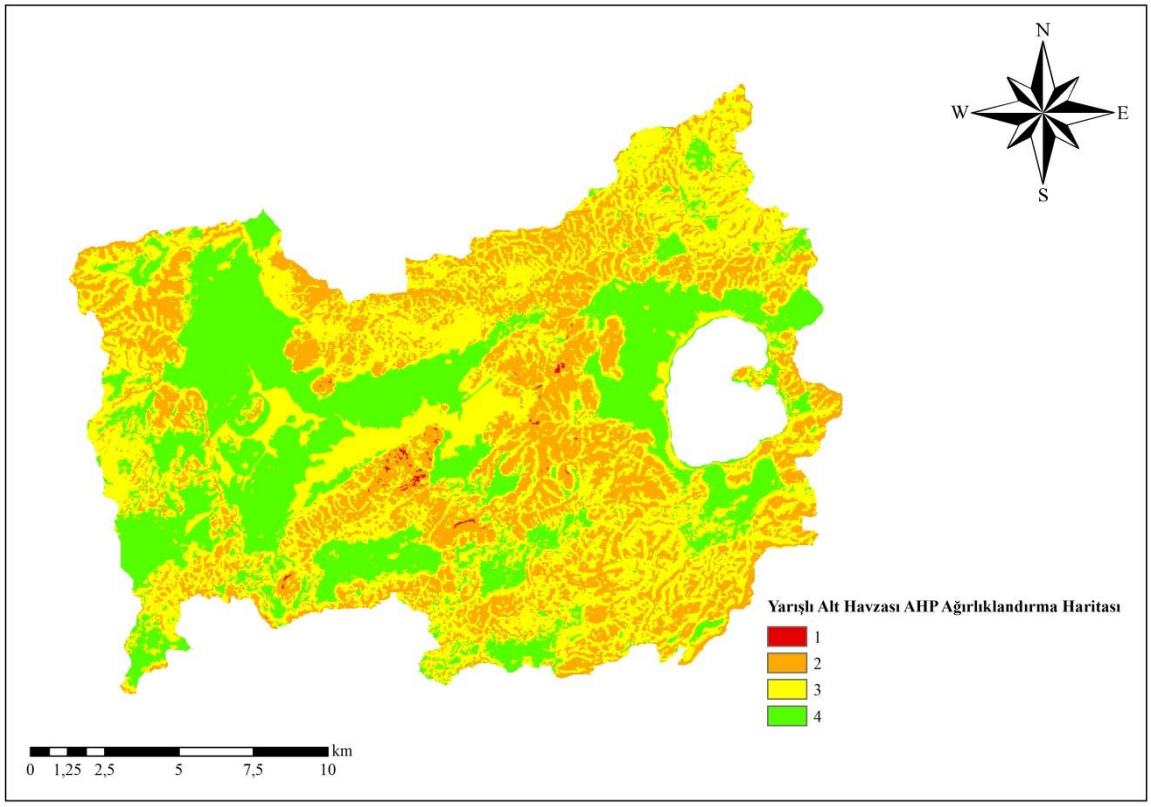
Harita 5.22. Burdur Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası



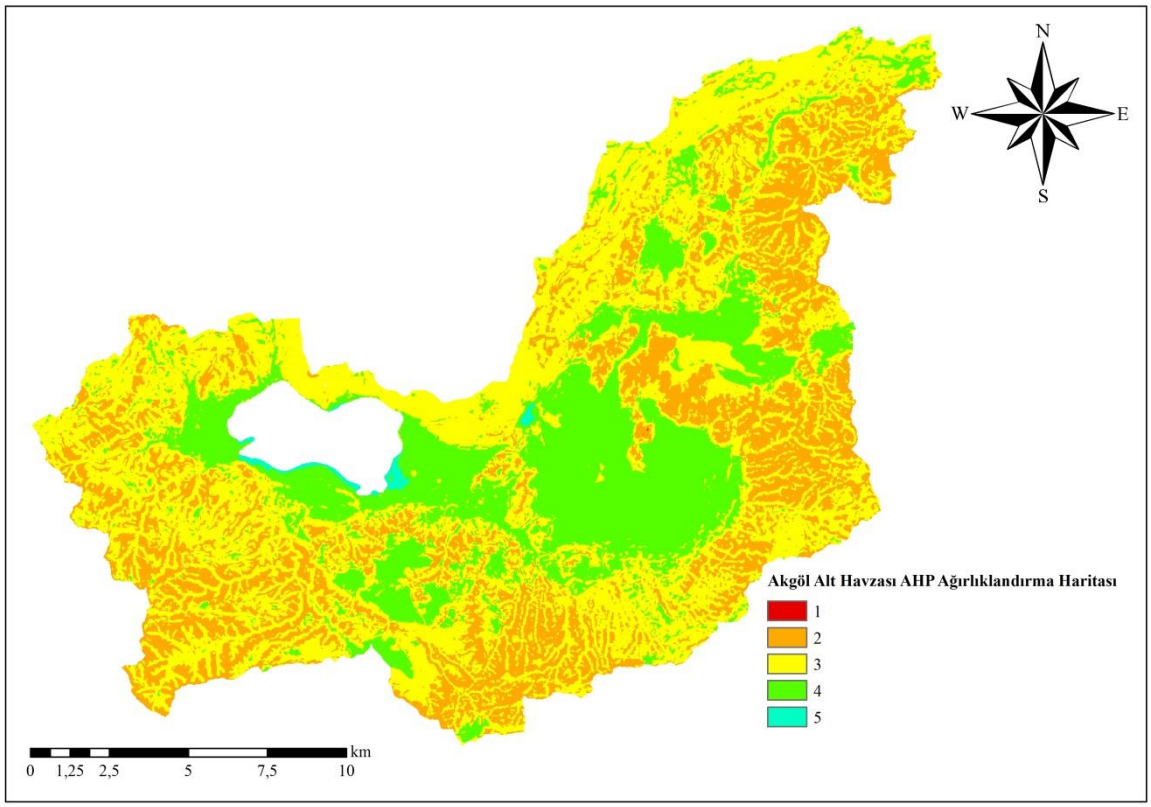
Harita 5.23. Karataş Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası



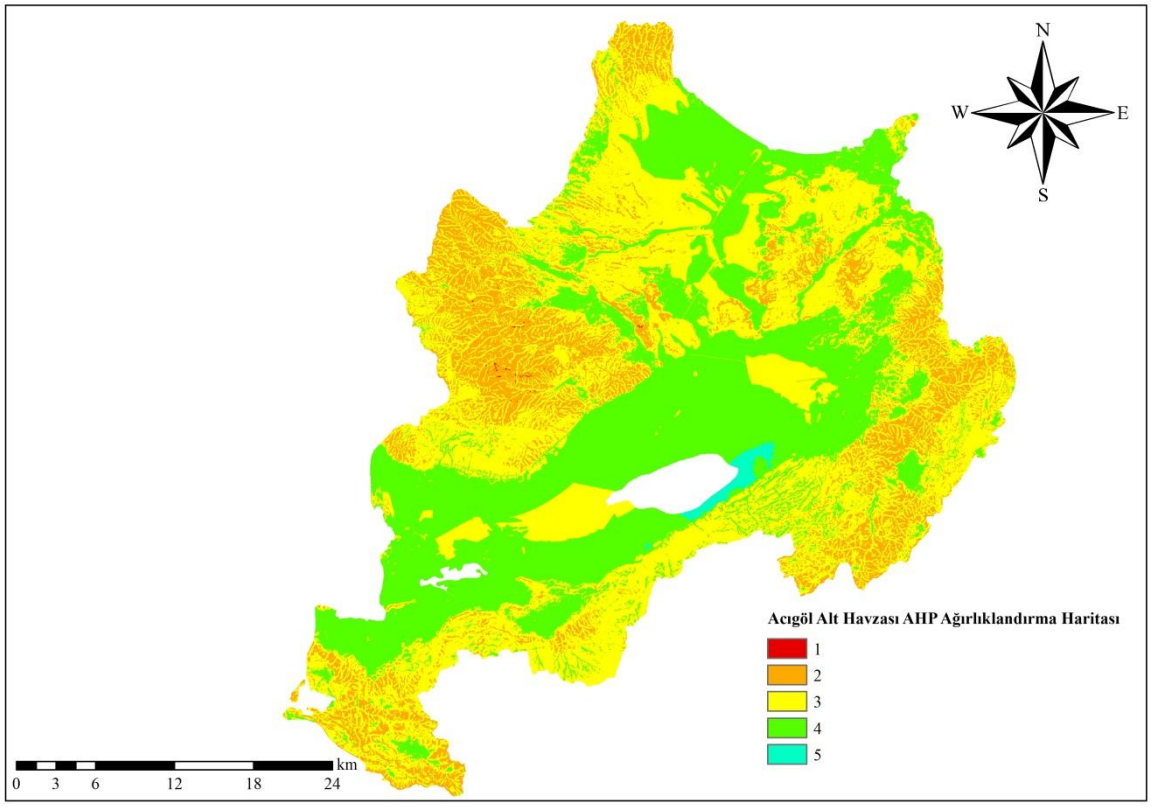
Harita 5.24. Salda Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası



Harita 5.25. Yarışlı Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası



Harita 5.26. Akgöl Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası



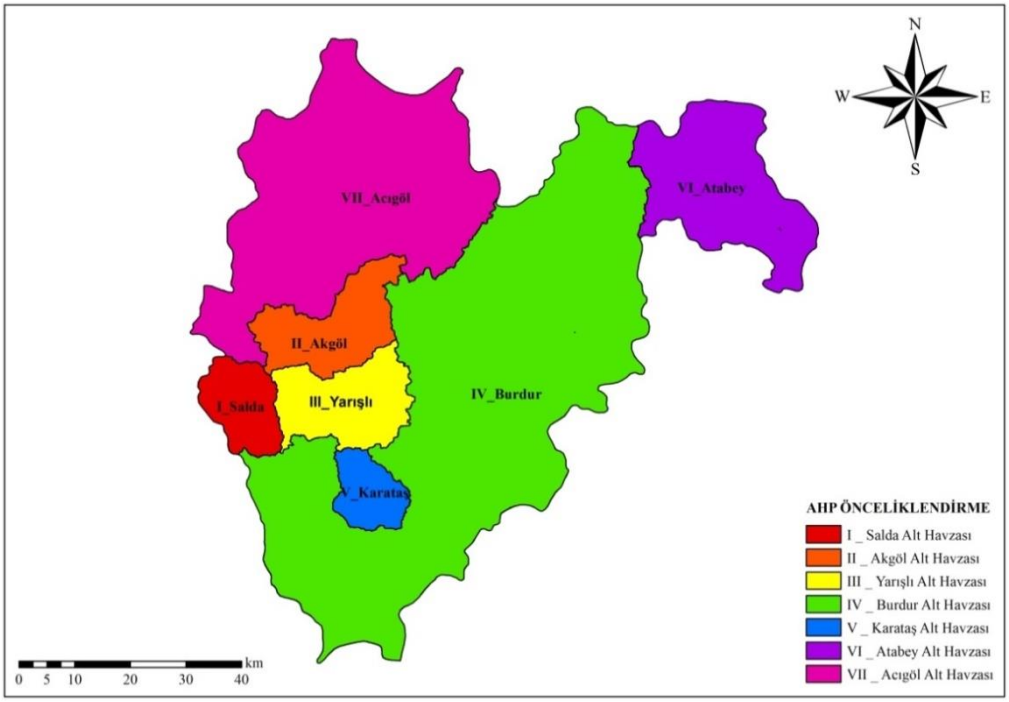
Harita 5.27. Acıgöl Alt Havzası AHP ağırlıklandırma haritası

Her bir alt havzanın yeraltı suyu potansiyelinin çok yüksek, yüksek ve orta derecede olduğu alanların toplamının alt havzaların alanlarına oranlanmasıyla elde edilen yüzdelik değerler Çizelge 5.25'teki gösterilmiştir. AHP sonucunda yeraltı suyu beklentisinin en yüksek olduğu alt havza Acıgöl Alt Havzası, en düşük olduğu alt havza ise Salda Alt Havzası olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.25. Burdur Havzası alt havzalarının AHP yardımıyla önceliklendirilmesi

Alt Havzalar	AHP (%)	Önceliklendirme
Atabey	0,822	6
Burdur	0,674	4
Karataş	0,748	5
Salda	0,551	1
Yarışlı	0,696	3
Akgöl	0,692	2
Acıgöl	0,837	7

En yüksek yüzde değeri havza içinde en yüksek yeraltı suyu potansiyeline sahip alt havzayı işaret ederken en düşük yüzde değeri havza içinde en düşük yeraltı suyu potansiyeline sahip alt havzaya işaret etmektedir. Oluşturulan önceliklendirme haritası Harita 5.28'de verilmiştir.



Harita 5.28. Burdur Havzası AHP önceliklendirme haritası

5.3. Morfometrik Analiz ve AHP Yöntemleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Havzaya ait morfometrik parametre değerleri kullanılarak yapılan morfometrik analiz ve önceliklendirme işleminde gerek havzada gerekse su kaynaklarında insan kaynaklı müdahaleler ile doğal kaynaklı değişimler dikkate alınamamakta, sadece drenaj havzasının alanı, uzunluğu, çevresi, akış sayısı, akış mertebesi, yükselti değerleri gibi hesaplanabilen sayısal morfometrik özellikler kullanılabilmektedir. Literatürdeki birçok çalışmada elde edilen parametre değerleri ve Bileşik Değer Yöntemi kullanılarak önceliklendirme işlemi yapılmaktadır. Ancak bu analizde göz önüne alınan her parametrenin önceliklendirme işlemi sonucuna etkisi eşit kabul edilmektedir. Gerçekte her parametrenin etkisinin eşit olması mümkün olmadığından bu yöntem hatalı değerlendirmelere neden olabilmektedir. Bu nedenle çalışmada morfometrik parametrelerin ağırlıklarının belirlenerek önceliklendirilmesi amacıyla COPRAS-AHP yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada havzanın jeomorfolojisi, fay yoğunluğu, akifer durumu, arazi kullanımı, havzanın aldığı yağış gibi doğrudan sayısal bir değerle ifade edilemeyen bazı özellikleriyle eğim, toprak derinliği ve drenaj yoğunluğu gibi özellikleri göz önüne alınarak AHP yöntemi uygulanmış ve alt havzalar yeraltı suyu potansiyellerine göre önceliklendirilmiştir. Burdur Havzası'nda morfometrik analiz ve AHP yöntemleri kullanılarak alt havzaların yeraltı suyu potansiyeline göre önceliklendirilmesi çalışmasının sonuçları Çizelge 5.26'da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Burdur Havzası alt havzalarının yeraltı suyu potansiyeline göre önceliklendirilmesi

Alt Havzalar	Morfometrik Analiz	AHP
Atabey	1	6
Burdur	4	4
Karataş	6	5
Salda	7	1
Yarışlı	3	3
Akgöl	2	2
Acıgöl	5	7

Morfometrik analizle elde edilen önceliklendirme sonuçlarına göre yeraltı suyu potansiyeli en düşük alt havza Atabey, en yüksek alt havza Salda, AHP yöntemi ile yapılan önceliklendirmeye göre ise yeraltı suyu potansiyeli en düşük alt havza Salda, en yüksek alt havza ise Acıgöl olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde Salda Alt

Havzası'nın morfometrik özellikleri bakımından yeraltı suyu potansiyeli yüksek olan bir alt havza olduğu ancak AHP yöntemine göre en düşük potansiyele sahip alt havza konumunda önceliklendirildiği görülmüştür. Sonuçların bu kadar farklı olmasının bir nedeni olarak alt havza sınırlarının belirlenme yaklaşımı olduğu düşünülmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan morfometrik analiz yönteminin uygulanabilmesi için yeraltı su kaynakları dikkate alınmadan sadece yüzey sularının oluşturduğu drenaj ağı modeline göre alt havza sınırları belirlenmiştir. Böylece drenaj ağı modellenirken jeolojik katmanların yüzeye hemen hemen paralel olduğu yani yüzey ve yüzey altı havza sınırlarının aynı olduğu varsayımı yapılmıştır. Bu durumda drenaj ağı geçirimsiz tabakaların durumu dikkate alınmaksızın oluşturulmuş ve havza alt havzalara ayrılmıştır. AHP yöntemi ile yapılmış olan önceliklendirme işleminde ise ilgili parametreler havza geneli için harita katmanları şeklinde ifade edilmiş ve bunların üst üste bindirilmesiyle bir ağırlıklandırma haritası çıkarılarak önceliklendirme yapılmıştır.

Salda Alt Havzası'nda Taş ve Akpınar (2021)'ın UA ve CBS aracılığıyla göl alanlarının 1985-2021 yılları arasındaki alansal değişimi ile ilgili yaptığı çalışmada %5'lik azalmayla Burdur Havzası'nın en az azalma gösteren gölünün Salda Gölü olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde bu durumun alt havzaya ait özelliklerle açıklanabileceği görülmüştür. AHP yönteminde dikkate alınan özellikler incelendiğinde Salda Alt Havzası'nın göreceli olarak orta-zayıf yağış aldığı ve yüzey akışın yeraltı suyuna geçişi zorlaştıran sığ toprak yapısına sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte alt havzada yaygın ve zengin akifer yapısı bulunmaktadır. Bu bilgiler ışığında Salt Alt Havzası'nda yağışın önemli bir bölümünün yeraltı suyuna ulaşamadığı ve dolayısıyla yüzey suyu olarak Salda Gölü'ne aktığı, havzadaki akiferlerle de gölün besleniyor olabileceği sonucuna varılmıştır. Bunların yanı sıra Salda Alt Havzası'nın yeraltı su kaynaklarının komşu alt havzalarla beslenim ilişkisinin de bilinmediği ve mevcut akiferlerin komşu alt havzalardan beslendiği için gölün su seviyesinde ciddi düşüşler olmadığı düşünülmüştür.

İki farklı yöntemden elde edilmiş olan bir diğer çarpıcı sonuç ise Atabey Alt Havzası ile ilgili önceliklendirme sonuçlarıdır. Morfometrik analize göre yeraltı suyu potansiyeli en düşük bölge Atabey Alt Havzası olarak tespit edilmişken, AHP yöntemi kullanılarak yapılan önceliklendirmede yeraltı suyu potansiyeli en yüksek 2. alt havza olarak belirlenmiştir. Atabey Alt Havzası diğer alt havzalardan farklı olup DSİ tarafından kapalı bir havza olarak kabul edilmektedir. Bu alt havza AHP yönteminde dikkate alınan

özellikler bakımından detaylı incelendiğinde ve diğer alt havzalarla kıyaslandığında yüksek yağış aldığı, arazilerinin önemli bir bölümünün tarım yapılabilen düz araziler olduğu ve genel olarak yeraltı suyu taşıyan yaygın ve zengin akifere sahip olduğu görülmektedir. Bu özellikleri nedeniyle Atabey Alt Havzası'nın AHP yöntemine göre en yüksek 2. alt havza olması beklenen bir sonuçtur. SYGM'nin 2018 yılında yaptığı çalışma da bu bulguyu doğrular niteliktedir. İlgili çalışmada Atabey Alt Havzası'na düşen yağışın akışa geçtikten sonra karstik oluşumlar sebebiyle yeraltı suyuna karıştığı, Ağlasun ve Bucak istikametinde hareket ederek Kırkgöz Kaynakları'ndan yüzeye çıkarak Akdeniz'e ulaştığı ve Atabey Alt Havzası'nın yeraltından Akdeniz Havzası'na bağlı olduğu için yüzey ve yeraltı su drenajı bakımından Burdur Havzası ile bağlantısının olmadığı ifade edilmektedir.

Hem morfometrik analiz hem de AHP yöntemleri ile yapılmış önceliklendirme sonuçlarına göre yedi alt havzadan üçünde aynı sonuçlar elde dilmiştir. Bunlar önceliklendirmede 2., 3. ve 4. sıralarda olan sırasıyla Akgöl, Yarışlı ve Burdur Alt Havzalarıdır. Her iki yöntem sonuçlarının yaklaşık % 43 oranında aynı olması AHP yönteminin benzer çalışmalar için ne kadar uygun bir yaklaşım olduğunu göstermektedir.

2016 yılında Ulusal Öneme Sahip Sulak Alan olarak ilan edilen Akgöl geçmişte tarım alanı elde edilmesi amacıyla göldeki su drene edilerek kurutulmuş fakat göl tabanının tarıma elverişli olmadığı anlaşılınca tekrar oluşturulmaya çalışılmıştır. Gölü besleyen derelerin üzerine barajların yapılması ve göle gelen suların barajlar yoluyla engellenmesi, yanlış tarım uygulamaları ve sulama projeleri, göl ve çevresindeki sazlık alanların kontrolsüz kesimi, meraların tarım alanına dönüştürülmesi, kanalizasyon atıkları ve tarımsal atıklar havzada insan kaynaklı yapılan müdahaleler ve yoğun tahribatı göstermektedir. Bunun yanı sıra iklim değişikliğinin de etkisiyle Akgöl'ün göl alanının 1985'ten 2000 yılı Şubat ayına kadar % 54,2'sinin, 2018 yılında % 88,4'ünün ve 2021 yılı Şubat ayı itibariyle ise tamamen kuruduğu tespit edilmiştir (Taş ve Akpınar, 2021). Bu sonuçların ışığında Akgöl Alt Havzası'nın hem yapısal olarak hem de alt havzada yaşanan müdahaleler nedeniyle yeraltı suyu potansiyeli bakımından düşük potansiyele sahip olarak önceliklendirilmesinin ve 2. sırada bulunmasının mevcut durumla uyumlu olduğu görülmüştür.

Yeraltı su potansiyeli önceliklendirmesinde en düşük 3. alt havza Yarışlı Alt Havzası'dır. 2016 yılında Ulusal Öneme Sahip Sulak Alan olarak ilan edilen Yarışlı Gölü çevresindeki doğal bitki örtüsü tarım alanlarına dönüştürülerek ortadan kaldırılması yüzey sularının yeraltına sızmasının önüne geçmektedir. Taş ve Akpınar'ın 2021 yılında yaptığı çalışmada 1985'ten 2021 yılı Şubat ayına kadar Yarışlı Gölü'nün göl alanının % 49,7 oranında küçüldüğü tespit edilmiştir. Tespit edilen bu durum da elde edilen önceliklendirme ile uyum içerisindedir.

Burdur Alt Havzası her iki yaklaşıma göre yapılmış olan önceliklendirme sonucunda yeraltı suyu potansiyeli en düşük 4. alt havza olarak tespit edilmiştir. 1994 yılında Ramsar Alanı ve 1998 yılında 1.derece doğal sit alanı ve 2008 yılında Ulusal Sulak Alan olarak ilan edilen Burdur Gölü Burdur Alt Havzası'nda yer almaktadır. SYGM'nin 2018 yılında yaptığı çalışmada Burdur Alt Havzası'nın batısından başlayarak Karamanlı Barajı'ndan savaklanan suyun Karataş Gölü'ne geldiği, oradan bırakılan suyun da kuzeydoğudaki Burdur Gölü'ne kadar alt havzayı katettiği belirtilmiştir. Bu nedenle Burdur Gölü'nün su seviyesindeki düşüşün yalnızca gölün yakın çevresindeki kuyular üzerinden gerçekleşen su tüketimi ya da buharlaşma değerleriyle açıklanamayacağı ifade edilmiştir. Dereler üzerinde yapılan barajlar, tasarruf amacıyla göle yeterince su bırakılmaması, kontrolsüz yeraltı suyu kullanımı, sulu tarımın yapılması ve hayvancılıkta yersiz su kullanımı, sondajlar, atık suların göl sularına karışması ve kirlilik, maden ocakları ve yönetimsel eksiklikler insan kaynaklı tahribatların arasındadır. Taş ve Akpınar'ın 2021 yılında yaptığı çalışmada 1985'ten 2021 yılı Şubat ayına kadar Burdur Gölü'nün göl alanının % 40,1 oranında küçüldüğü tespit edilmiştir.

Morfometrik analiz ve AHP yöntemlerine göre önceliklendirmenin sadece bir sıra fark ettiği alt havza Karataş Alt Havzası ise morfometrik analiz ve AHP yöntemleri ile önceliklendirildiğinde sırasıyla 6. ve 5. en düşük potansiyele sahip alt havza olarak belirlenmiştir. Karataş Alt Havzası'nda bulunan Karataş Gölü'nün baraj gölüne dönüştürülmesi, gölün kuzeyine inşa edilen Bademli Barajı, Bozçay'ın sularının Karamanlı Barajı'nda tutulması, Karataş sulamasının artması gibi su rejimine yapılan müdahalelerin başında yer almaktadır. Azalan yağışlar ve iklim değişikliğinin yanı sıra ekonominin tarım ve hayvancılık temelli olması nedeniyle su kullanımının artması alt havzayı tehdit eden ciddi bir unsurdur. Yetiştirilen tarım ürünleri (tahıllar, yem bitkileri, şeker pancarı, mısır, kavak yetiştiriciliği, meyve, sebze, anason ve nohut gibi) için vahşi sulama sistemleri

kullanılması ve tarımsal kullanım için çok sayıda sondaj kuyusu bulunması da insan kaynaklı meydana gelen tahribatlardandır. Sondaj kuyularının yoğunluğu direkt göle etki etmese de gölün beslenmesinde yer alan yeraltı suları için önem teşkil etmektedir. Taş ve Akpınar'ın 2021 yılında yaptığı çalışmada 1985'ten 2021 yılı Şubat ayına kadar Karataş Gölü'nün göl alanının % 64,8 oranında küçüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca Karataş Gölü suyunu Burdur Gölü'nü besleyen ana kaynaklardan biri olan Bozçay'a boşalttığı için de su yönetimi konusunda ekstra dikkat edilmesi gereken bir konumda yer almaktadır. Morfometrik özellikleri bakımından yeraltı suyu potansiyeli bakımından göreceli olarak dezavantajlı olan bu bölgede insan müdahaleleri nedeniyle de problemler yaşandığı mevcut durumda da görülmektedir.

Acıgöl Alt havzası ise morfometrik yönteme göre 5., AHP yöntemine göre ise 7. yani en düşük yeraltı potansiyeline sahip alt havza yani Burdur Havzası içerisinde yeraltı suyu potansiyeli en yüksek olan bölge olarak önceliklendirilmiştir. 2015 yılında Ulusal Öneme Sahip Sulak Alan olarak ilan edilen ve Yaban Hayatı Geliştirme Sahası koruma statüsünde olan, Tuz Gölü'nden sonra Türkiye'nin ikinci en tuzlu gölü Acıgöl'ün içinde bulunduğu Acıgöl Alt Havzası gerek alt havza özellikleri gerekse insan müdahalesi bakımından göreceli olarak yeraltı su potansiyeli yüksek olan bir alt havza olarak tespit edilmiştir.

Burdur Havzası'nda SYGM (2020) tarafından yapılan çalışmada 27 adet yeraltı suyu kütlesi tespit edilmiş ve bunlar miktar bakımından "iyi durumda/zayıf durumda" olarak sınıflandırılmıştır. 27 adet yeraltı su kütlesinden sadece Kapıcak, Çobanisa, Yeşildağ, Yaylaköy, Akpınar yeraltı su kütleleri iyi durumda olarak tespit edilmiştir. Bu kütlelerin konumlarına bakıldığında Kapıcak ile Çobanisa'nın Atabey Alt Havzası'nda, Yeşildağ'ın Burdur Alt Havzası'nda ve Yaylaköy ile Akpınar'ın Acıgöl Alt Havzası'nda bulunduğu görülmüştür. SYGM'nin yaptığı çalışmada iyi durumda olan 5 yeraltı suyu kütlesinden ikişer olmak üzere toplam dördünün AHP yöntemine göre önceliklendirmede yeraltı suyu potansiyelinin en yüksek olduğu havzalar olan Acıgöl ve Atabey alt havzalarında konumlandığı görülmektedir.

Bu çalışma sonucunda morfometrik analiz yaklaşımında kullanılabilen parametrelerin yeraltı suyu potansiyeli ile ilgili doğru tahminler yapabilme yeteneğinin, taşkın potansiyelini önceliklendirme çalışmalarında olduğu kadar iyi olmadığı, AHP yönteminde göz önüne alınan morfometrik özelliklerin yeraltı su potansiyelinin belirlenmesi açısından

çok daha önemli ve mevcut durumu yansıttığı görülmüştür. İnsan kaynaklı müdahaleler ve iklim değişikliğinin yeraltı suyu potansiyeli üzerindeki etkilerinin de AHP yöntemindeki bazı özelliklerde dikkate alınabilmesi güncel sonuçların elde edilmesi açısından çok önemlidir. Bununla birlikte bazı morfometrik parametrelerin sayısal değerlerinin belirlenmesi havzanın jeomorfolojisi, fay yoğunluğu, akifer durumu, arazi kullanımı, havzanın aldığı yağış gibi özelliklerinin belirlenmesinden çok daha kolaydır. Bu da yöntemin pratik ve yaygın olarak kullanımını, hızlı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilmektedir. Ancak morfometrik analiz yönteminde kullanılan COPRAS-AHP veya literatürde bulunan ve parametrelere farklı ağırlık oranları atayarak yapılan önceliklendirme yöntemlerinin kullanılması gerektiği unutulmamalıdır. AHP yönteminin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için havzaya ait veri tabanının sürekli güncellenmesi ve havzaya ait birçok faktörün bölgeye hakim uzmanların görüşlerine danışılarak değerlendirilmesi gerektiği görülmüştür. Değerlendirmeler ışığında bu yöntemlerin kullanılmasının havzanın yeraltı su potansiyelinin hızlı ve güvenilir bir değerlendirme için yeterli olabileceği sonucuna varılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliği, insan kaynaklı müdahaleler ve tahribatlar nedeniyle su kaynakları hızla azalmakta ve artan nüfus etkisiyle de su kaynaklarına duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu durum havza bazında sürdürülebilir ve entegre su kaynakları yönetimini gündeme getirmektedir. Su kaynaklarının hızla azalması, su rejimlerine yapılan yanlış müdahaleler, göllerdeki su seviyelerinin düşmesi ve hatta göllerin kuruması yeraltı su kaynaklarının kullanımının artmasına neden olmaktadır. Kuyulardan izinsiz ve kontrolsüzce yapılan çekimler yeraltı su kaynaklarının azalmasına ve boşalarak Konya (Karapınar), Eskişehir (Sivrihisar) ve Afyonkarahisar (Emirdağ)'daki gibi obrukların oluşmasına neden olabilmektedir.

Burdur Havzası, Göller Yöresi olarak da bilinen bir bölgede yer aldığı, içerisinde bulunan göllerin su seviyelerinde özellikle son yıllarda devamlı olarak düşüşler yaşandığı, hatta bazı göllerin kuruma seviyesine geldiği, çeşitli nedenlerle koruma altına alınan (Ramsar Alanı, Yaban Hayatı Geliştirme Sahası ve Ulusal Öneme Haiz Sulak Alanlar) bir havza olduğu için yeraltı su potansiyelinin belirlenmesi amacıyla çalışma alanı olarak seçilmiştir. Havza bazında su yönetiminin önemli bir parçası olan yeraltı su kaynaklarının, sondaj kuyuları ile tespiti ve takibi uzun zaman almakta ve yüksek maliyetler gerektirmektedir. Günümüzde gelişen teknoloji ile UA ve CBS sistemlerini kullanarak yeraltı suyu potansiyelinin yüksek/düşük olduğu bölgelerin tespit edilebilmesi hem daha hızlı hem de daha az maliyetle mümkün olabilmektedir. Çalışmada UA ve CBS yardımıyla morfometrik analiz ve AHP yöntemleri kullanılarak Burdur Havzası'nın yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin önceliklendirilmesi amaçlanmıştır. Burdur Havzası'nda daha önce yeraltı su kaynakları ile alakalı bu yöntemler kullanılarak yapılan bir önceliklendirme çalışmasına rastlanılmamış olması nedeniyle çalışma sonucunda oluşturulan haritaların su kaynaklarının yönetilmesi, korunması ve gerekli tedbirlerin alınması açısından önem taşıdığı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin belirlenebilmesi için uygulanan ilk yöntem morfometrik parametrelerin sayısal değerleri kullanılarak yapılan analizdir. Morfometrik parametrelerin hesaplanabilmesi için ilk olarak SYM verileri güncellenmesi, göller dikkate alınarak drenaj ağı modellenmesi, drenaj ağının mertebelendirilmesi ve

Burdur Havzası'nın Akgöl, Acıgöl, Burdur, Yarışlı, Salda, Karataş ve Atabey olmak üzere 7 alt havzaya ayrılması işlemleri yapılmıştır. Daha sonra her bir alt havza için form faktörü, uzunluk oranı, dairesellik oranı, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, infiltrasyon sayısı, akarsu sıklığı, kanal bakım katsayısı, yüzeysel akış uzunluğu, rölyef oranı ve engebelilik oranı gibi morfometrik parametreler yeraltı suyunun oluşabilme potansiyeli açısından değerlendirilmiştir. Çalışmadaki önemli uygulama ise dikkate alınan morfometrik parametrelerin yaygın olarak kullanılan Birleşik Değer Yöntemi ile değil her parametrenin yeraltı suyu potansiyeline etkisi göz önüne alınarak ağırlıklarının belirlendiği ve önceliklendirmesinin yapıldığı CORPAS-AHP yöntemiyle yapılmasıdır. Bu yöntemde Burdur Havzası'nın en yüksek yeraltı su potansiyeline sahip alt havzası Salda, en düşük yeraltı su potansiyeline sahip alt havzası Atabey olarak tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin belirlenebilmesi için uygulanan ikinci yöntem AHP'dir. Bu yöntemde ilk yöntemden farklı olarak havzanın doğrudan sayısal olarak ifade edilemeyen jeomorfoloji, fay yoğunluğu, akifer durumu, arazi kullanımı gibi morfometrik ve yağış gibi yeraltı suyu potansiyelini etkileyen özellikler ile eğim, toprak derinliği, drenaj yoğunluğu gibi kriterler dikkate alınarak önceliklendirme işlemi yapılmıştır. AHP yönteminde Burdur Havzası'nın en yüksek yeraltı suyu potansiyeline sahip alt havzası Acıgöl, en düşük yeraltı suyu potansiyeline sahip alt havzası Salda olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada Burdur Havzası yeraltı su kaynaklarının varlığı, jeolojik katmanların ve geçirimsiz tabakaların durumu, beslenim durumları dikkate alınmadan yüzey ve yüzey altı havza sınırlarının aynı olduğu düşünülerek SYM ve drenaj ağı modellemesi kullanarak alt havzalara ayrılmıştır. Morfometrik parametreler bu drenaj ağı kullanılarak analiz edilmiş ve önceliklendirme işlemi yapılmıştır. AHP yöntemiyle yapılan önceliklendirme işleminde ise jeomorfolojik, tektonik, akifer, toprak derinliği, arazi kullanımı, yağış gibi doğal, insan kaynaklı ve iklimsel faktörler dahil edilmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde AHP yönteminin mevcut durumu daha açıklayıcı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçların iyileştirilebilmesi için Burdur Havzası'nın AHP yönteminde kullanılan kriterlere ait tüm haritalarının ve verilerinin eksiksiz bir şekilde CBS ortamına işlenmesi gerekmektedir. Güncel ve CBS ortamında jeomorfoloji haritasına, uzun yılları kapsayan sürekli yağış ve kar verilerine ulaşılamaması, diğer kriterlerdeki

verilerin eksik işlenmesi çalışma sürecini zorlaştırmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular kamuya açık olmadığı için alt havzalardaki gözlem kuyusu verileriyle karşılaştırılamamıştır. Kurumlar tarafından işlenen verilerin araştırmacıların kullanımına açık hale getirilmesi araştırmaların doğru ve güncel veriler ile hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır.

Bundan sonraki çalışmalarda AHP yönteminde engebelilik, eğrilik, topoğrafik nem indeksi, topoğrafik pozisyon indeksi gibi parametrelerin de değerlendirilmeye dahil edilmesi, havzaya hakim ve seçilen kriterler üzerine uzmanlaşmış kişilerden destek alınarak AHP ağırlıklarının atanması ve gözlem verileri ile uzman kişiler yardımıyla sonuçların değerlendirilmesi önerilmektedir. Böylece havzaya ait güncel ve kapsamlı veri setleriyle gerçeğe daha yakın yeraltı suyu potansiyeli önceliklendirme haritalarının oluşturulması ve ilgili kurumlarda kullanılması sağlanarak hem zamandan hem de gözlem kuyularının gerektirdiği maliyetten tasarruf edilmesi sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

Abijith D., Saravanan S., Singh L., Jennifer J. J., Saranya T., Parthasarathy K. S. S. (2020). GIS-based multi-criteria analysis for identification of potential groundwater recharge zones - a case study from Ponnaniyaru watershed, Tamil Nadu, India. *KeAİ Chinese Roots Global Impact, HydroResearch 3*, 3, 1-14.

Ahirwar, R., Malik, M. S., Shukla, J. P. (2019). Prioritization of sub-watersheds for soil and water conservation in parts of Narmada River through morphometric analysis using remote sensing and GIS. *Journal Geological Society of India*, 94, 515-524.

Akar, İ. (2006). *Kasatura körfezi hidrolojik havzasının drenaj ağı morfometrik özelliklerinin belirlenmesinde CBS ve UA'nın kullanımı*. 1. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu (UZAL - CBS), İstanbul, 1-11.

Aladejana, O. O., Fagbohun, B. J. (2019). Geomorphic, morphometric and structural analysis of North West Benin Owena River Basin, Nigeria: Implications for groundwater development. *Sustainable Water Resources Management*, 5 (2), 715-735.

Altaf S., Meraj G. (2014). Morphometry and land cover based multi-criteria analysis for assessing the soil erosion susceptibility of the western Himalayan watershed. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 8391- 8412.

Altın, H. (2021). Karar verme sürecinde COPRAS yöntemi uygulaması. *Ekonomi, İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 3 (2), 136 - 155.

Altıparmak, S., Türkoğlu, N. (2018). Yakacık Çayı Havzasının (Hatay) morfometrik analizi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 58 (1), 353-374.

Arabameri, A., Tiefenbacher, J. P., Blaschke, T., Pradhan, B., Bui, D. T. (2020). Morphometric analysis for soil erosion susceptibility mapping using novel GIS-based ensemble model. *Remote Sensing*, 12 (5), 874.

Avinash K., Deepika B., Jayappa K. S. (2014). Basin geomorphology and drainage morphometry parameters used as ındicators for groundwater prospect: Insight from geographical information system (GIS) technique. *Journal of Earth Science*, 25, 1018-1032.

Avinash K., Jayappa K., Deepika B. (2011). Prioritization of sub-basins based on geomorphology and morphometric analysis using remote sensing and geographic information system (GIS) techniques. *Geocarto International*, 26 (7), 569-592.

Baduna Koçyiğit, M., Akay, H. (2018). Morfometrik parametreler yardımıyla havzada muhtemel taşkın riskinin tahmin edilmesi: Akçay Havzası örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33 (4), 1321-1332.

Bağdatlı, C. M., Öztürk, B. (2014). Havza morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) etkin rolü. *Sakarya University Journal of Science*, 18 (1) , 11-19.

Bharathkumar, L., Mohammed-Aslam M. A. (2016). Prioritizing groundwater potential zones using morphometric analysis: A case study of Gulbarga Watershed. *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics*, 4 (3), 78-84.

Biswas, S., Sudharakar, S., Desai, V. R. (1999). Prioritization of sub-watersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 27 (3), 155-166.

Chorley, R. J. (1957). Illustrating the laws of morphometry. *Geological Magazine*, 94, 140-150.

Choudhari P. P., Nigam G. K., Singh S. K., Thakur S. (2018). Morphometric based prioritization of watershed for groundwater potential of Mula River Basin, Maharashtra, India. *Geology Ecology and Landscapes*, 2 (4), 256-267.

Çetin B. (2009). Karataş (Bahçeözü) Gölü (Burdur-Karamanlı) sulak alanının kullanımı ve ortaya çıkan sorunlara coğrafi bir bakış. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 4 (4), 157-174.

Deepika, B. , Avinash, K. Jayappa K. S. (2013). Integration of hydrological factors and demarcation of groundwater prospect zones: Insights from remote sensing and GIS techniques. *Environmental earth sciences,* 70, 1319-1338.

Devlet Su İşleri. (2016). Burdur Göller Havzası yeraltı suyu planlama (hidrojeolojik etüd) raporu yapım işi nihai raporu. *DSİ 18. Bölge Müdürlüğü*, Isparta, 1-170.

Devlet Su İşleri. (2017). Burdur Havzası master plan nihai raporu. *DSİ Genel Müdürlüğü,* Ankara, 1-1464.

Eken, G., Bozdoğan, M., Isfendiyaroğlu, S., Kılıç, D. T., Lise, Y. (Editörler). (2006). *Türkiye'nin önemli doğa alanları*, Ankara: Doğa Derneği, 1-79.

Elbaşı, E., Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi akarsu havzalarının morfometrik analizi. *Coğrafya Dergisi*, 36, 63-84.

Erdede, B., Öztürk, D. (2016). *Kızılırmak Havzasının taşkın potansiyelinin çizgisel, alansal ve rölyef morfometrik indisler kullanılarak değerlendirilmesi*, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZALCBS 2016), Adana, 392-399.

Erol Görür, A., Karadeniz, C. (2018). Morfometrik parametrelerin havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 19 (4), 447-454.

Ertuğrul, İ., Öztaş, T. (2016). Bireysel emeklilik planı seçiminde karar verme yöntemlerinin uygulanması: COPRAS ve TOPSİS örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7 (2), 165-186.

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

Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions of 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.

İnternet: Ankara Üniversitesi. (2022). Konu 11: Çok ölçütlü karar verme yöntemleri - III. Web: https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=83421&forceview=1, Son Erişim Tarihi: 10.12.2022.

İnternet: Burdur İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (2021). Burdur Gölü. Web: https://burdur.ktb.gov.tr/TR-154880/burdur-golu.html, Son Erişim Tarihi: 10.12.2022.

İnternet: Su Politikaları Derneği. (2021). Doğal göllerimizin ve sulak alanlarımızın durumu ve acil önlem ihtiyacı. Web: https://supolitikalaridernegiblog.files.wordpress.com/2021/09/dogal-gollerimizin-ve-sulak-alanlarimizin-durumu-ve-acil-onlem-ihtiyaci-.pdf, Son Erişim Tarihi: 08.11.2022.

İnternet: World Wildlife Fund. (2011). Türkiye'nin sulak alanlarının korunması, sorunlar ve çözüm önerileri. URL: https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/2subat_bilginotu.pdf?1401/sulakalanarimizinkorunmasi, Son Erişim Tarihi: 08.11.2022.

İzbırak, R. (1990). *Sular coğrafyası*. Ankara: Milli Eğitim Basımevi, 1-243.

Jasmin I., Mallikarjuna P. (2013). Morphometric analysis of araniar river basin using remote sensing and geographical information system in the assessment of groundwater potential. *Arabian Journal Geosciences*, 6, 3683-3692.

Karataş, A. (2017). *Karasu Çayı Havzasının hidrografik planlaması*. İstanbul: Çantay, 119-160.

Kaya, Ö. A., Kaplan, G. (2021). Uzaktan algılama yöntemleri ile Burdur Gölü'ndeki alansal değişiminin belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7 (1), 1-12.

Khodayar, S., Hoerner J. (2019). Near East desertification: Impact of Dead Sea drying on convective rainfall. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 1-42.

Krishnamurthy, J., Srinivas, G., Jayaram, V., Chandrasekhar, M. G. (1996). Influence of rock types and influence in development of drainage network in typical hardrock terrain. *ITC Journal*. 3 (4), 252-259.

Küçük, C. (2018). *Göller Bölgesi ve Yakın Çevresindeki Başlıca Göllerin Morfometrik Özelliklerinin Değerlendirilmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 1-153.

Kütükçü, A., Kaya, S., Kabdasli, S., Gazioğlu, C. (2015). *Nehir havzalarının morfolojik karakteristiklerinin CBS destekli nümerik modeller kullanılarak analizi*. TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, Konya, 177-182.

Liu, Y., Wu, G., Zhao, X. (2013). Recent declines in China's largest freshwater lake: trend or regime shift? *Environmental Research Letters*, 8, 014010.

Manu, M. S., Anirudhan, S. (2008). Drainage characteristics of Achankovil river basin, Kerala. *Journal of Geological Society of India*, 71, 841-850.

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

Miller, V. C. (1953). A Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. *Columbia University.* New York. 389-402.

Mundetia, N., Sharma, D., Dubey, S. K. (2018). Morphometric assessment and sub-watershed prioritization of Khari River Basin in semi-arid region of Rajasthan, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 530.

Nithya, C. N., Srinivas, Y., Magesh, N. S., Kaliraj, S. (2019). Assessment of groundwater potential zones in Chittar basin, Southern India using GIS based AHP technique. Remote Sensing Applications. *Society and Environment*, 15, 100248.

Ödeker, B., Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi Havzası'nın (Rize/Çayeli) morfometrik özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi,* 60 (1), 14-38.

Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, 5, 457-474.

Pakhmode V., Kulkarni H., Deolankar S. B. (2003). Hydrological-drainage analysis in watershed-programme planning: a case from the Deccan basalt, India. *Hydrogeology Journal*, 11 (5), 595-604.

Patton, P. C. (1988). Drainage basin morphometry and floods. In V. R. Baker, R. C. Kochel and P. C. Patton (Eds.). *Flood Geomorphology*. USA: Wiley, 51-65.

Patton, P. C., Baker, V. R. (1976). Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. *Water Resources Research,* 12 (5), 941-952.

Rajaveni, S. P., Brindha, K., Elango, L. (2017). Geological and geomorphological controls on groundwater occurrence in a hard rock region. *Applied Water Science*, 7, 1377-1389.

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234-281.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGraw-Hill, 1-287.

Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytical hierarchy process. *Interfaces*, 24 (6), 19-43.

Satge, F., Espinoza, R., Zola R. P., Roig H., Timouk F., Molina, J., Garnier, J., Calmant, S., Seyler, F., Bonnet, M. P. (2017). Role of climate variability and human activity on Poopó Lake droughts between 1990 and 2015 assessed using remote sensing data. *Remote Sensing*, 9 (3), 218.

Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Anboy, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America*, 67, 597-646.

Shreve, R. L. (1966). Statistical law of stream numbers. *Journal of Geology*, 74, 17–37.

Siddaraju, K., Madesh, P., Balasubramanian, A. (2019). Identification of groundwater potential zones using remote sensing and GIS in Hanur Watershed Area, Kollegal Taluk, Chamarajanagar District, Karnataka State, India. *International Journal of Geology and Earth Sciences*, 5 (3), 37-49.

Singh, O., Sarangi, A., Sharma, M. C. (2008). Hypsometric integral estimation methods and its relevance on erosion status of North-Western Lesser Himalayan Watersheds. *Water Resources Management*, 22 (11), 1545-1560.

Sreedevi P. D., Subrahmanyam K., Ahmed S. (2005) The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain. *Environmental Earth Sciences*, 47 (3), 412-420.

Srinivasa V. S., Govindaiah S., Honne Gowda H. (2008). Prioritization of sub-watersheds for sustainable development and management of natural resources: an integrated approach using remote sensing, GIS and socio-economic data. *Current Science*, 95, 345-354.

Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area - altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63 (11), 1117–1142.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38 (6), 913-920.

Strahler A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. In V. T. Chow (Eds.). *Handbook of applied hydrology*. New York: McGraw-Hill, 439–476.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2017). Göller ve sulak alanlar eylem planı 2017-2023. *SYGM*, Ankara, 1-194.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2018). Burdur Havzası kuraklık yönetim planı nihai raporu. *SYGM*, Ankara, 1-882.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2020). Burdur Havzası nehir havza yönetim planı nihai raporu. *SYGM*, Ankara, 1-595.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2021). Burdur Havzası nehir havza yönetim planı stratejik çevresel değerlendirme izleme nihai raporu. *SYGM*, Ankara, 1-195.

Taş, M. K., Akpınar, E. (2021). Burdur havzasındaki göllerde yaşanan seviye değişikliklerinin coğrafi bilgi sistemleri (cbs) ve uzaktan algılama (ua) ile tespiti. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 26 (46), 37-54.

Tussupova, K., Anchita, Hjorth, P., Morajev, M. (2020). Drying lakes: a review on the applied restoration strategies and health conditions in contiguous areas. *Water 2020*, 12, 749.

Uzun, M. (2019). Evaluation of fluvial processes and formation of drainage network with morphometric indices in Dilderesi Basin (Kocaeli). *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 40, 454-477.

Yarıcı, M. A., Yağbasan Ö. (2018). *Burdur Gölleri Havzası'nın morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı*. TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, Ankara, 822-833.

Yavuz, H., Öztel, A. (2017). Entropi tabanlı COPRAS yöntemi ile ölçek bazında finansal performans analizi: bilgi ve iletişim sektöründe bir uygulama. *1. IERFM Tam Metin Bildiriler Kitabı*, 122-141.

Yıldız Karakoç, D. (2017). Türkiye'de sulak alanlar. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi*, 1-18.

Yılmaz. S. (1999). Aral Gölü çevre felaketi ve Orta Asya. *Avrasya Etüdleri*, 18, 93-110.

Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Sarka, V. (1994). The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects. *Technological and Economic Development of Economy*, 1 (3), 131-139.

Zavoianu, I. (1985). *Morphometry of drainage basins (Developments in Water Science)*. Amsterdam: Elsevier, 20, 3-9.



GAZİ GELECEKTİR...