

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**DOKTORA TEZİ**

**MARMARA BÖLGESİ TRAKYA BÖLÜMÜ**  
**TOPRAKLARININ KURAKLIK HASSASİYET ANALİZİ**

**Erdem BAHAR**

**Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**

Tezin Sunulduğu Tarih: **26/08/2014**

**Tez Danışmanı:**  
**Prof. Dr. Hasan ÖZCAN**

**Eş Danışman:**  
**Doç. Dr. Hasan TATLI**

**ÇANAKKALE**

Erdem BAHAR tarafından Prof. Dr. Hasan ÖZCAN yönetiminde hazırlanan ve **26/08/2014** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Marmara Bölgesi Trakya Bölümü Topraklarının Kuraklık Hassasiyet Analizi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**’nda **DOKTORA TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

.....

**Başkan**

Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ

.....

**Üye**

Prof. Dr. Hüseyin EKİNCİ

.....

**Üye**

Prof. Dr. Selçuk ALBUT

.....

**Üye**

Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY

.....

**Üye**

Sıra No:.....

Bu tez çalışması ÇOMÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 2011/048

## İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

**Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.**

Erdem BAHAR

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Hasan ÖZCAN'a, çalışma süresince fikirlerinden faydalandığım sayın hocam Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ'e, sıkıŐtıđım zamanlarda bana her seferinde bir çözüm yolu bulan arkadaşım Dr. Yusuf YİĞİNİ'ye, hayatımın her evresinde bana destek olan eŐim iğdem BAHAR'a, arazi çalışmaları ve laboratuvar analizleri süresince yanında olamadığım için özür borcum olan küçük kızım Müge'ye ve maddi/manevi tüm desteklerini benden esirgemeyen aileme sonsuz teŐekkürler ederim.

Erdem BAHAR

anakkale, Ağustos 2014



## SİMGELER VE KISALTMALAR

A	Alüvyal Topraklar
AWC	Yarayışlı Su Kapasitesi
B	Batı
BYMYT	Bahar ve Yaz Mevsimi Yağışlarının Toplamı
BYMYTYO	Bahar ve Yaz Mevsimi Yağışlarının Toplam Yağışa Oranı
CE	Kestanerengi Topraklar
CI	Consistency Index
cm	Santimetre
CMI	Crop Moisture Index
CR	Consistency Ratio
CSA	Capacities and Vulnerabilities Analysis
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
D	Doğu
da	Dekar
DAI	Drought Area Index
DHI	Drought Hazard Index
DI	Deciles Index
DRI	Drought Risk Index
DSI	Drought Stress Index
DSİ	Devlet Su İşleri
EEA	European Environment Agency
ET	Evapotranspirasyon
ET <sub>0</sub>	Referans Evapotranspirasyon
EYBYMYT	En Yüksek Bahar ve Yaz Mevsimi Yağışları Toplamı
FAO	Food and Agriculture Organization
g	Gram
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
h	Saat
H	Hidromorfik Topraklar
ha	Hektar
IDW	Inverse Distance Weighted

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
K	Kolüvyal Topraklar
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
kg	Kilogram
KHS	Kuraklık Hassasiyet Sınıfı
L	Regosoller
m	Metre
m <sup>3</sup>	Metre küp
mm	Milimetre
M	Kahverengi Orman Toprakları
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
N	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları
NDWI	Normalized Difference Water Index
NMDI	Normalized Multi-band Drought Index
ODF	Olasılık Dağılım Fonksiyonu
Ort	Ortalama
OYF	Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
P	Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar
PAR	Pressure and Release Model
PET	Potansiyel Evapotranspirasyon
PDSİ	Palmer Kuraklık Şiddet İndisi
R	Rendzinalar
RAI	Rainfall Anomaly Index
RI	Random Index
S	Alüvyal Sahil Toprakları
SN	Solma Noktası
SPI	Standartlaştırılmış Yağış İndisi
SRTM	the NASA Shuttle Radar Topographic Mission
SWSI	Surface Water Supply Index
TK	Tarla Kapasitesi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
U	Kireçsiz Kahverengi Toprakları
V	Vertisoller

WMO

World Meteorological Organization

WPDSI

Ağırlıklı Palmer Kuraklık Şiddet İndisi

YSA

Yapay Sinir Ağları

## ÖZET

### MARMARA BÖLGESİ TRAKYA BÖLÜMÜ TOPRAKLARININ KURAKLIK HASSASİYET ANALIZI

Erdem BAHAR

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

26/08/2014, 214

Kuraklık doğal oluşumlu bir afettir ve insan kızı/oğlunu etkileyen en yıkıcı afetlerden bir tanesidir. Noktasal kaynaklı yağış, hava sıcaklığı, evapotranspirasyon, toprak su tutma kapasitesi ve nehir akım istasyonu verileri temel alınarak farklı meteorolojik ve hidrolojik kuraklık indisleri yardımıyla kuraklığın şiddeti, zamansal ve mekânsal dağılımları hesaplanmaktadır. Ancak, kuraklığa maruz kalan alanların arazi kullanım türü, bitki örtüsü, su kaynaklarına yakınlığı, toprakların su tutabilme kabiliyetleri değişebilmektedir. Aynı bölge içerisinde bulunan iki farklı noktanın kuraktan etkilenebilirliği ya da başka bir ifade ile kuraklık hassasiyeti farklılık gösterebilmektedir.

Araştırma kapsamında, Marmara Bölgesi Trakya Bölümü topraklarının kuraklık hassasiyetinin belirlenmesi amacı ile 283 noktadan toprak örneği alınmıştır ve toprakların su tutma kabiliyetleri üzerinde etkisi olan bazı toprak özellikleri laboratuvar analizleri ile saptanmıştır. Arazi kullanım türleri CORINE 2006 sınıflandırması yardımıyla belirlenmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden yağış verileri ve Türkiye İstatistik Kurumu'ndan nüfusla ilgili veriler temin edilmiştir. 19 farklı ölçütlerin kuraklık hassasiyet modeli içerisindeki ağırlık puanları analitik hiyerarşik süreç ile saptanmıştır. Oluşturulan modele göre araştırma alanı topraklarının sadece %0.05'i kuraklığa karşı "dayanıklı" bulunmuştur. Kuraklığa "hafif duyarlı" alanlar %33.1, "orta düzeyde duyarlı" alanlar %54.8 ve "duyarlı" alanlar %5.7 oranlarında alansal dağılım göstermiştir. Kuraklığa çok duyarlı bir alan tespit edilmemiştir.

**Anahtar sözcükler:** Kuraklık hassasiyeti, Trakya, Analitik hiyerarşik süreç, Coğrafi bilgi sistemleri.

## ABSTRACT

### DROUGHT VULNERABILITY ANALYSIS OF THE SOILS OF MARMARA REGION'S THRACE PART

Erdem BAHAR

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Doctoral Dissertation in Soil Science and Plant Nutrition

Advisor: Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

26/08/2010, 214

Drought is one of the most destructive natural disasters which effects humanity and can be seen in the all climate types. Severities, temporal and spatial distributions of droughts are calculated by meteorological and hydrological drought indices, and these indices mostly use rainfall, air temperature, evapotranspiration, soil water holding capacity and river flow data based on point source measurements. However, some field properties, such as land use type, plant species, water availability or water holding capacity of the soil, may vary in the drought-affected areas. Two different points in the same region may have different drought-resistant ability with different expression drought vulnerability.

For this study, 283 soil samples were used to determine the drought vulnerability of Thrace part of Marmara Region. The soil properties related to the soil water holding capacity were determined by laboratory analysis. In addition, the data set of the Corine Land Cover 2006 was used to produce the maps of the research area. Further, the values of rainfall and population data were taken from the Turkish State Meteorological Service and Turkish Statistical Institute, respectively. Accordingly, the weighting values of the 19 criteria in the drought vulnerability model were defined by employing the analytical hierarchic process. The results show that only 0.05% of the research area has been found in “resistant” drought class. The spatial distribution of “light-sensitive” drought class is a ratio of 33.1%, moderately sensitive” drought class has a ratio of 54.8% and a ratio of 5.7% for “sensitive” class. Interestingly, a drought class of “high sensitive” was not determined.

**Key Words:** Drought vulnerability, Thrace, Analytical hierarchical process, Geographic information systems

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

TEZ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	v
ÖZET .....	viii
ABSTRACT.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xviii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
BÖLÜM 3 – MATERYAL VE YÖNTEM .....	32
3.1. Materyal .....	32
3.1.1. Edirne.....	32
3.1.2. Tekirdağ.....	35
3.1.3. Kırklareli.....	39
3.1.4. İstanbul İli Avrupa Yakası.....	42
3.1.5. Çanakkale İli Gelibolu Yarımadası .....	46
3.1.6. Araştırma alanının jeolojisi .....	48
3.2. Yöntem .....	49
3.2.1. Verilerin toplanması .....	50
3.2.2. Analitik hiyerarşik süreç .....	55
3.2.2.1. Analitik hiyerarşik sürecin uygulanması.....	58
3.2.3. Kullanılan kuraklık indisi ve diğer denklemler .....	67
3.2.3.1. Standartlaştırılmış yağış indisi (SPI).....	67
3.2.3.2. Su bütçesi denklemi .....	69
3.2.4. Haritaların oluşturulması .....	73
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	74
4.1. Arazi Kullanım Özellikleri.....	74
4.1.1. Tarım alanları.....	78
4.1.2. Ormanlar ve doğal alanlar .....	82
4.1.3. Diğer arazi kullanım çeşitleri.....	84
4.2. Toprak Özellikleri .....	85

4.2.1. Laboratuar toprak analizi sonuçları .....	86
4.2.1.1. pH.....	86
4.2.1.2. EC .....	88
4.2.1.3. Kireç.....	89
4.2.1.4. Organik madde.....	90
4.2.1.5. Hidrolik iletkenlik.....	91
4.2.1.6. Toprak derinliği .....	92
4.2.1.6. Toprak tekstürü .....	93
4.2.1.7. Tarla kapasitesi .....	93
4.2.1.8. Solma noktası.....	94
4.2.1.9. Hacim ağırlık .....	95
4.2.1.10. Yarayışlı nem kapasitesi .....	96
4.2.2. Büyük toprak grupları.....	97
4.3. Topografya .....	99
4.3.1. Bakı.....	100
4.3.2. Eğim.....	101
4.3.3. Yükseklik.....	102
4.4. Yağış.....	103
4.4.1. Ortalama yıllık toplam yağışlar .....	103
4.4.2. Bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı (BYMYTYO) .....	110
4.4.3. Standartlaştırılmış yağış indisi.....	119
4.4.4. Su bütçesi.....	128
4.5. Sulama Sistemleri.....	141
4.6. Sosyo-Ekonomik Göstergeler.....	143
4.6.1. Nüfus sayısı .....	144
4.6.2. Eğitim düzeyi.....	144
4.6.3. Hayvancılık.....	145
4.7. Analitik Hiyerarşinin Oluşturulması .....	148
4.8. Kuraklık Hassasiyet Analizi .....	150
4.9. Kuraklık Hassasiyet Haritası .....	158
4.10. Gelecek Senaryoları .....	182
<b>BÖLÜM 5 – SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>188</b>
5.1. Sonuçlar.....	188
5.1.1. Araştırma alanının özellikleri .....	188

5.1.2. Analitik hiyerarşik süreç .....	191
5.1.3. Kuraklık hassasiyet analizi .....	194
5.2. Öneriler.....	196
KAYNAKLAR .....	198
EKLER .....	I
ÖZGEÇMİŞ .....	XXXVI



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 2.1.	Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye’de iklim çeşitleri.....	6
Şekil 2.2.	Aydeniz Metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması.....	7
Şekil 2.3.	Eriñç Metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması .....	8
Şekil 2.4.	De Martonne Metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması .....	9
Şekil 2.5.	Thornthwaite Metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması.....	10
Şekil 2.6.	Afet yönetim planı .....	18
Şekil 2.7.	CSA matrisi.....	19
Şekil 2.8.	Bohle (2001)’in hassasiyet analizi için oluşturduğu kavramsal çerçeve .....	20
Şekil 2.9.	PAR modeli.....	21
Şekil 2.10.	Hassasiyet kavramının genişleyen halkaları .....	23
Şekil 2.11.	Nebraska tarımsal kuraklık hassasiyeti .....	24
Şekil 2.12.	Yaqui vadisinde buğday veriminin hassasiyeti .....	25
Şekil 2.13.	İlçe boyutunda Hindistan’ın iklim değişikliğine karşı hassasiyeti .....	26
Şekil 2.14.	Gana’nın çeşitli bölgelerinin kuraklık hassasiyet indisi sonuçları.....	29
Şekil 2.15.	Güney Kore’nin Kuraklık Hassasiyet İndeksi (a) ve Kuraklık Risk İndeksi (b) haritaları.....	30
Şekil 2.16.	Kuzey Doğu Asya’nın Kuraklık Hassasiyet İndisi .....	30
Şekil 3.1.	Edirne ilinin konumu ve ilçeleri.....	32
Şekil 3.2.	Edirne ili arazilerinin büyük toprak grupları .....	34
Şekil 3.3.	Tekirdağ ilinin konumu ve ilçeleri.....	36
Şekil 3.4.	Tekirdağ ili arazilerinin büyük toprak grupları.....	38
Şekil 3.5.	Kırklareli ilinin konumu ve ilçeleri.....	39
Şekil 3.6.	Kırklareli ili arazilerinin büyük toprak grupları.....	41
Şekil 3.7.	İstanbul ili Avrupa yakasının konumu .....	42
Şekil 3.8.	İstanbul ili Avrupa yakası arazilerinin büyük toprak grupları.....	44
Şekil 3.9.	Çanakkale ili Gelibolu Yarımadasının konumu.....	46
Şekil 3.10.	Gelibolu Yarımadası büyük toprak grupları .....	47
Şekil 3.11.	Trakya Bölümü 1/500,000 ölçekli jeoloji haritası .....	49
Şekil 3.12.	Araştırmada izlenen akış diyagramı .....	50
Şekil 3.13.	Araştırma alanı içerisindeki meteoroloji istasyonların yerleri.....	51

Şekil 3.14. Toprak örneklem noktalarının belirlenmesi ((a) Jeoloji haritaları, (b) büyük toprak grupları ve (c) jeoloji ve büyük toprak grupları haritalarının karşılaştırılması) .....	52
Şekil 3.15. Laboratuvar analizleri esnasında çekilen fotoğraflar .....	53
Şekil 3.16. Tipik bir AHS yapısı .....	56
Şekil 3.17. Huizingh ve Vrolijk (1995)'in tanımladığı AHS'in dokuz aşaması .....	59
Şekil 3.18. Basit su bütçesi denklemindeki bileşenler .....	70
Şekil 3.19. Su bütçesi modelinin adımları .....	71
Şekil 4.1. Araştırma alanı topraklarının arazi kullanım türleri .....	74
Şekil 4.2. Araştırma alanı topraklarının arazi kullanım grupları .....	76
Şekil 4.3. Tarım alanlarının dağılımı .....	78
Şekil 4.4. Ormanlık ve doğal alanların dağılımı .....	82
Şekil 4.5. İğneada Longoz ormanları .....	83
Şekil 4.6. Yapay yüzeyler, sulak alanlar ve su yüzeyleri.....	84
Şekil 4.7. Araştırma alanından alınan toprak örneklerinin konumları .....	85
Şekil 4.8. Bitkilere göre toprak örneklerinin dağılımı .....	86
Şekil 4.9. Araştırma alanı topraklarının pH dağılımları.....	87
Şekil 4.10. Bitki örtülerine göre toprakların pH ortalamaları .....	87
Şekil 4.11. Araştırma alanı topraklarının tuzluluk içeriklerinin ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) değişimi.....	88
Şekil 4.12. Araştırma alanı topraklarının yüzdesel kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) içerikleri.....	89
Şekil 4.13. Bitki örtülerine göre toprakların ortalama kireç yüzdeleri.....	89
Şekil 4.14. Araştırma alanı topraklarının yüzdesel organik madde içerikleri .....	90
Şekil 4.15. Farklı arazi örtülerine sahip toprakların organik madde içeriği ortalamaları .....	91
Şekil 4.16. Araştırma alanı topraklarının hidrolik iletkenlik değerleri .....	91
Şekil 4.17. Araştırma alanının topraklarının derinlik dağılımı .....	92
Şekil 4.18. Araştırma alanı topraklarının yüzdesel kil içerikleri .....	93
Şekil 4.19. Araştırma alanı topraklarının tarla kapasitesi değerleri .....	94
Şekil 4.20. Araştırma alanı topraklarının solma noktası değerleri.....	95
Şekil 4.21. Araştırma alanı topraklarının hacim ağırlık değerleri.....	96
Şekil 4.22. Araştırma alanı topraklarının yarıyışlı nem kapasitesi değerleri.....	97
Şekil 4.23. Araştırma alanı büyük toprak grupları haritası .....	98
Şekil 4.24. Trakya Bölümü toprakları arazi kullanım kabiliyet sınıfları haritası.....	99
Şekil 4.25. Araştırma alanının 50 m çözünürlüklü sayısal yükseklik haritası .....	100
Şekil 4.26. Araştırma alanının bakı özellikleri.....	101

Şekil 4.27. Araştırma alanı arazilerinin eğim özellikleri .....	102
Şekil 4.28. Araştırma alanı arazilerinin yükseklik özellikleri .....	103
Şekil 4.29. Araştırma alanında bulunan MGM istasyonlarının hesaplamalarda kullanılan kayıt süreleri.....	104
Şekil 4.30. Araştırma alanındaki meteoroloji istasyonlarının yıllık toplam yağış değerleri .....	104
Şekil 4.31. Meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama yağış toplamları ve standart sapmaları .....	105
Şekil 4.32. Araştırma alanındaki MGM istasyonu verileri kullanılarak hazırlanmış yağış dağılımı haritası .....	106
Şekil 4.33. Araştırma alanındaki ormanların ağaç türleri .....	108
Şekil 4.34. Türkiye'nin yıllık ortalama yağış toplamlarının coğrafi dağılımı .....	109
Şekil 4.35. Araştırma alanı düzenlenmiş yağış dağılım haritası .....	109
Şekil 4.36. Edirne bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı.....	110
Şekil 4.37. Kırklareli bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı.....	111
Şekil 4.38. Tekirdağ bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı.....	112
Şekil 4.39. Çorlu bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı .....	112
Şekil 4.40. Lüleburgaz bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı .....	113
Şekil 4.41. Uzunköprü bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı .....	114
Şekil 4.42. Malkara bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı .....	114
Şekil 4.43. İpsala bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı.....	115
Şekil 4.44. Kireçburnu bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı .....	116
Şekil 4.45. Demirköy bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı .....	117
Şekil 4.46. Çerkezköy bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı .....	117
Şekil 4.47. Çatalca bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı .....	118
Şekil 4.48. MGM Edirne İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları.....	120
Şekil 4.49. MGM Kırklareli İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları.....	121
Şekil 4.50. MGM Tekirdağ İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları.....	122
Şekil 4.51. MGM Çorlu İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları .....	122
Şekil 4.52. MGM Uzunköprü İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları .....	123
Şekil 4.53. MGM Lüleburgaz İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları .....	124
Şekil 4.54. MGM İpsala İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları.....	124
Şekil 4.55. MGM Malkara İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları.....	125
Şekil 4.56. MGM Kireçburnu İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları .....	126
Şekil 4.57. SPI sınıflarının klimatolojik kuraklık ( $-1 \geq y$ ) olasılığı haritası.....	128

Şekil 4.58. ET <sub>0</sub> Calculator 3.2 programı .....	130
Şekil 4.59. ET <sub>0</sub> Calculator 3.2 programının ara yüzü .....	130
Şekil 4.60. ET <sub>0</sub> Calculator 3.2 programında veri girişi.....	131
Şekil 4.61. T.C. Orman ve Su İşleği Bakanlığının GEODATA portalı .....	142
Şekil 4.62. Araştırma alanı ilçelerinin nüfusu.....	144
Şekil 4.63. 15 yaş üstü nüfusun orta öğretim veya dengi ve üzeri okul mezunu oranı .....	145
Şekil 4.64. Araştırma alanı ilçelerinin büyükbaş hayvan sayıları .....	146
Şekil 4.65. Araştırma alanı ilçelerinin küçükbaş hayvan sayıları .....	147
Şekil 4.66. Araştırma alanı ilçelerinin kümes hayvanı sayıları.....	147
Şekil 4.67. Kuraklık hassasiyeti için oluşturulan hiyerarşik düzen.....	149
Şekil 4.68. Analitik hiyerarşinin birinci kademe elemanlarının ağırlık puanları .....	150
Şekil 4.69. Birinci kademe elemanlarının karşılaştırma matrisinin tutarlılık testi.....	151
Şekil 4.70. Toprak özelliklerinin ikili karşılaştırmaları ve tutarlılık oranı hesaplamaları .....	152
Şekil 4.71. Eğim, bakı ve yükseklik özelliklerinin ikili karşılaştırma matrisi ve tutarlılık oranı hesaplamaları .....	153
Şekil 4.72. Hayvancılık faaliyetlerinin ikili karşılaştırma matrisi ve tutarlılık oranı hesaplamaları .....	154
Şekil 4.73. Yarayışlı nem kapasitesi kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	159
Şekil 4.74. Organik madde kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	161
Şekil 4.75. Hidrolik iletkenlik kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	162
Şekil 4.76. Elektriksel iletkenlik kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	163
Şekil 4.77. pH kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı.....	164
Şekil 4.78. Kireç kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı.....	165
Şekil 4.79. Yıllık yağış toplamı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	166
Şekil 4.80. BYMYTYO kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı.....	166
Şekil 4.81. Klimatolojik kuraklık olasılığı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	167
Şekil 4.82. Sulama kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı.....	168
Şekil 4.83. Eğim kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	169

Şekil 4.84. Bakı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	169
Şekil 4.85. Yükseklik kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	170
Şekil 4.86. Nüfus kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	171
Şekil 4.87. Eğitim seviyesi kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	171
Şekil 4.88. Büyükbaş hayvan sayısı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	172
Şekil 4.89. Küçükbaş hayvan sayısı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	173
Şekil 4.90. Kümes hayvanı sayısı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	173
Şekil 4.91. Arazi kullanım tipi kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı .....	174
Şekil 4.92. Kuraklık hassasiyet sınıfı haritası .....	175
Şekil 4.93. Kuraklık hassasiyet sınıfı (KHS) “Duyarlı” bulunan yerler .....	177
Şekil 4.94. Kuraklık hassasiyet sınıfları üzerinde nüfusun etkisi .....	178
Şekil 4.95. Kuraklık hassasiyet sınıfı “Hafif Duyarlı” bulunan yerler.....	
Şekil 4.96. Kuraklık hassasiyet sınıfı “Duyarlı Değil” bulunan yerler .....	
Şekil 4.97. Araştırma alanı içerisindeki faal, proje aşamasında ve yapım aşamasındaki sulama alanları.....	182
Şekil 4.98. Sulama alanlarının hizmete açılması durumunda oluşacak kuraklık hassasiyet sınıfları.....	183
Şekil 4.99. Sulamaya açılacak alanlarda sulu tarıma geçilmesi durumunda oluşacak kuraklık hassasiyet sınıfları.....	184
Şekil 4.100. Yıllık yağış toplamlarının 100 mm azalması durumunda kuraklık hassasiyet sınıfları.....	185
Şekil 4.101. Yağışların 100 mm azalması ve BYMYTYO’nun %20’nin altına düşmesi durumunda kuraklık hassasiyet sınıfları .....	186
Şekil 4.102. Yağışların 100 mm azalması, BYMYTYO’nun %20’nin altına düşmesi ve klimatolojik kuraklık olasılığının %20.1-22.5 arasına yükselmesi durumunda kuraklık hassasiyet sınıfları .....	187

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa No

Çizelge 3.1. Edirne 2013 yılı adrese dayalı nüfus sayımı sonuçları .....	33
Çizelge 3.2. Edirne iline ait bazı uzun yıllar ortalama aylık iklim verileri.....	35
Çizelge 3.3. Tekirdağ ili 2012 ve 2013 yılı adrese dayalı nüfus sayımı sonuçları .....	37
Çizelge 3.4. Tekirdağ iline ait bazı uzun yıllar ortalama aylık iklim verileri.....	38
Çizelge 3.5. Kırklareli 2013 yılı adrese dayalı nüfus sayımı sonuçları .....	40
Çizelge 3.6. Kırklareli iline ait bazı uzun yıllar ortalama aylık iklim verileri.....	42
Çizelge 3.7. İstanbul ili Avrupa Yakası ilçelerinin nüfusları .....	43
Çizelge 3.8. İstanbul ili Avrupa yakası göl, baraj ve bentlerinin alanları.....	45
Çizelge 3.9. İstanbul iline ait bazı uzun yıllar ortalama iklim verileri .....	45
Çizelge 3.10. Çanakkale iline ait bazı uzun yıllar ortalama aylık iklim verileri .....	48
Çizelge 3.11. AHS’de kullanılan değerlendirme ölçeği ve açıklamalar.....	63
Çizelge 3.12. Rastgele indeks değerleri.....	67
Çizelge 3.13. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) kuraklık sınıflandırması.....	69
Çizelge 4.1. CORINE sınıflandırma tablosu .....	75
Çizelge 4.2. CORINE 2006 sınıflandırmasına göre Trakya topraklarının kullanım dağılımı.....	77
Çizelge 4.3. Sebze üretim istatistikleri .....	80
Çizelge 4.4. Meyve üretim istatistikleri.....	81
Çizelge 4.5. MGM İstasyonlarının bazı mevsimlik yağış değerleri .....	119
Çizelge 4.6. SPI kuraklık sınıflarının aylık klimatolojik kuraklık olasılıkları.....	127
Çizelge 4.7. SPI kuraklık sınıflarının nisan-eylül aylarını içeren aylık klimatolojik kuraklık olasılıkları .....	127
Çizelge 4.8. MGM Kırklareli İstasyonu verileri ile hesaplanan ET0 değerleri.....	132
Çizelge 4.9. MGM Kırklareli İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri .....	133
Çizelge 4.10. MGM Kırklareli İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri.....	134
Çizelge 4.11. MGM Lüleburgaz İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri.....	135
Çizelge 4.12. MGM Lüleburgaz İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri.....	135

Çizelge 4.13. MGM Edirne İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri .....	136
Çizelge 4.14. MGM Edirne İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri .....	136
Çizelge 4.15. MGM İpsala İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri .....	137
Çizelge 4.16. MGM İpsala İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri .....	137
Çizelge 4.17. MGM Uzunköprü İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri .....	138
Çizelge 4.18. MGM Uzunköprü İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri .....	138
Çizelge 4.19. MGM Tekirdağ, Çorlu ve Malkara İstasyonları için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri .....	139
Çizelge 4.20. MGM Tekirdağ, Çorlu ve Malkara İstasyonları için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri .....	140
Çizelge 4.21. MGM İstasyonları'nın hesaplanan yıllık PET ve yıllık yağış toplamı değerleri .....	141
Çizelge 4.22. Analitik hiyerarşinin birinci kademe elemanlarının ikili karşılaştırma matrisi .....	150
Çizelge 4.23. Sosyo-ekonomik göstergenin alt kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi .....	152
Çizelge 4.24. Analitik düzen içerisindeki kriterlerin ağırlık puanları .....	155
Çizelge 4.25. Kuraklık hassasiyet sınıfları ve eşik seviyeleri .....	156
Çizelge 4.26. Biyojeofiziksel değerlendirme kriterlerinin hassasiyet puanlamasında kullanılan eşik değerleri .....	156
Çizelge 4.27. Sosyo-ekonomik değerlendirme kriterlerinin hassasiyet puanlamasında kullanılan eşik değerleri .....	157
Çizelge 4.28. Kriterlerinin hassasiyet sınıf aralıkları için puanlama değerleri .....	160

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olması, büyük göller ve nehirlerin bulunması, içerisinde akarsu yataklarının serili olduğu geniş havzalara sahip olması su zengini bir ülke olduğumuz algısı oluşturmaktadır. Ancak, yarı-kurak iklim kuşağında bulunan ülkemizde, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verilerine göre 25 adet su havzamızın ortalama yıllık yağış toplamının ortalama 590 mm civarında dağıldığıdır. Karadeniz bölgesinin yüksek eğimli dağları en yüksek yağış değerine sahiptir ve Doğu Karadeniz Havzası yıllık ortalama 1,121 mm yağış almaktadır. Konya Kapalı Havzası'na ise ancak 351 mm yağış düşmektedir.

Ülkemizin sahip olduğu tüm su kaynakları değerlendirildiğinde, Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından, kullanılabilir su miktarının 112 milyar m<sup>3</sup> olduğunu hesaplamakta ve diğer taraftan adrese dayalı nüfus sayım sistemine göre Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizin nüfusunun 76,667,864 olduğu gözönüne aldığımızda, kişi başına düşen su miktarının 1,460 m<sup>3</sup> olduğunu görebiliriz. Bağlı olarak, Falkenmark ve ark. (1989) tarafından önerilen “su stres indisi” bir ülkede kişi başına düşen yıllık su miktarının 1,700 m<sup>3</sup>'ün altında olması durumunda, o ülkede su kıtlığının olduğunu işaret etmektedir. Bu durum, kişi başına düşen su miktarı açısından su zengini bir ülke olmadığımızı göstermektedir.

Ülkemizin, küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından, risk grubu ülkeler arasında yer alacağı, daha sıcak daha kurak iklim kuşağı etkisinde kalacağı tahmin edilmektedir (Tatlı ve ark., 2004, 2005). Son yıllarda etkisini her alanda hissettiren kuraklık, her türlü olumsuzlupa rağmen büyük çabalarla üretimlerini arttırmak için her yolu deneyen çiftçilere ne yazık ki büyük bir darbe vurmaktadır. Buradan hareketle, geçmişte ülkemizde yaşanan tarımsal kuraklıklar ile birlikte küresel ısınma sonucu gelecekte çok daha şiddetli tarımsal kuraklıklarla karşı karşıya kalınacağına işaret etmektedir.

Dolayısıyla, nüfus artışı ile birlikte yükselen su ve gıda taleplerinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanabilmesi için Tarımsal Kuraklık Eylem Planlarının hazırlanmasını ve uygulanmasını zorunlu kılmaktadır (Anonim, 2008). Bu planlarının kuraklıklara bağlı risk ve problemleri kapsamlı bir şekilde ele alması, yanısıra tüm su kullanıcılarının haklarını tanımlanması ve kullanıcıları planlama sürecine paydaş etmesi, kriz koşullarında su kaynaklarının kullanımında otoriteler arasında uzlaşmazlığın oluşmasını engellemesi ve en



önemlisi su kaynaklarının kuraklık öncesinde ve kuraklık esnasında sürdürülebilirliğini sağlaması amaçlanması gerekir.

İlave olarak, kuraklık eylem planları bölgesel ölçekte ayrıntılı bir şekilde planlanmasını gerektirir. Bölgesel kuraklık eylem planları yerel koşullar dikkate alınarak hazırlanırken birbirlerinden farklılık gösterebilirler. Bunlar, örneğin su kaynakları, tarımsal üretim şekli, nüfus, sanayi gibi özelliklerin bölgesel farklılık göstermesidir. Bu farklı özellikler bölgesel kuraklık eylem planlarını şekillendirmektedir. Oysa, ülkemizde bu planlamalar il düzeyinde yapılmaktadır. Tüm illerimizin tarım il müdürlükleri tarımsal kuraklıkla mücadele eylem planı hazırlamakta, bağlı olarak normal koşullarda yapılacak orta ve uzun dönem çalışma planları ve kurak dönemlerde alınacak önlemler mevcuttur.

Kuraklık yönetimlerinin bir parçası, kuraklığın yaratacağı yıkımın hesaplanmasıdır. Bu tahmin için kuraklığın gücünün tanımlanması ve kuraklığa maruz kalan sistemlerin dayanımlarının belirlenmesi gerekmektedir. Kuraklığa dayanıksız bir bölge, aynı şiddetteki kuraklık afetinden kuraklık hassasiyeti düşük olan bir bölgeye oranla daha fazla etkilenecektir. Bu durum “*hassasiyet*” başka bir ifade ile “*etkilenebilirlik*” (vulnerability) kavramını kuraklık yönetim planlarının içerisinde yer almasına neden olmuştur.

Hassasiyet, herhangi bir sistemin maruz kaldığı etki ya da afet karşısındaki etkilenebilirlik düzeyini ifade etmektedir. Kuraklık hassasiyeti kavramı kuraklık eylem planlamalarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Kuraklıktan etkilenebilirlik, kuraklığın şiddetine ve etkiye maruz kalan sistemin dayanım gücüne bağlıdır. Bu nedenle, kuraklık savaşımında bölgesel veya ülkesel ölçekte, sahip olunan tarım sisteminin, su kaynaklarının, afete maruz kalan sosyal yapının direnme gücünün, politik tutumların, su kullanıcılar arasındaki paylaşım politikasının iyi bir şekilde tanımlanması ve güçlendirilmesi kuraklık savaşımının başarısını arttıracaktır.

Bu Tez çalışmasında, Marmara Bölgesinin Trakya bölümü olarak adlandırılan yerin topraklarının kuraklık hassasiyetinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Trakya sahip olduğu verimli topraklar sayesinde, ülkemizin buğday, ayçiçeği ve çeltik üretiminde önemli bir katkıya sahiptir. Meriç-Ergene Havzası ülkemizin tarım gücü en yüksek havzalarındandır. Tarımının susuz koşullarda yapıldığı ayçiçeği ve buğday verimi ülkemizin ortalama verim değerlerinin üzerindedir. Çeltik üretiminde ise ülkemizin pirinç ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır. Tarım alanlarının büyük kısmında susuz tarım yapılması, bu bölgenin kuraklığa karşı savunmasız olduğunu göstermektedir.

Kuraklığın şiddetinin etkilerini değiştirebilecek 19 farklı ölçüt belirlenmiştir. Bu farklı birimdeki hassasiyet değerlendirme ölçütlerinin bir arada kullanılabilmesi ve hassasiyet içerisindeki ağırlık derecelerinin saptanması için analitik hiyerarşik süreç yöntemi kullanılmıştır. Trakya Bölümü'nün klimatolojik ve meteorolojik özellikleri, su kaynakları, toprak ve topografik özellikleri, mevcut arazi kullanım türleri gibi parametreler dikkate alınarak coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak kuraklık hassasiyet analizleri yapılmış, dağılım haritaları oluşturulmuş ve önermelerde bulunulmuştur.

Kuraklık hassasiyet modelleri ulaşılabilen mevcut veriler ve üretilen verilerden oluşmaktadır. Araştırmada 19 farklı değerlendirme ölçütü kullanılmıştır. Bu sayı araştırmanın amacına, paylaşımında olan verilerin kullanılabilirliğine, araştırmanın bütçesine göre benzer konuda yapılacak araştırmalarda farklı olabilir. Oluşturulacak hassasiyet modelleri de hedefler doğrultusunda farklılık gösterebilir. Bu araştırma, kuraklık yönetim planlarının önemli bir parçası olan hassasiyet kavramının coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla sayısal olarak tanımlanabileceğini ve analitik hiyerarşik süreç yönteminin bu amaçta kullanılabileceğini göstermektedir. Bu tür araştırmalar bölgesel hassasiyet tanımlamalarının yapılabilmesinin yanında, tüm kuraklık planlamacıların ulaşabileceği ve ülkemizde yeterli düzeyde olmayan verinin de üretilmesini sağlaması bakımından önemli araştırmalardır.

Bu doktora tezinde, giriş kısmında araştırmanın amacı ve önemi özetlenmiştir. Önceki çalışmalar kısmında araştırma konusu ile ilgili yapılmış araştırmalara ve tanımlara yer verilmiştir. Araştırma alanının doğal, coğrafi, topografik ve demografik özellikleri materyal kısmında açıklanmıştır. Arazi, laboratuvar ve ofis çalışmalarında kullanılan yöntem ve gereçler, yöntem kısmında belirtilmektedir. Araştırma bulguları ve tartışma bölümünde araştırma alanı topraklarının laboratuvar sonuçları haritalar ile açıklanmıştır. Yağış, arazi kullanımı, toprak, topografya, sulama sistemleri, hayvancılık ve nüfus verilerinin kuraklık hassasiyet modeli içerisindeki ağırlık puanları ve oluşturulan model bu kısımda ayrıntılarıyla anlatılmıştır. Sonuçlar ve öneriler son kısımda verilmiştir.

## BÖLÜM 2

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kuraklığın doğal bir afet olması itibarıyla çok geniş alanlarda kendini hissettirmesi ile birlikte tahmin edilmesinin güçlüğüne getirdiği birçok olumsuz sonuçları vardır. Örneğin, Kuraklığın birçok farklı sosyo-ekonomik sektör üzerinde olumsuz etkisinden dolayı; tarımsal araştırmacıların, su bilimcilerin, meteorologların, jeologların, sosyologların, çevre bilimcilerin, istatistikçilerin ve hatta tarihte yaşanan büyük kuraklıkların etkisini inceleyen tarihçilerin araştırma konusu olmuştur (Mishra ve Singh, 2010).

Kuraklık mekansal dağılışı, süresi, hidrolojik ve meteorolojik özellikleri nedeniyle genel bir tanıma sahip değildir (Nagarajan, 2009). Meteoroloji, tarım, hidroloji ve sosyo-ekonomi alanlarındaki uzmanların kuraklık ile ilgili yapmış olduğu 150'den fazla tanım bulunmaktadır (Barry ve Chorley, 2009). Kuraklık ile ilgili kapsamlı bir derleme Mishra ve Singh (2010) tarafından yapılmıştır. Bu kuraklık tanımlamalarından bazıları fikir vermesi bakımında aşağıda özetlenmiştir.

- a) Etkili yağışların uzun bir süre görülmediği zaman dilimidir (Linseley ve ark., 1959).
- b) Günlük nehir akımlarının yıl içerisindeki en küçük değeri aldığı dönemdir (Gumbel, 1963).
- c) Bir bölgenin normal hidrolojik koşullarından önemli derecede sapmasıdır (Palmer, 1965).
- d) Nem eksikliğinden kaynaklanan bitkisel üretim düşüşünün yıllara yüzdesidir (FAO, 1983).
- e) Yağışlarda sürekli ve geniş bir düşüştür (WMO, 1986).

Türkeş (1990, 1999, 2010, 2012a ve 2012b'ye göre) kuraklığı “*yeryüzündeki çeşitli sistemlerce kullanılan doğal su varlığının, belirli bir zaman süresince ve bölgesel ölçekte uzun süreli ortalamanın ya da normalin altında gerçekleşmesi sonucunda, temel olarak şiddet, süre ve coğrafi yayılış bileşenleri ile nitelendirilebilen üç boyutlu bir doğa olayı biçiminde etkili olan su açığı ve yetersizliğidir*” olarak tanımlamıştır.

Kuraklığın tanımı, kişilerin ilgi alanlarına göre değişmektedir. Kuraklık, çiftçi için bitki kök bölgesindeki nem eksikliği, su-bilimci için nehir, göl ve su toplama

haznelerindeki azalma ve ekonomist için su yokluğunun ekonomik faaliyetler üzerine yarattığı olumsuz etki olmaktadır (Palmer, 1965). Kuraklık genellikle 4 kategoride sınıflandırılmaktadır (Wilhite ve Glantz, 1985; Changnon, 1987; Rasmussen ve ark, 1993; Nagarajan, 2009 ).

a) Meteorolojik Kuraklık: Genel bir tanımlamayla yağışların, uzun yıllık normalin altında seyretmesiyle meydana gelen nem açığıdır.

b) Hidrolojik Kuraklık: Meteorolojik kuraklık veya fazla su kullanımı neticesinde su rezervlerinde meydana gelen hacim azalması sonucunda meydana gelmektedir.

c) Tarımsal Kuraklık: Bitki kök bölgesinde, bitkisel üretim için gerekli olan nemin, yağışlar ya da su rezervleri ile karşılanamaması durumunda meydana gelir ve tarımsal üretimde azalmaya neden olur.

d) Sosyo-Ekonomik Kuraklık: Kuraklığın insan yaşamı ve etkinlikleri üzerindeki etkisi olarak tanımlanabilir.

Bazı araştırmacılar, düşük yağış ve yüksek buharlaşma neticesinde yüzey altı su sistemlerinin de olumsuz etkilendiğini ve yüzey altı su seviyelerinde görülen dönemsel düşüşleri “yeraltı suyu kuraklığı” olarak tanımlamışlardır (Eltahir ve Yeh, 1999; van Lanen ve Peters, 2000; Mishra ve Singh, 2010).

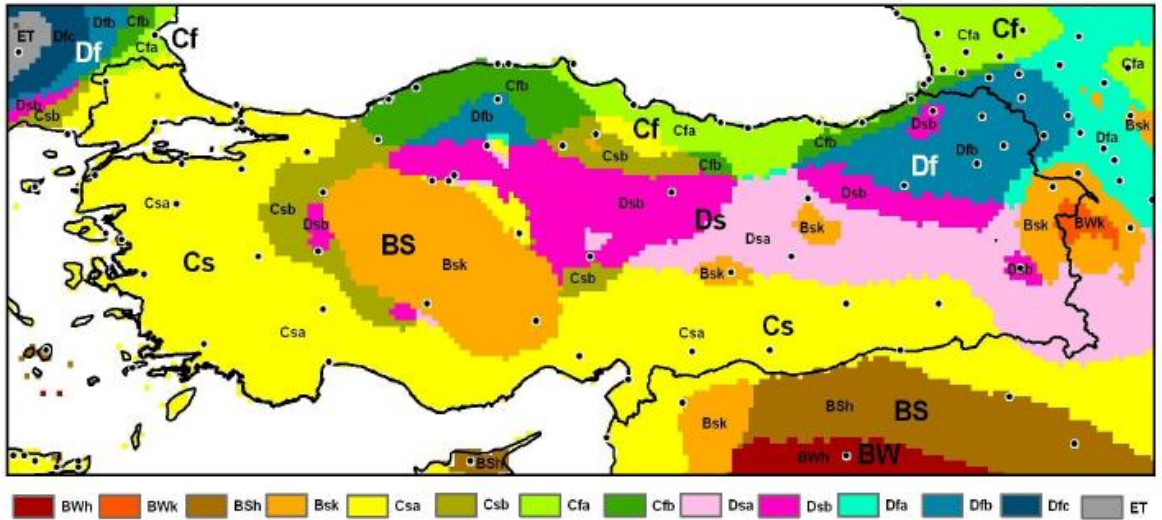
Kuraklığın doğru bir şekilde tanımlanabilmesi için hava ve iklimin, ayrıca aridite, arid ve kuraklık kavramlarının karıştırılmaması gerekmektedir. Hava, herhangi bir yer ve zamandaki atmosfer koşullarının durumu olarak tanımlanabilir (Türkeş, 2001; Türkeş, 2010). Hava, yeryüzünün herhangi bir yerindeki sıcaklık, yağış, nem, güneşlenme, sis, bulut, rüzgâr ve hava basıncı gibi çok sayıdaki değişkenin birlikteliği ile açıklanmaktadır (Türkeş, 2010).

İklim “yerkürenin herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca gözlenen tüm hava olaylarının ortalama özelliklerinin yanı sıra, bu olayların yaşanma sıklıklarının zamansal dağılımlarının, gözlenen uç değerlerin, şiddetli olayların ve tüm değişkenlik çeşitlerinin birleşimi” olarak tanımlanır (Türkeş, 2010).

Hava ile iklim arasındaki en önemli ayırım zamandır. Kısa süreli atmosfer koşulları ve süreçleri, hava olarak nitelendirilir. Hava ve iklimi denetleyen başlıca etmenler enlem, kara ve deniz dağılışı, atmosferin genel dolaşımı okyanusların genel dolaşımı, fırtınalar, yer şekilleri ve yükseltilerdir (Türkeş, 2010; Lutgens ve Tarbuck, 2013).

Dünya iklimlerinin sınıflandırılması amacıyla bugüne değin birçok objektif iklim sınıflandırma sistemi geliştirilmesine karşın, günümüzde yayınlanan çoğu meteoroloji ve klimatoloji ders kitaplarında Köppen İklim sınıflandırması kullanılmaktadır (Peel ve ark., 2007; Türkeş, 2010). Köppen iklim sınıflandırma sistemini, sıcaklık ve yağışın yanı sıra bitkilerin iklimsel özellikleri iyi yansıttığını düşünerek, botanikçi De Candolle'nin eski Yunanların iklim kuşaklarını dikkate alarak belirlediği beş vejetasyon kuşağına dayandırarak oluşturmuştur (Türkeş, 2010).

Köppen-Geiger Elkitabı (Köppen, 1936) Köppen tarafından kendi sınıflandırma sistemi hakkındaki son yayımdır (Peel ve ark., 2007). Köppen-Geiger iklim sınıflandırması 5 ana iklim kuşağından ve bunların sahip oldukları 25 alt iklim tipinden oluşmaktadır. Köppen-Geiger iklim sınıflandırması ile Türkiye'nin iklim dağılımı Şekil 2.1'de görülmektedir.



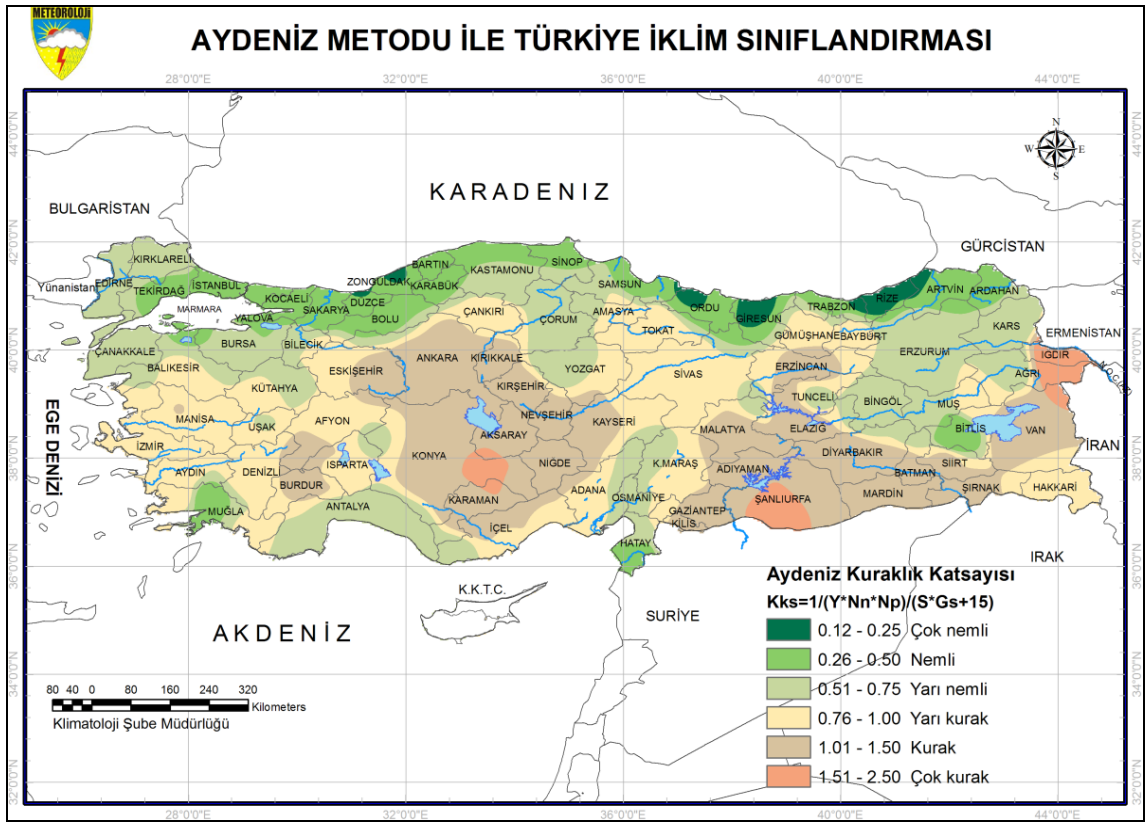
Şekil 2.1. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'de iklim çeşitleri (Türkeş, 2010)

Köppen iklim sınıflandırmasına göre Trakya toprakları ile birlikte Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgesinin sahil şeridi "Csa", yani ılıman iklim kuşağı içerisinde, yaz aylarının kurak ve çok sıcak gerçekleştiği subtropikal Akdeniz iklim tipinde yer almaktadır (Türkeş, 2010).

Devlet Meteoroloji İşleri Klimatoloji Şube Müdürlüğü Aydeniz, Erinç, De Martonne, Thornthwaite yöntemlerini kullanarak 1971- 2000 iklim periyodunda verisi bulunan yaklaşık 120 meteoroloji istasyon verileri ile Türkiye'nin iklim sınıflandırmasını yapmış

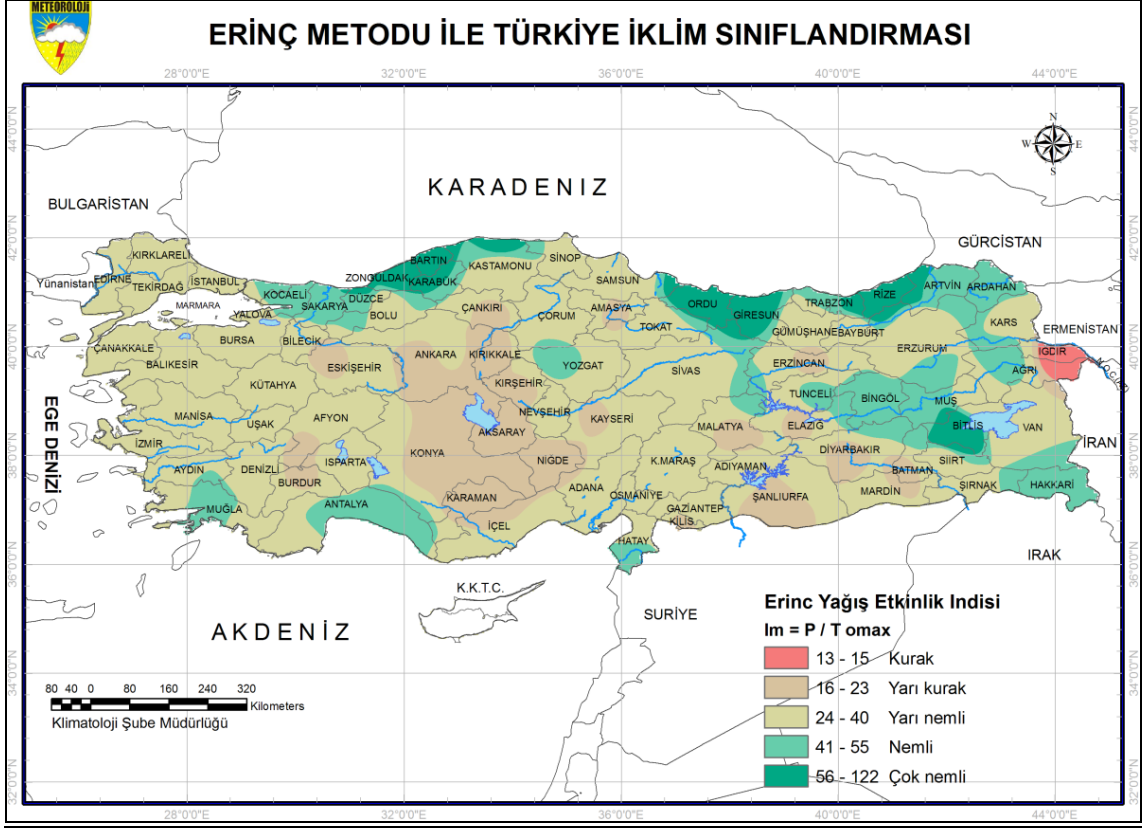
ve coğrafi bilgi sistemleri ile iklim sınıflarının dağılımını haritalandırmıştır (Anonim, 2013a).

Aydeniz iklim sınıflandırma yönteminde yağış, sıcaklık, nispi nem ve güneşlenme süresi verileri kullanılmaktadır ve bölgeleri çöl ile çok nemli arasında 7 iklim sınıfına ayırmaktadır. Bu yöntem ile hazırlanmış Türkiye iklim sınıflandırması haritası Şekil 2.2’de görülmektedir. Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre Tekirdağ ve İstanbul illeri nemli iklim sınıfında yer almaktadır. Kırklareli, Edirne ve Gelibolu Yarımadası ise yarı nemli bulunmuştur.



Şekil 2.2. Aydeniz Metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması (Anonim, 2013a)

Erinç İklim Sınıflandırması yıllık yağış toplamı ve yıllık ortalama maksimum sıcaklıkların oranına dayanmaktadır. Erinç (1965), indis sonuçlarını Türkiye’deki vejetasyon formasyonlarının alansal dağılışları ile karşılaştırarak, indisini altı ana sınıfa ayırmıştır. Bu yöntem kullanılarak hazırlanan Türkiye iklim sınıfı haritası Şekil 2.3’de verilmiştir.

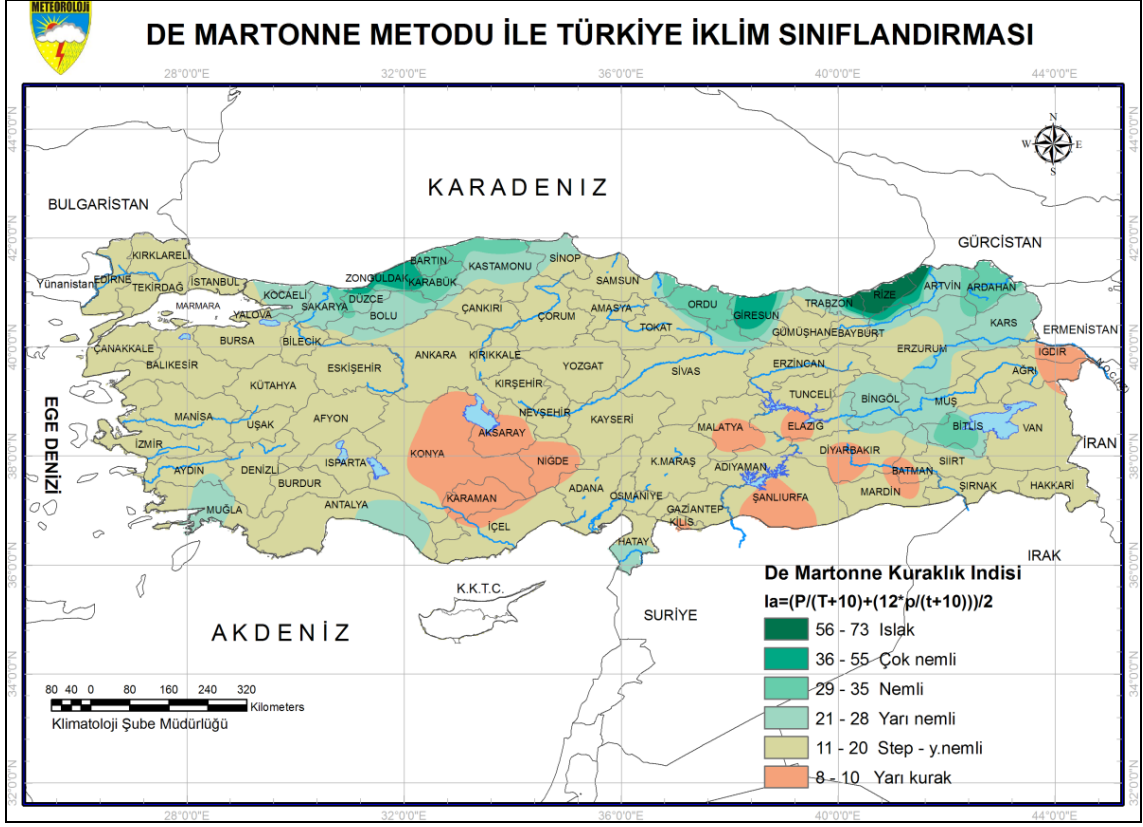


Şekil 2.3. Erinç Metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması (Anonim, 2013a)

Türkiye’de, Erinç İklim Sınıflandırması yönteminde bulunan tam kurak (çöl) iklim tipine rastlanılmamaktadır. Trakya’nın tamamı bu sınıflandırma sistemine göre “yarı nemli” dir.

De Martonne’un (1942) iklim sınıflandırma yöntemi sıcaklık ve yağış verilerine dayanmaktadır. Bu sınıflama sistemine göre Marmara Bölgesi Trakya kısmının tamamı step – yarı nemli iklim sınıfına girmektedir (Şekil 2.4).

Aydeniz iklim sınıflandırmasına oranla Erinç iklim sınıflandırmasında iç kesimlerdeki kurak iklime sahip alanların dağılımının azaldığı görülmektedir. Aydeniz iklim sınıflandırmasında kurak ve yarı kurak olarak nitelen alanların bir kısmı De Martonne yönteminde step-yarı nemli olarak sınıflandırılmıştır. Aydeniz kuraklık indisi sonuçları, Türkiye’deki gerçek iklim ve yağış rejimi koşullarına göre “kurak” ve “yarı kurak” koşulları çok aşırı bir şekilde öngörmektedir. Bu sebeple klimatolojik çalışmalar açısından uygun değildir.



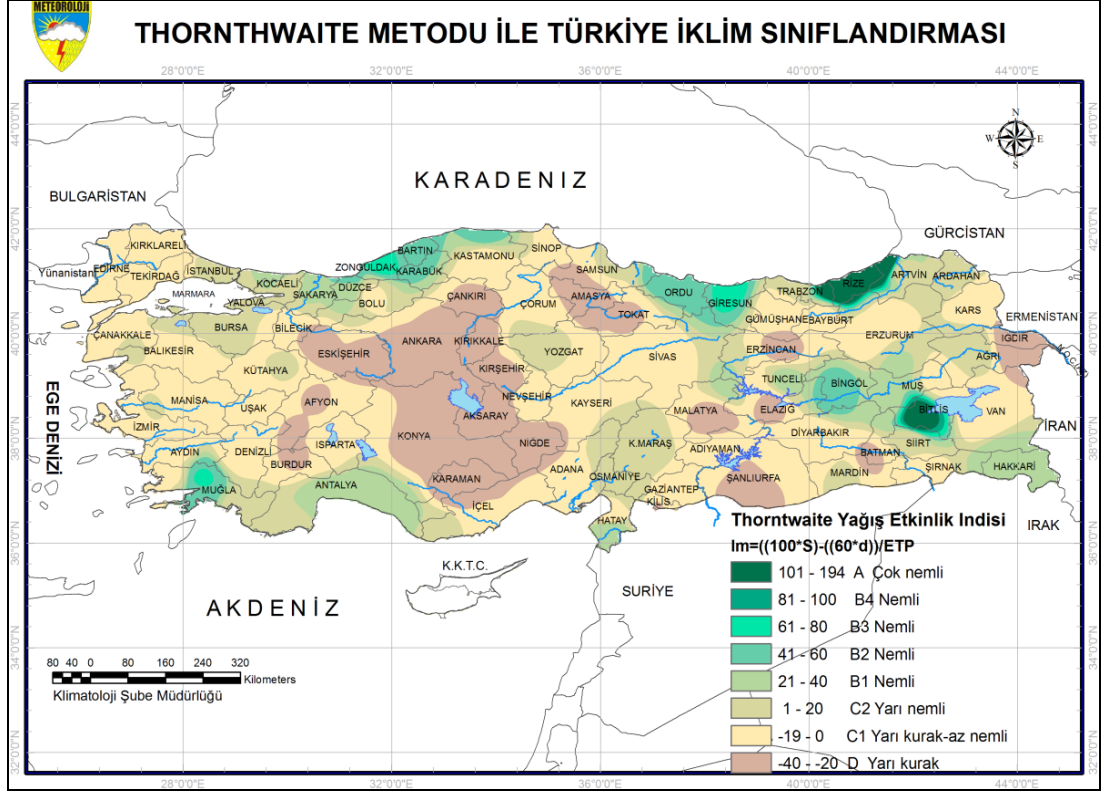
Şekil 2.4. De Martonne Metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması (Anonim, 2013a)

Thornthwaite iklim sınıflandırması yağış–buharlaştırma ve sıcaklık–buharlaştırma arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Hesaplama için gerekli olan potansiyel evapotranspirasyon değeri Thornthwaite yöntemiyle hesaplanabilmektedir (Thornthwaite, 1948). Bu yöntem kullanılarak oluşturulmuş Türkiye haritası işe Şekil 2.5’te görülmektedir. Thornthwaite Metodu ile Çatalca Yarımadası yarı nemli iklim sınıfında yer almıştır, Marmara Bölgesi Trakya bölümündeki diğer alanların ise yarı kurak – az nemli iklim sınıfında olduğu görülmektedir.

İklim sınıflama yöntemleri birbirlerine benzer sonuçlar vermektedir. İklim sınıfları İç Anadolu’yu yarı kurak olarak nitelendirmektedir. Bu bölgede sürekli olarak bir nem açığı hâlihazırda görülmektedir ve bu bölgeler kurak bölge olarak nitelenmektedir. Kuraklık ile kurak bölge (arid) terimleri birbirlerinden farklıdır ve karıştırmamak gerekmektedir.

Aridite, “yeryüzünün herhangi bir yerinde egemen olan fiziki coğrafya denetçilerinin ve uzun süreli atmosfer dolaşımı düzeneklerinin oluşturduğu sürekli yağış ve nem açığı koşulları ya da klimatolojik kuraklık” şeklinde tanımlanabilir (Türkeş, 2007). Bu koşulların yıl boyunca ya da yılın çok büyük bir bölümünde egemen olduğu alanlara, arid ya da kurak bölge adı verilir (Türkeş, 2012a).





**Şekil 2.5.** Thornthwaite Metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması (Anonim, 2013a)

Kuraklık ise “yağış tutarı normal düzeyin oldukça altında olduğunda ortaya çıkan ve arazi kaynakları üretim sistemlerini olumsuz biçimde etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan, doğal oluşumlu bir olay” olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2010). İklimsel değişimlerin neden olduğu geçici bir olay olan kuraklık, kurak ve yarıkurak bölgelerin yanı sıra, orta enlemlerin nemli-denizel iklimleri gibi öteki iklim bölgelerinde de oluşabilmektedir (Türkeş, 2010; Türkeş, 2012a).

Kuraklığın görülmesine katkıda bulunan sebepler: (1) okyanus-atmosfer sistemi, deniz yüzeyi sıcaklık anomalileri, kuraklık süresince toprağın sahip olduğu yüksek sıcaklık, kuru alanlardaki yüksek albedo, (2) güneş-hava ilişkileri ve (3) muson mekanizması ve onun bozulumu olarak açıklanabilir (Rodier ve Beran, 1979; Nagarajan, 2009).

Türkeş (1990) hazırlamış olduğu doktora tezinde kapsamlı olarak kuraklığın oluşumu hakkında bilgiler vermiştir. Kuraklığın ana nedenleri çeşitli kaynaklardan yapılan alıntılarla ayrıntılı bir şekilde aşağıdaki maddeler ile ifade edilebilir (Lamb, 1972; Thompson, 1975; Hare, 1983; Agnew ve Anderson, 1992; Barry ve Chorley, 2010; Türkeş, 2010; Maliva ve Missimer, 2012):

1) Büyük ölçekli konvektif *hareketlerle sübsidans (çökme)*: Sübsidans, atmosferin genel sirkülasyonuna (dolaşımına) bağlıdır. Atmosfer dolaşımının temel nedeni ekvatora yakın bölgelerde alınan güneş enerjisinin, kutuplara oranla daha fazla olmasıdır. Ekvator bölgelerinde ısınan hava genişleyerek hafifler ve bir konveksiyon süreciyle yükselir. Yükselen hava kutup bölgelerine hareketlendikçe soğumaya başlar ve ağırlaşarak alçalır. Bu alçalan sıcak hava kütlesi, kuzey ve güney yarı küredeki 20° ile 30° arasındaki enlemler üzerinde sıcaklık bırakarak ve basınç yaratarak kuru ve sürekli atmosferik koşulların oluşmasına neden olur. Bu atmosferik dolaşıma “Hadley Hücresi” denir ve Sahra Çölü’nün oluşum nedenidir. 30° ile 35° kuzey ve güney enlemleri arasında yer alan yüksek basınç kuşağının genişlemesine bağlı olarak görülen yağış azlığı sonucunda bu bölgedeki alanlarda kuraklık yaşanabilir. Türkiye’nin de üzerinde bulunduğu 30°N-40°N enlemleri arasındaki kuşak, çöller kadar kuvvetli olmasa da, yaz ve kış mevsimlerinde sübsidans hareketinin etkisinde kalmaktadır ve kuraklık oluşumu olabilmektedir.

2) *Yöresel ya da sınırlı sübsidans*: Bu tip sübsidans dağ engellerinin ya da özel fizyografik koşulların etkisiyle oluşmaktadır. Yöresel etmenlere bağlı olarak oluşan sübsidans, devamlı kurak bölgelerin oluşmasına sebep olduğu gibi, hava kütlelerinin geliş yönüne göre de bazı yerlerde geçici kuraklıkların yaşanmasına neden olabilmektedir. Dağ sıralarının hava kütlelerini serinletmesi, havanın soğumasına ve içerisindeki nemi dağlar üzerine bırakarak kurummasına neden olmaktadır. Rüzgar yönünün altında (leeward) kalan kuytu kısımdaki hava, yüksekliğin azalmasıyla birlikte hava sıcaklığının da artmasının yardımıyla, rüzgar üst kısımlarındaki (windward) nemli havaya oranla daha kuru ve sıcak olmaktadır. Bu etkiyle yağmur gölgesi (rain shadows) adı verilen az yağışlı alanlar oluşmaktadır.

Örneğin Amerika’daki Rocky Dağlarında olduğu gibi, rüzgar üst kısmında kalan dağ yüzeyleri yüksek yağış alırken, alt kısımlar yarıkurak/kurak koşullara sahip olabilir. And Dağları’nın etkisiyle oluşan sübsidans, Şili ve Peru kıyılarına paralel olarak uzanan Patagonya Çölünün oluşmasına neden olmaktadır. Kuzey Amerika’nın batısında, batı ve güney Arjantin’de ve orta Asya’da oldukça geniş alanlarda görülen kurak da bu nedenlerle meydana gelmektedir.

Ülkemizde denizel nemli havanın iç kısımlara geçmesi, kuzey ve güneyde bulunan sıra dağların denize paralel olarak konumlanması nedeni ile engellenmektedir. Anadolu platosunun kuzeyinde uzanan dağ sıralarının güney eteklerindeki derin vadi tabanları ve depresyonlarla, Toroslar’ın kuzey eteklerinde yer alan alçak plato ve ovalarda kuytu yamaç sübsidansının etkisiyle Türkiye’nin az yağışlı, kurak/yarıkurak alanlar oluşmuştur.

Türkiye iklimini özellikle yağış açısından etkileyen ana fiziki coğrafya etmenleri, (a) Karadeniz ve Akdeniz havzaları, (b) kuzey ve güneyindeki batı-doğu uzanışlı yüksek dağ sıraları, (c) ortalama yüksekliği 1,100 m'yi aşan yüksek Anadolu platosu ve (d) Atlas okyanusudur. Atlas Okyanusu Türkiye'ye nem taşıyan ve hareketli yağışlar bırakan nemli hava kütlelerinin doğu bölgesidir (Türkeş, 1990).

3) *Yağış oluşumunu yönlendiren atmosferik kararsızlık ile karışım.* Yeryüzünün herhangi bir bölgesinde, siklonlar, orta enlem depresyonları, yüksek seviye olukları ya da alçak merkezleri gibi atmosferik kararsızlıkların oluşmaması sonucu kurak/yağışsız hava koşulları meydana gelmemektedir.

Güney Batı Asya ve Orta Doğu gibi bölgelerde kıta iç kesimlerine esen rüzgarlar oldukça az nem içermekte ve nemi emerek azaltmaktadır. Bu durumda nemli hava açısından önemli olan, okyanuslara olan mesafeden daha çok nemli rüzgarların esiş yönünde bulunan okyanuslara olan mesafedir.

Orta enlem fırtına yollarının yön değiştirmesi de kuraklıklara neden olmaktadır. Bu durum, polar cephe kuşağının düşük enlemlerde genişlemesi veya orta enlemlerde döngünün engellenmesi ile ilişkili olabilir. Amerika'da Rocky dağlarının doğusundaki Great Plain (büyük düzlük) bölgesindeki 1890 ve 1930'larda gerçekleşen kuraklıkların genel dolaşımdaki değişimden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Ancak, 1910 ve 1950'lerde aynı bölgede meydana gelen kuraklık, güney doğudaki sürekli yüksek basınçtan ve fırtına yollarının kuzeye doğru yön değiştirmesinden meydana gelmiştir.

Örneğin, Türkiye'nin büyük bir bölümünde ortaya çıkan yaz kuraklığı, kısmen sübsidansın ve esas olarak da kışın yağışları getiren siklonik depresyonların bulunmamasının bir sonucudur. Başka bir ifade ile Türkiye'nin büyük bir bölümünde ortaya çıkan yaz kuraklığı, sübsidansın hâkim olduğu Azor yüksek basıncı ile kurak ve sıcak özellik gösteren Muson Alçağının uzantısı olan Arap Alçağı basıncının etkisiyle oluşmaktadır. Kış kuraklığının nedeni ise, Akdeniz ve İzlanda depresyonlarının ve kutupsal cephe salınımlarının beklenen dönemsellik ve sıklıkta etkili olamaması, aksine soğuk ve kurak özellik taşıyan Sibirya antisiklonunun etkili olmasıdır.

4) *Nemli hava akımlarının olmaması.* Yağış için havadaki nemim doyma noktasına ulaşması gerekmektedir, havanın nemli olması her zaman yağış olacağı anlamına gelmemektedir. Nemli hava akımlarında meydana gelebilecek düzensizlikler kuraklık oluşumuna neden olabilmektedir.

Yaz musonlarının dolaşımındaki değişimler, batı Afrika ve Hindistan'ın Pencap bölgeleri gibi alanlarda nemli tropikal akımların gecikmesine ya da gerçekleşmemesine sebep olmaktadır. 1950-2000 yılları kayıtlarına göre, 1965–1966, 1972 ve 1987 yıllarında musonlardaki bu düzensizlik Hindistan'da en şiddetli ve yıkıcı kuraklıklara neden olmuştur.

Bazı karasal iç bölgeler nem taşıyan serin hava akımlarından oldukça uzak bulunmaktadır. Orta Asya'nın çöl ve step alanları, Himalayalar ve Tibet platosu gibi engellerle güneyden gelen nemli musonsal akımlardan yararlanamamaktadır. Benzer koşullar, daha dar alanlı olmasına rağmen, İç ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri için de geçerlidir.

Okyanuslardaki soğuk su akıntılarının da kurak bölgelerin oluşumunda ve kuraklıkların gerçekleşmesinde etkisi olmaktadır. Karasal bölgelere yakın soğuk okyanus akıntıları atmosferin alt kısmını serinletebilir. Ancak, yüksekteki daha sıcak hava kütesinin soğuk hava tabakası üzerinde birikmesi çok tabakalı hava yapısının oluşmasına neden olur, bu durum havanın yükselmesini ve yağış oluşumunu engeller. Örneğin Peru, Umman ve Namibya kıyılarında serin havanın iç kesimlere hareketi sonucunda ısınma ve nemde azalma meydana gelir. Atakama ve Namib çölü bu soğuk su akıntılarının etkisi ile meydana gelmiştir.

Kuraklık en iyi şekilde klimatolojik ve hidrolojik parametrelerin beraber irdelenmesi ile karakterize edilir (Mishra ve Singh, 2010). Meydana gelen meteorolojik kuraklık her zaman hidrolojik kuraklığa neden olmayacağı gibi, uzun bir kuraklık döneminin ardından düşecek yağış tarımsal kuraklığın sona erdiği anlamına gelmemektedir. Kuraklığın başlangıç/ bitiş zamanının ve şiddetinin belirlenmesi amacıyla kullanılan başlıca kuraklık indisleri aşağıda listelenmiştir:

a) Meteorolojik *Kuraklık İndisleri*:

- Standartlaştırılmış Yağış İndisi (Standardized Precipitation Index, SPI) (McKee ve ark., 1993).
- Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (Palmer Drought Severity Index, PDSI) (Palmer, 1965).
- Yağış Anomali İndisi (Rainfall Anomaly Index, RAI) (van Rooy, 1965).
- Ayrık ve kümülatif yağış anomalileri (Discrete and cumulative precipitation anomalies) (Foley, 1957).

- Desiller (Rainfall deciles) (Gibbs ve Maher, 1967).
- Kuraklık Alan İndisi (Drought Area Index, DAI) (Bhalme ve Mooley, 1980).

*b) Hidrolojik Kuraklık İndisleri:*

- Toplam Su Açığı (Total Water Deficit) (Dracup ve ark., 1980; Keyantash ve Dracup, 2002).
- Palmer Hidrolojik Kuraklık Şiddet İndisi (Palmer Hydrological Drought Severity Index) (Palmer, 1965).
- Yüzey Su Sağlama İndisi (Surface Water Supply Index, SWSI) (Shafer ve Dezman, 1982).

*c) Tarımsal Kuraklık İndisleri*

- Bitki Nem İndisi (Crop Moisture Index, CMI) (Palmer, 1968).
- Palmer Nem Anomali İndisi (Palmer Moisture Anomaly Index, Z-Index) (Palmer, 1965)
- Toprak Nem Hesabı (Computed Soil Moisture) (Huang ve ark., 1996)
- Toprak Nem Anomali İndisi (Soil Moisture Anomaly Index) (Bergman ve ark., 1988)
- Bitki Su Stres İndisi (Crop Water Stress Index, CWSI) (Idso ve ark., 1981).

Kuraklığın belirlenmesinde ve nitelendirilmesinde kullanılan bu göstergeler, aşağıda verilen gereksinimleri karşılamalıdır (Türkeş, 2010).

a) Var olan meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal gözlem ve ölçüm sistemlerinden sağlanan veriler kullanılarak hesaplanabilmelidir.

b) Kuraklığın etkilerine açık sosyal, ekonomik ve çevresel sistemler ile öncelikli ve doğrudan bir ilgisi bulunmalıdır,

c) Bilgi kaybı en az olmalıdır.

d) Aşırı (çok düşük ya da yüksek) nitelendirme ve öngörü yapılmamalıdır.

e) İzleme, erken uyarı ve öngörü için kullanılabilir.

Meteorolojik kuraklığın tanımlanmasında birçok değişik model kullanılmaktadır ve düşen yağış miktarı bu modellerinin esasını oluşturmaktadır. Yaygın olarak kullanılan

meteorolojik kuraklık belirleme yöntemlerinden biri McKee ve ark. (1993) tarafından tanımlanan Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI)'dir. Bu yöntem kuraklığı belirleme ve izleme amacıyla geliştirilmiştir ve yöntem için ihtiyaç duyulan tek meteorolojik değişkenin yağış olması uygulamasını kolay kılmaktadır.

Palmer (1965) tarafından tanımlanan Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PKŞİ), kuraklığın tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan başka bir yöntemdir. Toprak su bütçesi eşitliğine dayanan bu yöntem, topraktaki su depolanmasını da içerdiği için bir hidrolojik kuraklık belirleme yöntemi olarak da kabul edilebilir.

Kuraklığın gözlenmesi, analizi ve değerlendirilmesinde kullanılan Palmer Kuraklık Şiddet İndisi, Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI), Palmer Nem Anomali İndisi (Z), Ağırlıklı Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (WPDSI), Aridite İndisi (AI) ve Su Açığı İndisi (P-PET) orta ve uzun dönem kuraklık yönetimlerinin planlanmasında önemli olabilmektedirler (Türkeş, 2010; Türkeş ve Tatlı, 2010; Tatlı ve Türkeş, 2011).

Bryant (2005) felaketleri, karakteristikleri ve etkilerine göre sıralamıştır. Bu sıralamada felaketlerin görülme sıklıkları, uzunlukları, görüldükleri alan, toplam can kaybı, toplam ekonomik kayıp, sosyal etki, uzun-dönem etkileri, oluşum süreleri ve diğer felaketlerin ortaya çıkışlarındaki etkilerini dikkate almıştır. Kuraklık felaketler arasında ilk sırada yer almış ve onu sırasıyla tropikal siklonlar, bölgesel taşkınlar, depremler ve volkanlar izlemiştir.

Obasi (1994) etkilediği insan sayısı dikkate alındığında tüm doğal felaketler içerisinde kuraklığın ilk sırada yer aldığını belirtmiştir. 1967-1991 yılları arasında 1.4 milyar insan kuraklıktan etkilenirken, taşkınlar ise yaklaşık 1 milyar insanı etkilemiştir. Bu süre içerisinde doğal felaketlerden yaklaşık 2.8 milyar insan zarar görmüş ve meteorolojik ve hidrolojik olaylar nedeniyle yaklaşık 3.5 milyon kişi hayatını kaybetmiştir.

Uzun süreli kuraklık olayları, tarım, orman ve hayvancılığı, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını, enerji üretimini, sucul ekosistemleri çok olumsuz etkilemektedir. Meteorolojik kuraklık sonucunda tarım alanlarının sulanmasında önemli sorunların yaşanması, hidrolojik açıdan ise, barajlarda yeterli tutarda su toplanamaması, içme suyu kaynaklarının yetersiz kalması ve çevrenin, toplumsal yaşamın ve sosyoekonomik sistemlerinin olumsuz yönde etkilenmesi gibi önemli sorunların ortaya çıkması kaçınılmaz olarak beklenen olumsuz sonuçlardır (Türkeş, 2012a).

Kuraklık yapısı gereğince tahmini zor bir doğal afettir. Kuraklık afetinin tekrarlanma sürelerinin (frekans) tahmini için değişik istatistiksel yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bölgesel frekans analizlerinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden bir tanesi L-momentler yöntemidir. Hosking (1990) tarafından geliştirilen L-momentler yöntemi sayesinde parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlama ile ilgili çeşitli problemlerin çözümü sağlanabilmektedir. Literatürde L-momentler yaklaşımı ile kuraklığın gözlemlendiği bölgelerin sınıflandırması üzerine birçok çalışma mevcuttur. Bunlardan bazıları (Yürekli ve Anlı, 2008; Núñez ve ark., 2011; Yoo ve ark., 2012; Topçu, 2013; vb) şeklinde sıralanılabilir.

Markov Zincirleri, zaman serilerinin kullanılması ile geleceğe ilişkin olasılık hesaplamalarının yapıldığı, kuraklık tahminlerinin yapıldığı yöntemlerden bir tanesidir (Steinmann, 2003; Paulo ve ark., 2005; Moradi ve ark., 2011, vb.).

Yapay sinir ağları (YSA) insan beyninin çalışma sistemini esas alarak, veriler arasında bağlantılar kurma, öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmayı sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, uzun yıllık nem verilerinin kullanılması ile gelecek dönemlere ilişkin kuraklık tahminlerinin yapılmasında kullanılabilir. Mishra ve Desai (2006), Ochoa-Rivera (2008) ve Mishra ve Nagarajan (2012), araştırmalarında YSA yöntemi yardımıyla kuraklığın tekrarlanma süresi hakkında modeller oluşturmuş ve tahminler üretmişlerdir.

Kuraklığın takibi için değişik yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan bazıları; (1) su haznelerinin hacminin, nehir akımlarının, toprak nem içeriğinin ve yer altı sularının doğrudan ölçülmesi, (2) kuraklık indisleri, (3) uzaktan algılama, (4) geliştirilmiş olan modeller ve (5) kuraklığın etkilerinin tarım alanlarında fenolojik olarak gözlemlenmesidir. Bu yöntemler tek başlarına kullanıldıkları gibi birlikte de kullanılabilirler.

Mekansal enterpolasyon, özellikle karmaşık dağılım gösteren araziler üzerinde çoğu zaman bazı belirsizlikler yaratmaktadır (Flannigan ve ark., 1998), aynı zamanda meteorolojik veriler topografya nedeni ile kolaylıkla değişebilmektedir (McVicar ve ark., 2007). Buna karşılık, meteoroloji gözlem istasyonlarının seyrek olduğu ya da bulunmadığı yerlerde uydu sensörleri kuraklığın neden olduğu vejetasyon değişimlerinin direkt olarak gözlenmesini sağlayabilir (Ji ve Peters, 2003; Caccamo, 2011).

Kuraklığın tespiti ve takip edilmesi için uydu tabanlı çeşitli indeksler geliştirilmiştir. Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI) (Rouse ve ark., 1974) bu indeksler içerisinde

kuraklık durumlarının değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemdir (Ji ve Peters, 2003; Jain ve ark., 2009; Rhee ve ark., 2010; Son ve ark., 2012). Daha yakın zamanlı çalışmalarda ise kuraklığın takibi için Normalize Edilmiş Su İndisi (NDWI) (Gao, 1996), Sıcaklık Vejetasyon Kuruluk İndisi (TVDI) (Sandholt ve ark., 2002) ve Normalize Edilmiş Çok Bantlı Kuraklık İndisi (NDMI) (Wang ve Qu, 2007) geliştirilmiştir.

Doğal afetlerin tehlikesi altında bulunan sistemlerin afet öncesi risk planlamasının ve afet sonrası kriz yönetimlerinin çok iyi hazırlanması, bu sistemlerin afetin etkilerinin en aza indirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Afet yönetiminin Wilhite (1999a; 2000) tarafından tanımlanan şekilsel anlatımı Şekil 2.6'da görülmektedir.

Çizginin üst kısmında afet öncesinde (koruma) ve alt kısmında afet sonrasında (düzeltme) yapılması gereken uygulamalar görülmektedir. Doğal afetlerin zaman içerisinde tekrarlanması nedeni ile bu yönetim planlaması bir halka şeklini almaktadır. Afet öncesi yönetim planının oluşturulmasında, etki altında kalan sistemin zayıf ve kuvvetli yönlerinin belirlenmesi ve afetin çok iyi bir şekilde karakterize edilmesi gerekmektedir.

Duyarlılık veya hassasiyet, bir sistemin, alt-sistemin ya da sistem bileşeninin tehlike, düzensizlik ya da stres kaynağının zararlı etkisine maruz kaldığındaki dayanım derecesi olarak tanımlanabilir (Turner ve ark., 2003). Wilhelmi ve Wilhite (2002) ise hassasiyeti bir sosyoekonomik sistemin veya fiziksel varlıkların doğal tehlikelerin etkisine karşı duyarlılığı ya da esnekliği olarak ifade etmiştir. Hassasiyet üzerine literatürde 25'in üzerinde tanımlama yapılmıştır (Birkmann, 2006).

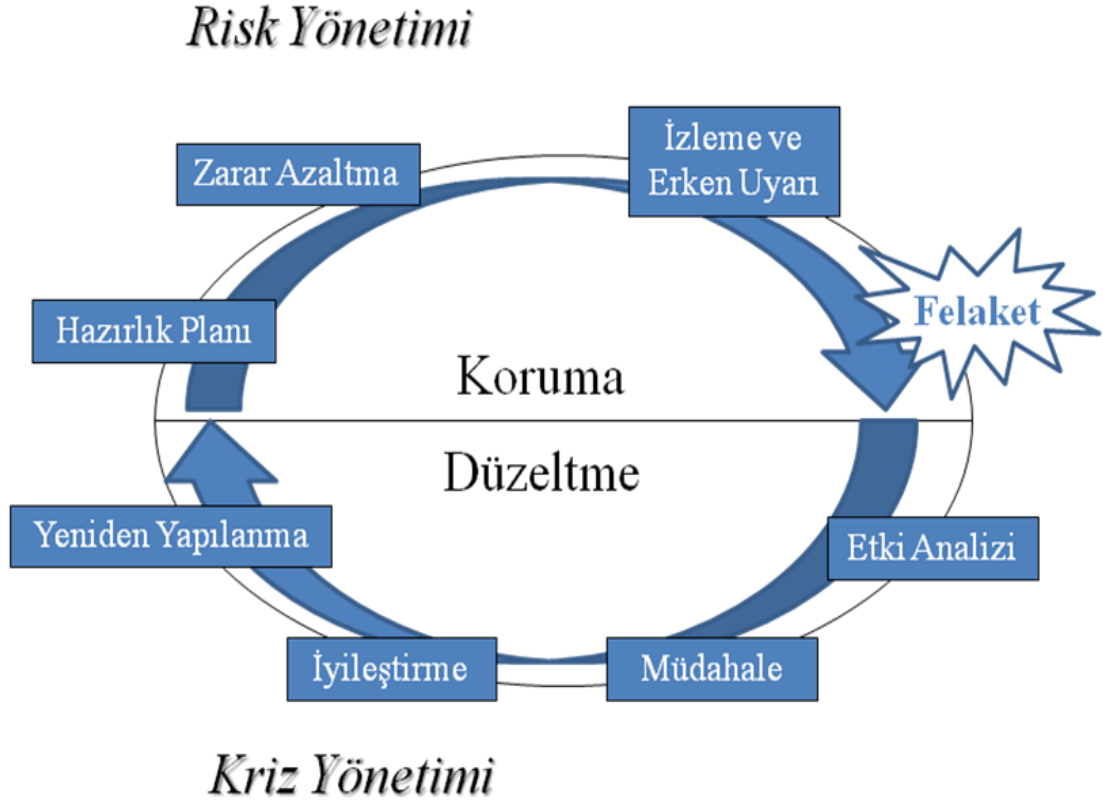
Uluslararası Doğal Afetleri Azaltma Kurumu'nun hassasiyet tanımı aşağıdaki şekildedir (UN/ISDR, 2004).

“Fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel faktörler ya da süreçler tarafından belirlenen ve bir toplumun afetlerin etkileri karşısında duyarlılığını arttıran koşullardır.”

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, UN/ISDR'in toplumun duyarlılığına etki eden durumlara ilişkin yaptığı hassasiyet tanımlamasına karşılık toplumsal durum ve süreci esas alan bir tanımlama yapmıştır (UNDP, 2004).

“Fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlerin sonucu oluşan ve bir afetin doğuracağı zarar olasılığını ve ölçeğini belirleyen bir insanlık durumu ya da sürecidir.”





**Şekil 2.6.** Afet yönetim planı (Wilhite, 1999a, 2000'dan düzenlenmiştir)

Hassasiyet araştırmalarının başlangıcı sosyal bilimlere dayanmaktadır (Luers ve ark., 2003; Schneiderbauer ve Ehrlich, 2004). 1970'ler ve özellikle 1980'ler süresince afetlerin etkileri ve insan hareketleri arasındaki ilişkiler, hassasiyetin soysa-ekonomik boyutu sıkça çalışılmış ve tartışılmıştır (Twigg, 2001). İnsanların sosyal, ekonomik, politik yaşamlarının doğa olayları karşısındaki hassasiyetleri bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Blaikie ve ark., 1994; Bohle ve ark., 1994; Adger ve Kelly, 1999; Handmer ve ark., 1999; Fraser ve ark., 2003).

Doğal afetler karşısında insan topluluklarının hassasiyetlerini tespit etmek için geliştirilmiş farklı modeller ve sistemler bulunmaktadır (Anderson ve Woodrow, 1989; Blaikie ve ark., 1994; Bohle, 2001; Cannon ve ark., 2003; Birkman, 2005).

Kapasite ve Hassasiyet Değerlendirme Modeli (CSA: Capacities and Vulnerabilities Analysis)'nin temeli insanların hassasiyeti ile afet yönetiminin yetersizliklerini ilişkilendirmektir (Anderson ve Woodrow, 1989). Bu yöntem daha çok gelişmeye yönelik çözümsel müdahaleler oluşturulmak için şekillendirilse de, afete hazırlık ve etki azaltma amacıyla geniş ölçüde kullanılmaktadır (Twigg, 2001). CSA modelinin temeli insanların

hassasiyetlerini ve kapasitelerini gösteren basit bir matrise dayanmaktadır (Anderson ve Woodrow, 1989). CSA matrisini yapısı Şekil 2.7’de görülmektedir.

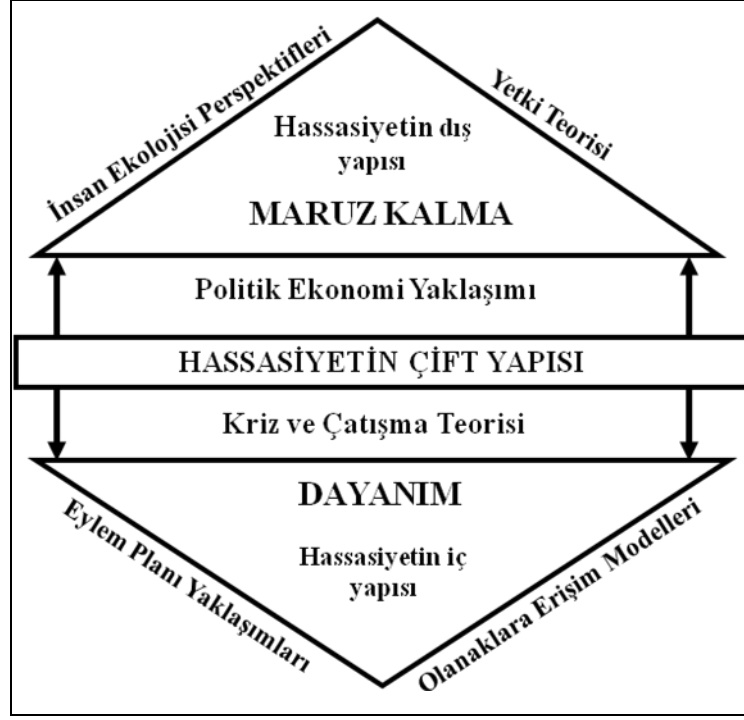
	Hassasiyet	Kapasite
Fiziksel/ Maddi yapı		
Sosyal/ Örgütsel yapı		
Motivasyonel/ Davranışsal unsurlar		

**Şekil 2.7.** CSA matrisi (Anderson ve Woodrow, 1989’den uyarlandı)

Fiziksel/maddi yapı kısmı üretim kaynaklarına, yeteneklere ve tehlikenin varlığına ilişkin sorulara cevap aramaktadır. Hassasiyetin en görünür alanlarını içermektedir. Bunlar, arazi, iklim, çevre, işgücü ve kalitesi, altyapı, iskân, parasal güç ve teknolojidir. Sosyal/örgütsel yapı, insanların nasıl örgütlendiğini, sosyal yapının afetle mücadele gücünü, afetlerin sosyal ve örgütsel yapılar üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Motivasyonel/davranışsal unsurlar, kriz durumunda toplumun afet karşısındaki ideolojik ya da düşünsel yapısının güçlülüğünü açıklamaktadır.

Japonya’da 2011 yılında meydana gelen deprem sonucu oluşan yıkım, tsunami ve radyasyon felaketlerinin sonucunda, Japon halkının gösterdiği sakin, yardımlaşan, kaos ortamı yaratmayan ve fedakar davranışları sayesinde felaketin yaralarının çok hızlı bir şekilde sarılması, motivasyonel/davranışsal unsurların ne kadar önemli olduğunu göstermiştir.

Bohle (2001) hassasiyet kavramının iç ve dış tarafa sahip çift yapılı olarak görülebileceğini belirtmiştir. Hassasiyetin iç kısmı afeti sezinleyebilme, etkilerine karşı dayanım ve afet sonrası yenilenebilme kapasiteleri ile ilgilidir. Dış kısmı ise risklere ve darbelere maruz kalmak ile ilişkilidir. Bu çift taraflı yapı, dış etkilere maruz kalma ve etkilenen grup ya da toplumun karşı koyabilme kapasitesi arasındaki etkileşim sonucunda hassasiyet kavramının oluştuğunu göstermektedir (Twigg, 2001). Bohle (2001)’in hassasiyet analizi için oluşturduğu kavramsal çerçeve Şekil 2.8’de görülmektedir.

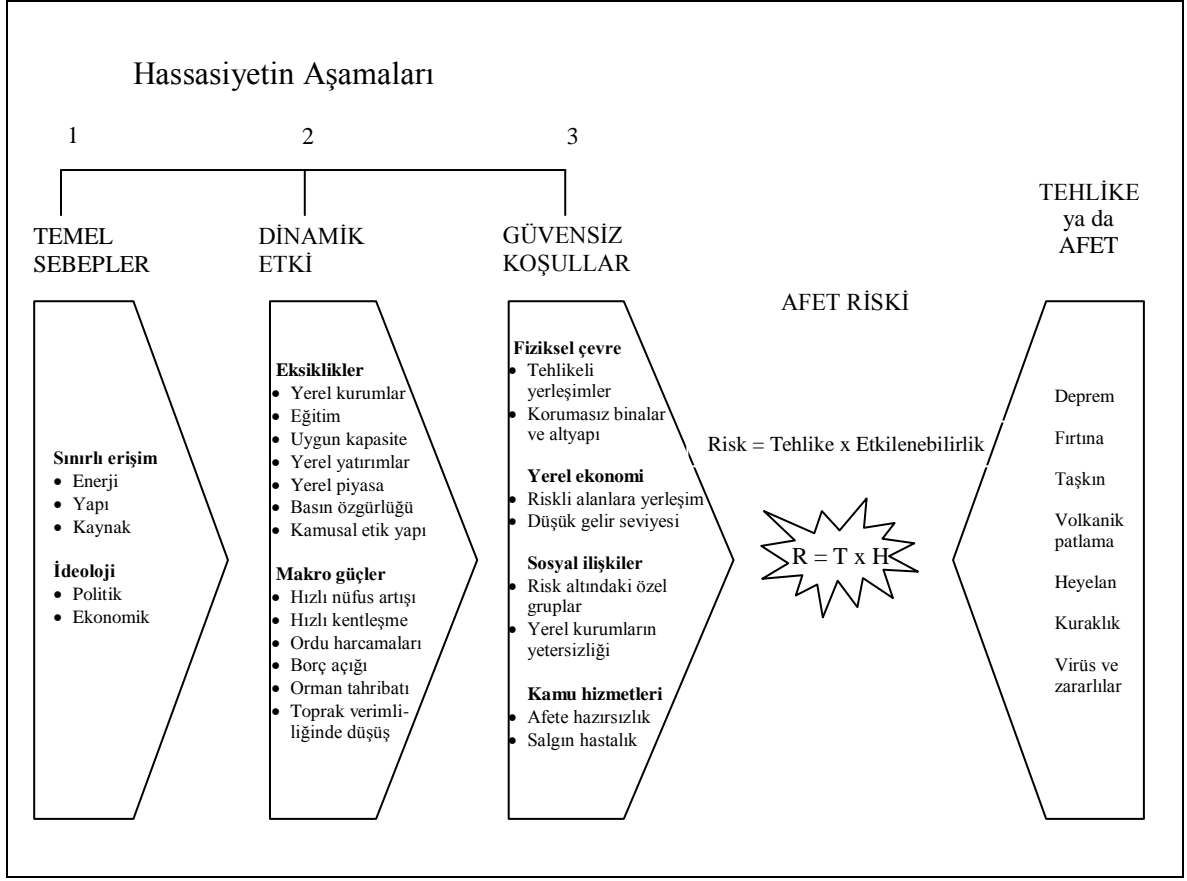


**Şekil 2.8.** Bohle (2001)'in hassasiyet analizi için oluşturduğu kavramsal çerçeve (Bohle, 2001'den uyarlanmıştır)

Sosyal eşitsizlikler ve varlıkların orantısız bölümü (politik ekonomi yaklaşımı), nüfus dinamikleri ve çevresel yönetim (insan ekolojisi perspektifleri) ve ekonomik araçların yasal yolla yönetilmesi ya da insanlara ulaşımında zorluklar (yetki teorisi) hassasiyetin dış tarafına etkileri bulunan faktörlerdir (Ciurean ve ark., 2013).

Hassasiyetin iç yapısına etkisi olan faktörler ise, kriz ve çatışma teorisi (varlık ve kaynakların kontrolü, kriz durumlarının yönetim kapasitesi ve anlaşmazlıkları çözmek), eylem planı yaklaşımları (sosyal, ekonomik veya hükümet kısıtlamaları sonucunda insanları nasıl özgürce hareket edeceği ve tepkileri) ve olanaklara erişim teorisi (varlıklara erişim hassasiyetinin azaltılması)'dır (Ciurean ve ark., 2013).

Hassasiyet konusunda geliştirilmiş en bilinen ve geniş ölçüde uygulanan modellerden biri, Blaike (1994)'nin Etki-Tepki Modelidir (Pressure and Release, PAR). PAR modeli afeti, iki karşıt gücün kesişmesi olarak tanımlamaktadır, bir tarafta hassasiyeti oluşturan faktörler ve diğer tarafta da afetin fiziksel gücü bulunmaktadır. Artan etki her iki taraftan da gelebilmektedir (Blaike ve ark., 1994; Twigg, 2001). Ancak etkiyi azaltmak için hassasiyetin düşürülmesi gerekmektedir (Twigg, 2001). PAR modelinin iki karşıt gücünü Şekil 2.9'da görülmektedir (Blaike ve ark., 1994).



**Şekil 2.9.** PAR modeli (Blaike ve ark., 1994'dan uyarlanmıştır)

PAR modeli hassasiyet kavramının, afet ile doğuracağı yıkım arasındaki konumunu göstermekte ve bu durumu aşağıda verilen eşitlik (2.1) ile açıklamaktadır. Eşitlik, Şekil 2.9'da iki karşıt gücün birbirleri ile çakıştıkları yerde görülmektedir. Bu formül, herhangi bir doğal afet karşısında hassasiyet kavramının yerini göstermektedir.

$$\text{Afet Riski} = \text{Afet} \times \text{Etkilenebilirlik} \quad (2.1)$$

Çevre, siyaset, ekonomi, yaşam tarzı, toplumsal özellikler gibi birbirlerinden farklı konular, hassasiyet kavramında afet karşısında birlikte ele alınmaktadır. Hassasiyet analizleri bu nedenle kapsamlı araştırmalardır.

İklim değişikliği karşısında etkilenebilirlik kavramını Türkeş (1999, 2011, 2013, 2014) "bir topluluk ya da sistemin (fiziki coğrafyaya ilişkin, ekolojik sistemin ya da sosyoekonomik sektörün) iklim değişikliği stresinden (gerilim ve baskı) etkilenme ya da etkiye açık olma derecesi, gerilimi karşılama ya da yanıtlayma düzeyi (duyarlık) ve iklim değişikliklerine uyum düzeyi (uyum kapasitesi) arasındaki ilişki" şeklinde tanımlamıştır.

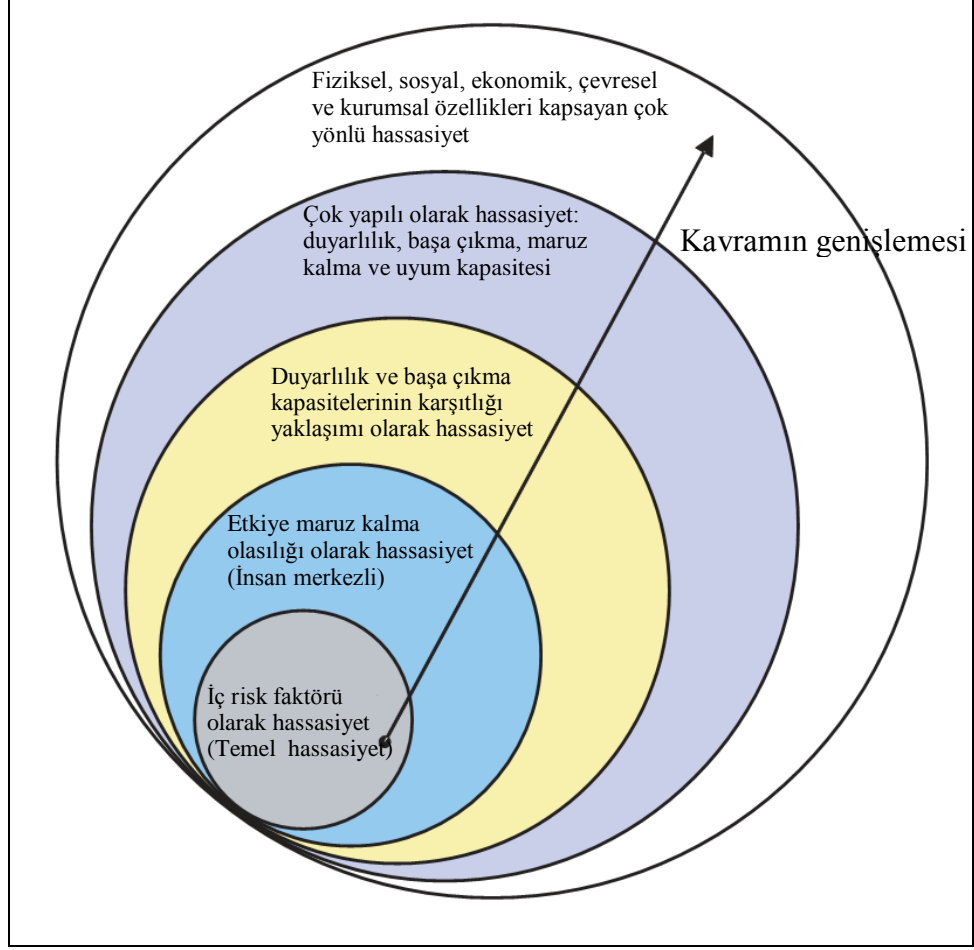
Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nde iklim değişikliği karşısında etkilenebilirlik tanımı yapılmıştır (IPCC, 2001, 2007). IPCC (2007)'in tanımına göre, iklim değişikliği bağlamında etkilenebilirlik;

“Bir sistemin, iklim değişkenliği ve ekstremeleri içeren iklim değişiminin olumsuz etkilerine karşı, duyarlılık ve baş edebilme derecesidir. Etkilenebilirlik, iklim değişikliğinin karakteri, büyüklüğü ve hızının bir fonksiyonudur ve etki altındaki sistem, onun duyarlılığı ve uyum kapasitesinin varyasyonudur.”

Bu tanımlar iklim değişikliği karşılığında etkilenebilirlik/hassasiyet kavramını üç temel bileşene ayırmaktadır. Birinci bileşen, afetin kuvveti ve frekansının sistem üzerindeki baskısını tanımlayan güçtür. Sistem bu güce maruz kalmaktadır (exposure). İkinci bileşen ise bu etkiye maruz kalan sistemin, afetin gücü karşısındaki kırılma sınırlarını tanımlayana duyarlılık (sensitivity) terimidir. Üçüncü bileşen ise afet sonrasında, sistemin yeni koşullara uyum kapasitesi (adaptive capacity) olarak tanımlanmaktadır.

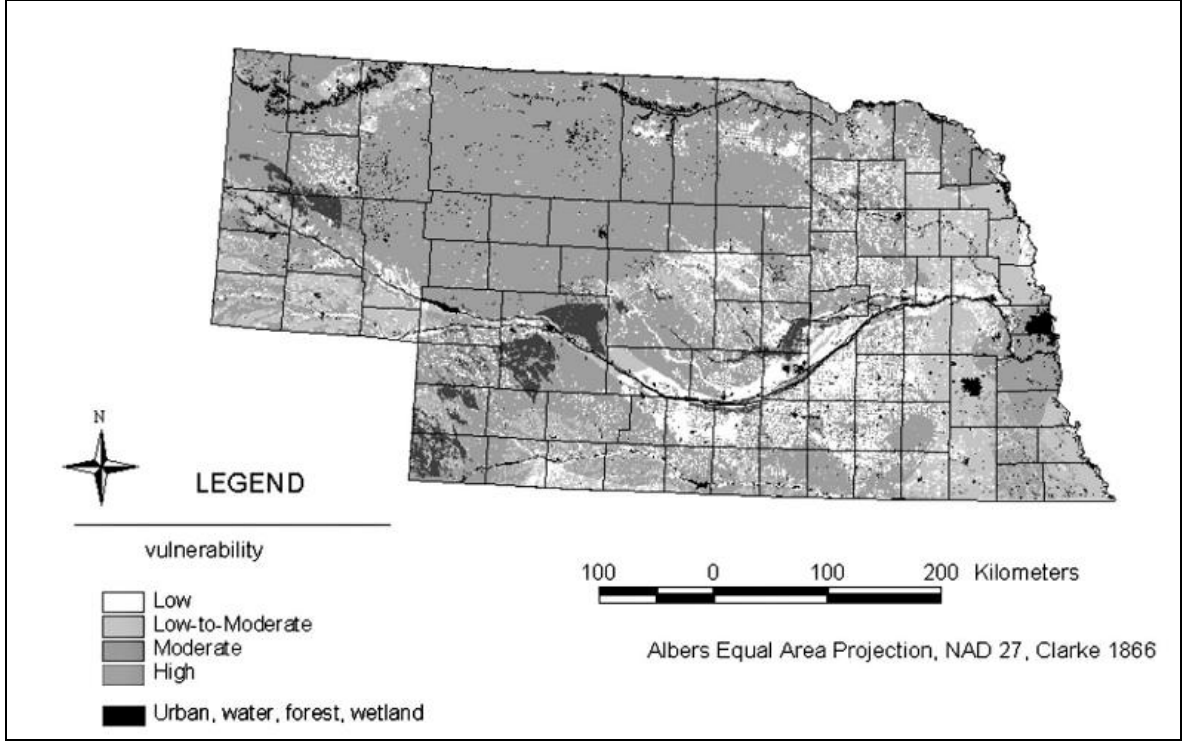
Birkmann (2005) hassasiyet üzerine yaptığı araştırmasında, yukarıda açıklanan hassasiyet bileşenleri ile hassasiyet kavramını halkalar halinde genişleyen bir yapı şeklinde tanımlamıştır (Şekil 2.10).

Hassasiyet üzerine yapılan tanımlamalardan anlaşılacağı gibi bu kavram afet planlamalarının en önemli parçalarından biridir. Wilhite (1999b) kuraklık afet planlarını (1) izleme ve erken uyarı, (2) hassasiyet ve etki değerlendirmesi ve (3) zarar azaltma ve müdahale olmak üzere üç aşamadan meydana geldiğini belirtmiştir.



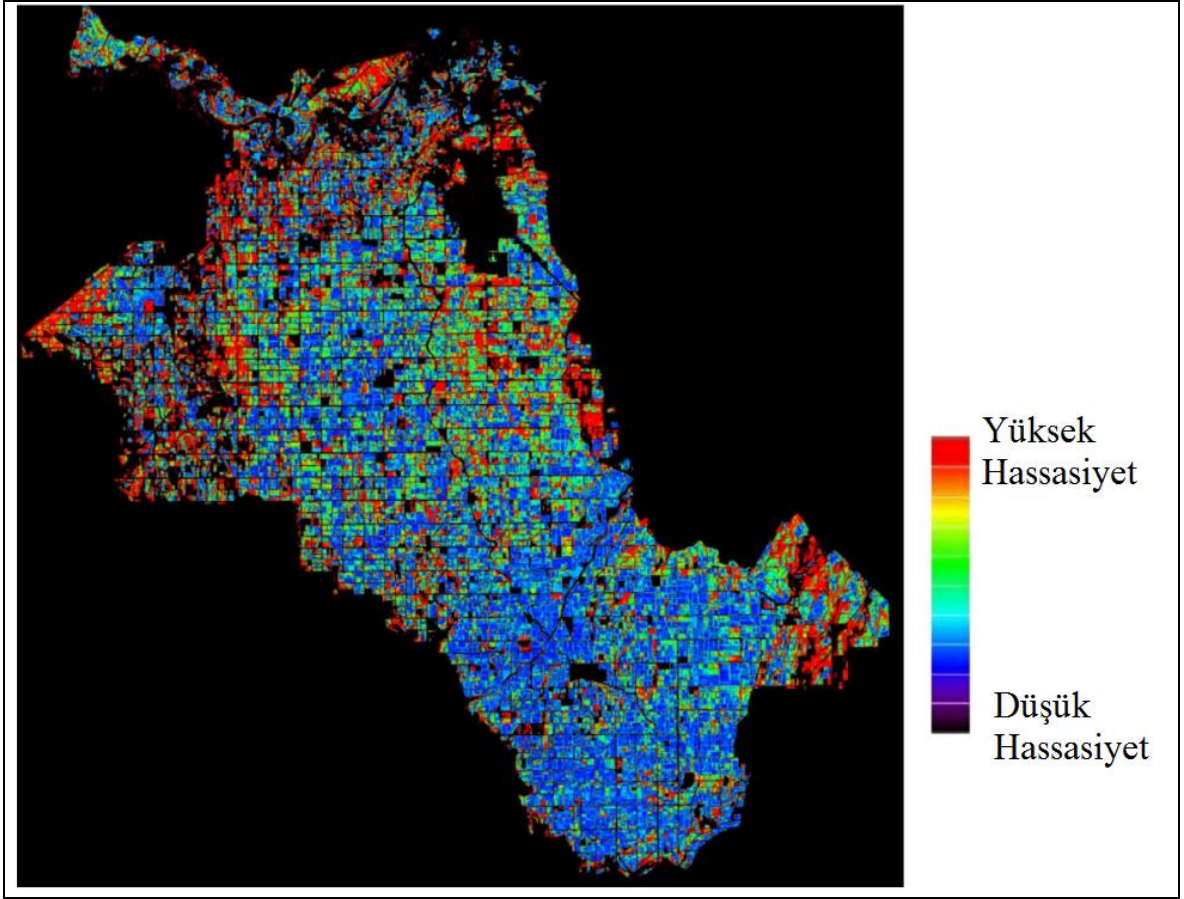
**Şekil 2.10.** Hassasiyet kavramının genişleyen halkaları (Birkmann, 2005’den uyarlanmıştır)

Wilhelmi ve Wilhite (2002), yaptıkları çalışmalarında coğrafi bilgi sistemlerini de kullanarak Nebraska’nın tarımsal kuraklık duyarlılığını haritasını iklim, toprak özellikleri, arazi kullanımı, sulama faktörlerini esas alarak çıkartmışlardır. Sulanmayan tarımsal alanlar ve kumlu topraklar üzerindeki çiftlik arazilerinin kuraklığa en hassas bölgeler olduğunu belirtmişlerdir. Wilhelmi ve Wilhite’in bu araştırmaları kuraklık duyarlılık çalışmalarına rehber bir çalışma olmuştur. Çalışmalarının sonucunda oluşturdukları kuraklık hassasiyet haritası Şekil 2.11’de görülmektedir.



**Şekil 2.11.** Nebraska tarımsal kuraklık hassasiyeti haritası (Wilhelmi ve Wilhite, 2002)

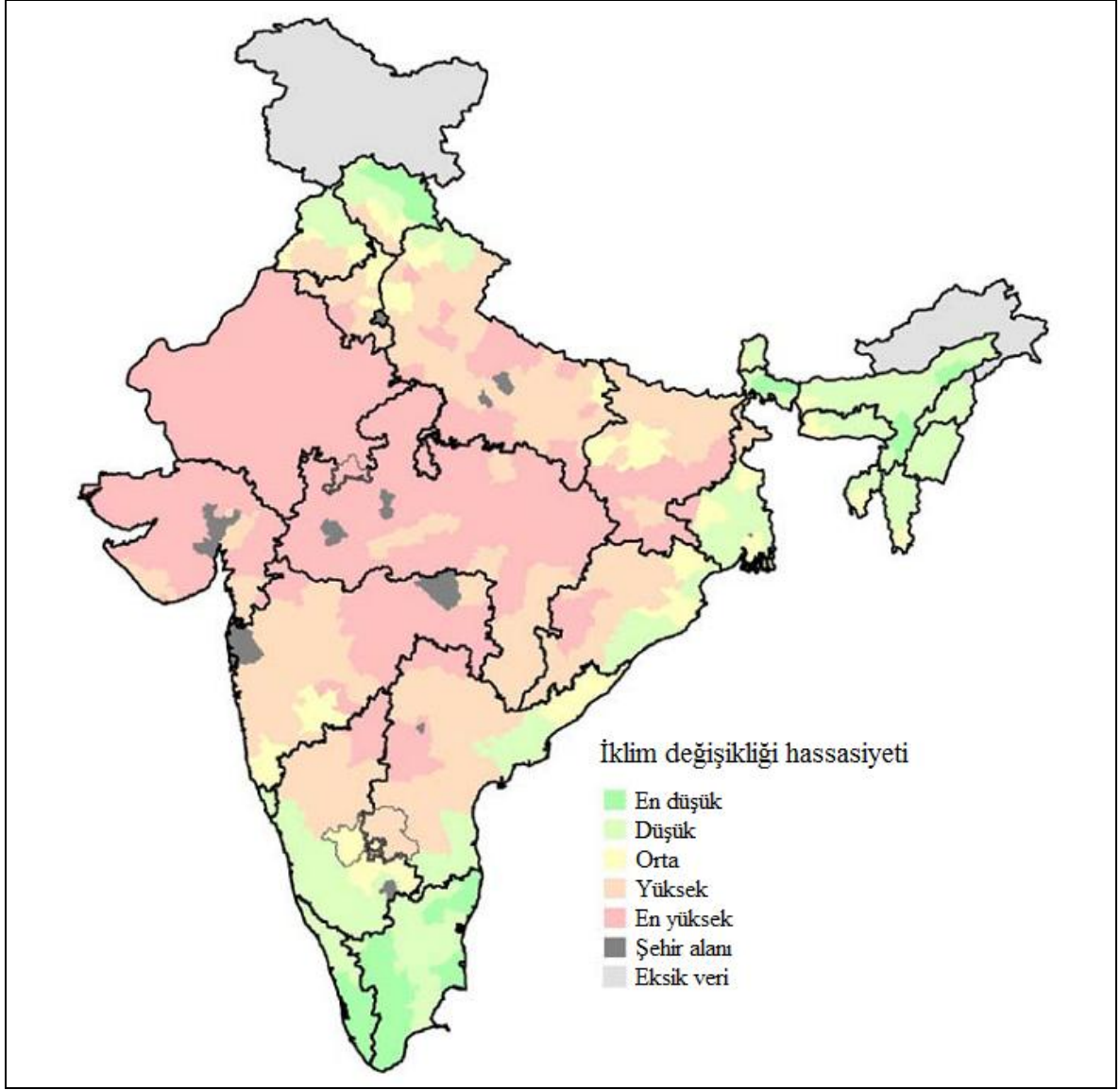
Luers ve ark. (2003) Meksika’da Yaqui vadisinin tarım sisteminin duyarlılığını belirlemek için etki bileşenleri olarak iklim değişikliği ve pazar fiyatlarındaki dalgalanmaları dikkate almış ve bu etkilerin karşısında buğday verimlerini temel çıktı olarak kullanmıştır. Buğday tarımını etkileyen faktörleri toprak tipi, sıcaklık ve tarımsal faaliyetler (gübreleme sayısı ve miktarı, sulama sayısı ve süresi, toprak işleme, zararlılarla mücadele) şeklinde tanımlanmışlardır. Buğday verimlerini uzaktan algılama ile 30x30m boyutunda pikseller halinde tahmin etmişler ve bu piksellerde hassasiyet ve uyum kapasitesi hesaplamaları yapmışlardır. Tarım uygulamalarının en iyi şekilde yapıldığı yerlerin hassasiyeti en düşük bulunmuştur. Taşlık, killi alanlar ve sıkışmış killi topraklar üzerinde yapılan zayıf tarım uygulamaları, buğday veriminin en hassas olduğu yerler olarak saptanmıştır. Araştırmaları sonucunda oluşturdukları harita Şekil 2.12’de görülmektedir.



Şekil 2.12 Yaqui vadisinde buğday veriminin hassasiyeti (Luers ve ark.,2003'dan düzenlenmiştir)

O'Brien ve ark. (2004) Hindistan tarımının iklim değişikliğine ve küreselleşmeye olan duyarlılığını incelemişlerdir. Hindistan'ın uyum kapasitesini ilçesel ölçekte hesaplamışlardır. Hesaplamalarında biyo-fiziksel, sosyo-ekonomik ve teknolojik faktörleri kullanmışlardır. Biyo-fiziksel faktörler olarak toprak kalitesi, toprak derinliği ve yer altı suyuna ulaşılabilirlik; sosyo-ekonomik faktörler olarak beşeri ve sosyal sermaye düzeyi ve alternatif ekonomik faaliyetlerin varlığı; teknolojik faktörler olarak ise sulama ve altyapı tesisleri olarak seçilmiştir. İklim değişimine karşı hassasiyeti belirlemek için geliştirdikleri İklim Duyarlılık İndeksini kullanmışlardır. Ülkenin kurak ve yarı-kurak iklime sahip alanları iklim değişikliği karşısında yüksek ve çok yüksek seviyede hassas olarak bulmuşlardır (Şekil 2.13). Tarım sisteminin küreselleşme boyutunda hassasiyeti açısından, ithal edilen bazı ürün fiyatlarının ülke üretiminden daha ucuz olması nedeni ile çiftçilerin zarara uğradığını belirtmişlerdir.





**Şekil 2.13.** İlçe boyutunda Hindistan'ın iklim değişikliğine karşı hassasiyeti (O'Brien ve ark., 2004'dan uyarlanarak yeniden çizildi)

Brooks ve ark. (2005), iklim değişikliğinden etkilenebilecek 9 farklı ana başlıktan (ekonomi, sağlık ve beslenme, eğitim, altyapı, yönetim, coğrafya ve demografi, tarım, ekoloji ve teknoloji) 46 değişken belirleyerek, iklimsel nedenlerle gerçekleşen ölümlerle ilişkisini araştırmıştır. 46 değişken içerisinde 11 göstereyi hassasiyeti tanımlamak için istatistik olarak önemli tespit etmişlerdir. Bu göstergeler ile 59 ülkenin indisini belirlenmişler ve Sahra Altı Afrika ülkelerini en hassas ülkeler bulmuşlardır.

Macaristan'da Somogy ilçesinin kuraklık hassasiyetini Bella ve ark. (2005), arazinin yöney, eğim, kullanım şekli, toprak özellikleri (toprak tipi, tekstür, organik madde içeriği, toprak derinliği, hidro-fiziksel özellikler), yağış ve yeraltı suyu verilerini kullanarak tespit

etmiştir. Geliştirdikleri metotta kullanılan verilerin Avrupa ülkelerinde ulaşılabilir olduğunu, bu sayede Avrupa'nın genel bir kuraklık duyarlılık haritasının kolayca oluşturulabileceğini belirtmişlerdir.

Reid ve ark. (2007) Kanada'nın Ontario Eyaletinin tarım alanlarının iklimsel risklere karşı hassasiyet ve uyum kapasitesini araştırmışlardır. Bu amaçla 25 çiftçi ile anketler yapılmış ve 4 çiftçi grubuna odaklanmışlardır. Maruz kalma ve duyarlılığın belirlenmesi için sosyal, ekonomik, yönetsel ve biyo-fiziksel faktörleri kullanmışlardır. Uyum kapasitesinin belirlenmesi için ise farkındalık, teknoloji, doğal kaynaklar, kurumlar, beşeri sermaye, sosyal sermaye ve yönetim özelliklerini kullanmışlardır. Uygun mevsimsel koşullar, sıcak yaz mevsimleri, kuraklık, nemli yetişme mevsimi, nemli sonbahar, taşkına sebebiyet veren yoğun yağışlar, soğuk ve nemli hava, kar yağışsız soğuk kış ve ılıman kış olarak tanımladıkları iklimsel etkiler karşısında çiftliklerin etkilenme durumlarını ve bu iklim olayları karşısındaki uyum kapasitelerini belirlemeye çalışmışlardır.

Tänzler ve ark. (2008) toplumun kuraklık karşısında duyarlılığını belirlemek için Hindistan, Portekiz ve Rusya'da üç ayrı bölgede 1980-1995 yılları arasında medyada gelen kuraklıkla ilgili haberleri toplamış ve bu bölgeleri karşılaştırmıştır. Portekiz'in diğer iki bölgeye göre kuraklıktan daha çok etkilendiğini belirtirken, 1987 yılında Andra Pradesh (Hindistan)'te yaklaşık 40 pamuk işçisinin intihar etmesi kuraklığın bir başka boyutunu göstermiştir.

Shahid ve Behrawan (2008) kuraklık hassasiyetinin belirlenmesinde sosyo-ekonomik (nüfus yoğunluğu, ekonomik güç, erkek/kadın oranı ve tarımsal uğraş) ve fiziksel (sulama, toprak su tutma kapasitesi ve taşkın koruma) faktörler kullanmıştır. Yağış değerlerini SPI ile değerlendirmiştir ve coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak tüm kriterleri birleştirip Batı Bangladeş'in kuraklık duyarlılık haritasını çıkartmışlardır.

Ülkenin bir bölümünün deniz seviyesinin altında olduğu Hollanda'da Graaf ve ark. (2009) kentsel alanların iklim değişikliğine karşı duyarlılığını incelemişler ve bu alanların duyarlılığını düşürebilmek için alternatif su kaynakları yönetim planları sunmuşlardır. Su yönetim planını su kaynakları ve taşkın kontrolü olarak ikiye ayırmışlardır.

Doğu Nil Havzasındaki su kaynaklarının duyarlılığını Hamouda ve ark. (2009), ana başlıkları jeopolitik ve kurumsal, sağlık ve nüfus, ekolojik ve hidro-fiziksel, altyapı ve yönetim, sosyokültürel ve ekonomi olan 31 değişik kriteri esas alarak değerlendirmiştir. Bölgedeki üç ülke Mısır, Sudan ve Etiyopya radar diyagramlarla karşılaştırılmış, su kaynakları açısından en hassas ülke Sudan olarak belirtilmiştir.

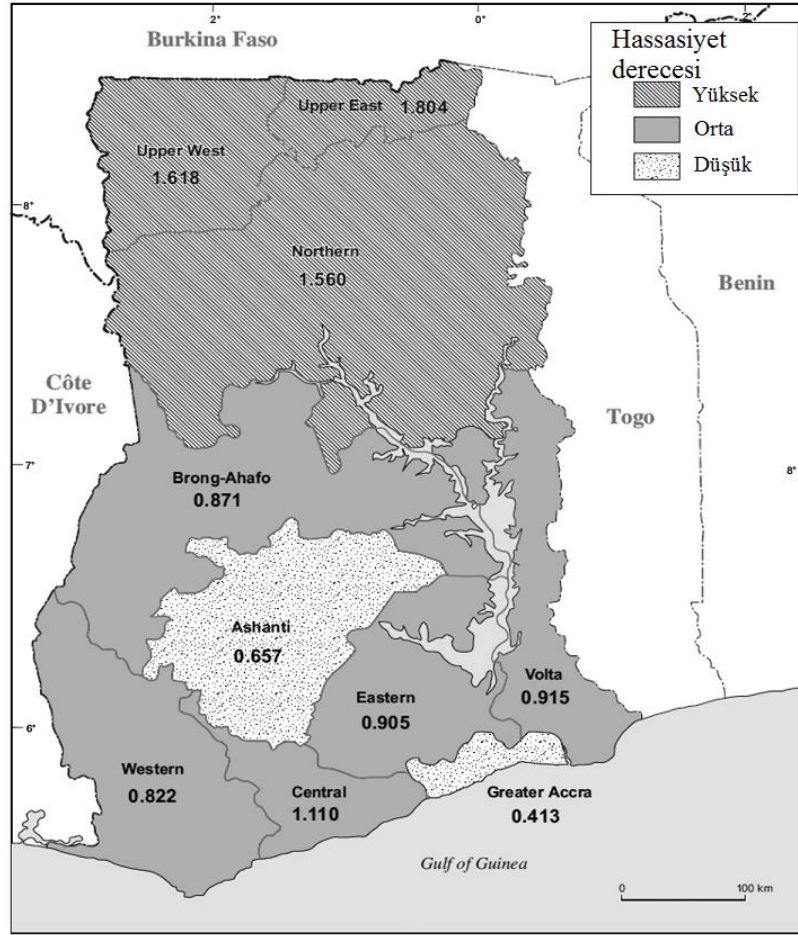
Jiang ve ark. (2012) Çin'in 31 il ve ilçesini kapsayan alanda, tarımsal kuraklığa karşı hassasiyetin belirlenmesi amacıyla 3 aşamadan oluşan yeni bir metodoloji geliştirmişlerdir. Temel etkileyici faktörlerin belirlenmesi ve onların nicel göstergelere çevrilmesi yöntemin ilk aşamasıdır. Araştırmalarının ikinci aşamasında bu 31 il ve ilçenin hassasiyet belirleyici kriterlerin verilerini toplamış ve bu verilerin ağırlık derecelerini ve derecelendirme standartlarını oluşturmuşlardır. Araştırmalarının son aşamasında çok değişkenli bir istatistik analiz yöntemi olan genişletilmiş Gri İlişki Analizi (Grey Relation Analysis, GRA) yöntemi ile tarımsal kuraklığa karşı hassasiyet hesaplaması yapmışlardır. Yöntemlerinde doğal koşul verileri olarak yıllık yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerlerini kullanmışlardır. Tarımsal üretim verileri olarak ise ürün ekili toplam alan ve düşük mevsimlik su tüketimi olan ürünlerin oranını seçmişlerdir. Sulama suyunun etkin kullanımı, çiftçilerin kişi başına net geliri, nüfus yoğunluğu ve gübre kullanımı ise yöntemlerindeki sosyo ekonomik faktörleri meydana getirmiştir. Hassasiyet derecelendirmesini 5 kademeli olarak oluşturmuşlardır. Araştırma alanının % 45'ini kapsayan alan IV ve V. derecelerde hesaplanmış ve hassasiyet seviyesinin yüksek olduğu alanlar olarak nitelendirilmiştir.

Zarafshani ve ark. (2012) İran'daki buğday üreticilerini esas alarak bir kuraklık hassasiyet değerlendirmesi yapmışlardır. Bu amaçla 2007-2009 yıllarındaki kuraklıktan etkilenmiş 370 üretici ile görüşmeler yapmışlar ve veriler toplamışlardır. Ekonomik, sosyo-kültürel, psikolojik, teknik ve altyapı başlıkları altında toplamda 33 kriter ile hassasiyet analizi yapmışlardır. Tüm kriterleri 1 ile 10 arasında aynı ölçekte derecelendirmişler ve alt kriterlerin ağırlık puanlarını belirlemişlerdir. Analiz sonuçlarında, çiftçilerin tarımsal faaliyetlerden elde ettikleri gelirin hassasiyetlerini belirleyici olduklarını belirtmişlerdir.

Antwi-Agyei ve ark. (2012) araştırmalarında Gana'da bitkisel üretimin kuraklık karşısındaki hassasiyetini yağış, verim ve sosyo-ekonomik verilerle haritalandırmışlardır. Bölgesel kuraklık hassasiyetini, kuraklığın etkisi, yağış karşısındaki bitki veriminin duyarlılığı ve kuraklık karşısındaki bölgesel uyum kapasitesinin bir fonksiyonu olarak hesaplamışlardır. Üretiminin yaygın olarak yapılması nedeni ile mısır bitkisini seçmişler ve 1992-2007 yıllarını kapsayan üretim verilerinden faydalanarak beklenen verim değerini gerçekleşen verim değerine bölerek verim duyarlılık indisini hesaplamışlardır.

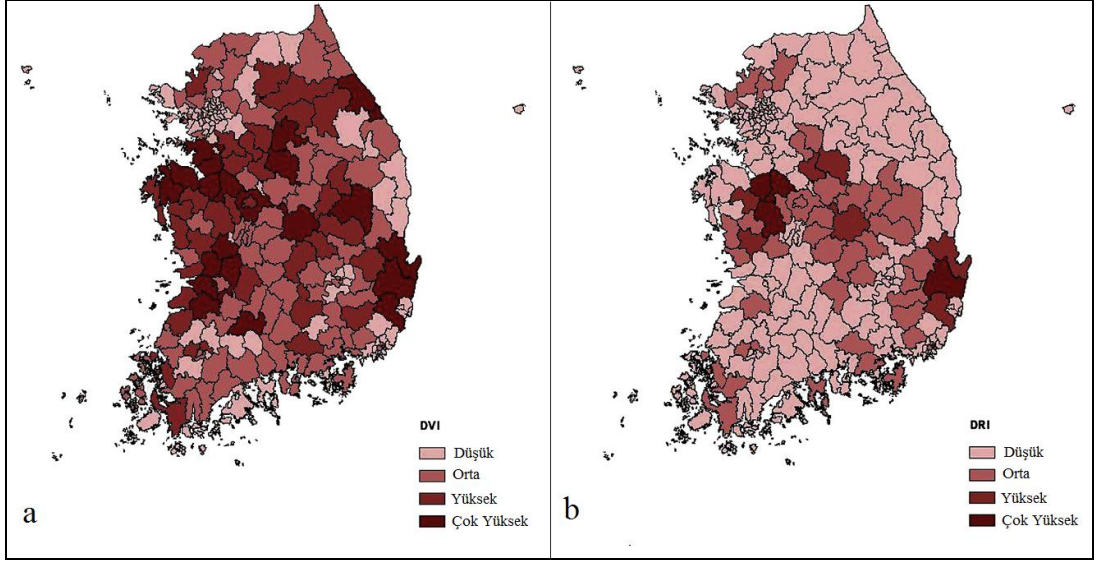
Kuraklığa maruz kalma indisini uzun yıllık üretim dönemi yağış verilerinin ortalamasını her bir yılın üretim dönemi yağış verilerine bölerek hesaplamışlardır. Sosyo-ekonomik göstergeler yardımıyla uyum kapasitesini bulmuşlardır. Hassasiyet analizleri

sonucunda araştırma alanını yüksek, orta ve düşük hassasiyetli olarak 3 dereceye ayırmışlardır (Şekil 2.14).



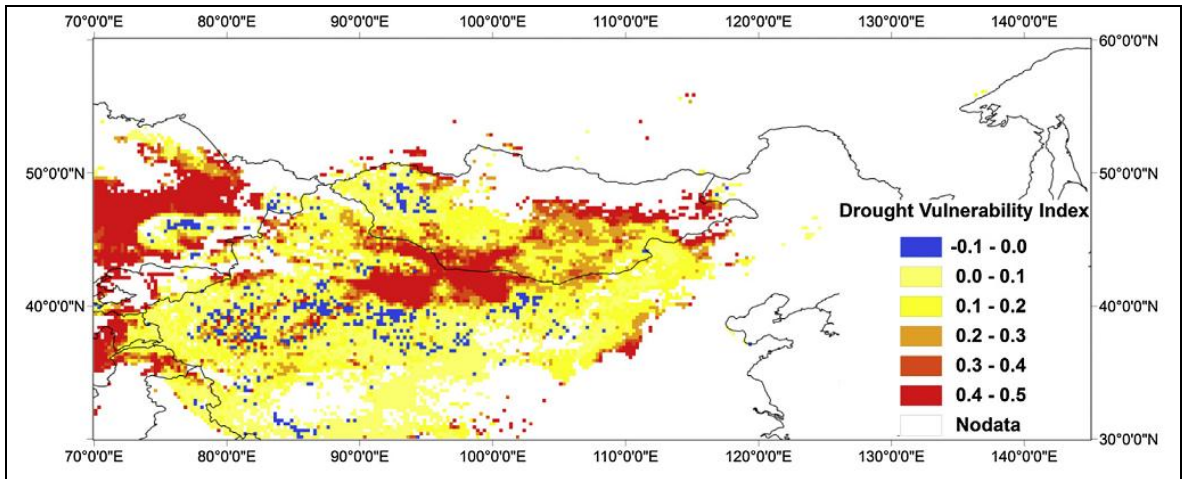
**Şekil 2.14.** Gana'nın çeşitli bölgelerinin kuraklık hassasiyet indisi sonuçları (Antwi-Agyei ve ark., 2012'dan alınarak düzenlenmiştir)

Kim ve ark. (2013) araştırmalarında Güney Kore'nin ilçeleri için kuraklık afet, hassasiyet ve risk değerlendirmesi yapmışlardır. Araştırma alanındaki 53 yağış gözlem istasyonunun günlük verileri ile Etkili Kuraklık İndisi (EDI)'ni daha sonrada bu indisin ağırlık ve oranlarından yararlanarak Kuraklık Tehlike İndisi (DHI)'ni hesaplamışlardır. Kuraklık hassasiyet göstergeleri olarak sulanan alanlar, tarımsal uğraş, bitkisel üretim, nüfus yoğunluğu, belediye suyu, endüstri suyu ve tarımsal su özelliklerini seçmişlerdir. Bu yedi göstergenin aritmetik ortalaması ile Kuraklık Hassasiyet İndisi (DVI)'ni hesaplamışlardır. DVI ile DHI'nin çarpımı ile Kuraklık Risk İndisi (DRI)'ni hesaplamışlardır. Araştırmaları sonucunda oluşturdukları DVI ve DRI haritaları Şekil 2.15'de görülmektedir.



**Şekil 2.15.** Güney Kore'nin Kuraklık Hassasiyet İndeksi (a) ve Kuraklık Risk İndeksi (b) haritaları (Kim ve ark., 2013'den alınarak yeniden çizildi)

Do ve Kang (2014) araştırmalarında çok bantlı uygu görüntüleri yardımıyla toprak nem içeriğine dayanan su kullanım etkinliklerini hesaplayarak Kuzey Doğu Asya'nın kuraklık hassasiyeti değerlendirmesi yapmışlardır. Uygu görüntüleri yardımıyla araştırma alanının vejetasyon ve biyo-fiziksel verilerini elde etmişlerdir. Su kullanım etkinliği (WUE) indisini NDVI ve toprak nem verilerinden hesaplamışlardır. Kuraklık hassasiyeti hesaplamalarında Kuraklık Stres İndisi (DSI) ve Kuraklık Hassasiyet İndisi (DVI)'ni kullanmışlardır. Bu indisler NDVI ve toprak nem değerlerinden türetilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır. DVI ile hazırlanmış oldukları Kuzey Doğu Asya'nın kuraklık hassasiyet haritası Şekil 2.16'da görülmektedir.



**Şekil 2.16.** Kuzey Doğu Asya'nın Kuraklık Hassasiyet İndisi (Do ve Kang, 2014)

Hassasiyet hesaplamaları ile kuraklığın şiddetine bağlı olarak vereceği zararların tahmini ve alınabilecek önlemler belirlenebilir. Ancak, kuraklığın şiddeti sadece doğal kaynaklı nedenlere bağlı kalmamaktadır. Tarımsal üretim sistemlerine verilen zararlar, doğanın tahribatı ve su kaynaklarının kullanımındaki hatalar gibi insan eli kaynaklı nedenler de hissedilen kuraklık şiddetinin artmasına neden olmaktadır (Wilhite, 2000).

Doğal yapının bozulması, su kaynaklarının tahribatı, tarım sistemlerindeki değişimler gibi sebepler kuraklık hassasiyet çalışmalarının devamlılık gerektiren çalışmalar olduğunu göstermektedir. Kuraklık hassasiyet çalışmalarında değerlendirme kriterlerinin model içerisindeki ağırlık derecelerinin hesaplanmasında farklı istatistik yöntemleri kullanılabilir. Bu çalışmada analitik hiyerarşik süreç (AHS) yöntemi kullanılmıştır.

Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHS, çok kriterli karmaşık problemlerin analizi için kullanılmaktadır. AHS modelinde hiyerarşinin en üstünde bir amaç, bu amacın altında sırasıyla ölçütler ve alt ölçütler basit bir hiyerarşik yapıyı oluşturmaktadır. Bu çalışmada AHS kuraklık hassasiyet sınıflarının belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Kuraklık hassasiyet haritalarının oluşturulmasında coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanılmıştır.

Literatürde coğrafi bilgi sistemlerinin AHS ile birlikte kullanıldığı birçok araştırma bulunmaktadır. Çöp döküm alanlarının belirlenmesinde (Moeinaddinia ve ark., 2010; Şener ve ark., 2010), ekolojik çevre kalitesi değerlendirmesinde (Ying ve ark., 2007), ekolojik hassasiyetin belirlenmesinde (Song ve ark., 2007), heyelan riski çalışmalarında (Yalçın ve ark., 2011; Guoqing ve ark., 2011; Anane ve ark., 2012) ve arazi kullanım uygunluğu analizi (Akbulak, 2010) gibi çalışmalarda CBS ve AHS yöntemleri birlikte kullanılmıştır.



## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinin tamamı, İstanbul'un Avrupa yakası ve Çanakkale'nin Gelibolu yarımadasını içine alan Marmara Bölgesi Trakya bölümü  $40^{\circ} 45' - 42^{\circ} 10'$  kuzey enlemleri ve  $26^{\circ}15' - 28^{\circ}15'$  doğu boylamları arasında yer almakta ve toplam 2.37 milyon ha alana sahiptir. Araştırma alanına ait bazı bilgiler il bazında ve jeolojik bilgiler bölgesel ölçekte aşağıda verilmiştir.

#### 3.1.1. Edirne

Edirne, Marmara Bölgesinin Trakya bölümünde  $40^{\circ} 30'$  ve  $42^{\circ} 00'$  kuzey enlemleri ile  $26^{\circ} 00'$ ,  $27^{\circ} 00'$  doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Edirne kuzeyinde Bulgaristan, doğusunda Yunanistan sınırı, batısında Tekirdağ ve Kırklareli il sınırları ve güneyinde Ege Denizi olmak üzere, geniş düzlükler ve alçak boylu tepelerin bulunduğu bir havza üzerinde yer almaktadır. İdari olarak, merkez ilçesi ile birlikte 9 ilçe ve 248 köyden oluşmaktadır. Şekil 3.1'de Edirne'nin konumu ve ilçeleri görülmektedir.



Şekil 3.1. Edirne ilinin konumu ve ilçeleri (ArcMap 10.0 programında çizilmiştir)

2013 yılı adrese dayalı nüfus sayımına göre Edirne ilinin toplam nüfusu 398,582 kişidir (Anonim, 2014a). Nüfusun %70'i kent merkezlerinde yaşamaktadır (Çizelge 3.1). Nüfus yoğunluğu, sanayinin gelişmiş olduğu Merkez ilçe, Keşan ve Uzunköprü ilçe merkezlerinde artmaktadır.

**Çizelge 3.1.** Edirne 2013 yılı adrese dayalı nüfus sayımı sonuçları (Anonim, 2014a)

	<b>Toplam</b>	<b>Şehir</b>	<b>Belde/Köy</b>
Merkez	164,048	150,260	13,788
Enez	10,497	3,793	6,704
Havsa	20,248	8,833	11,415
İpsala	29,021	8,385	20,636
Keşan	79,889	59,510	20,379
Lalapaşa	7,194	1,654	5,540
Meriç	14,782	2,820	11,962
Süloğlu	7,870	3,887	3,983
Uzunköprü	65,033	40,366	24,667
<b>TOPLAM</b>	<b>398,582</b>	<b>279,508</b>	<b>119,074</b>

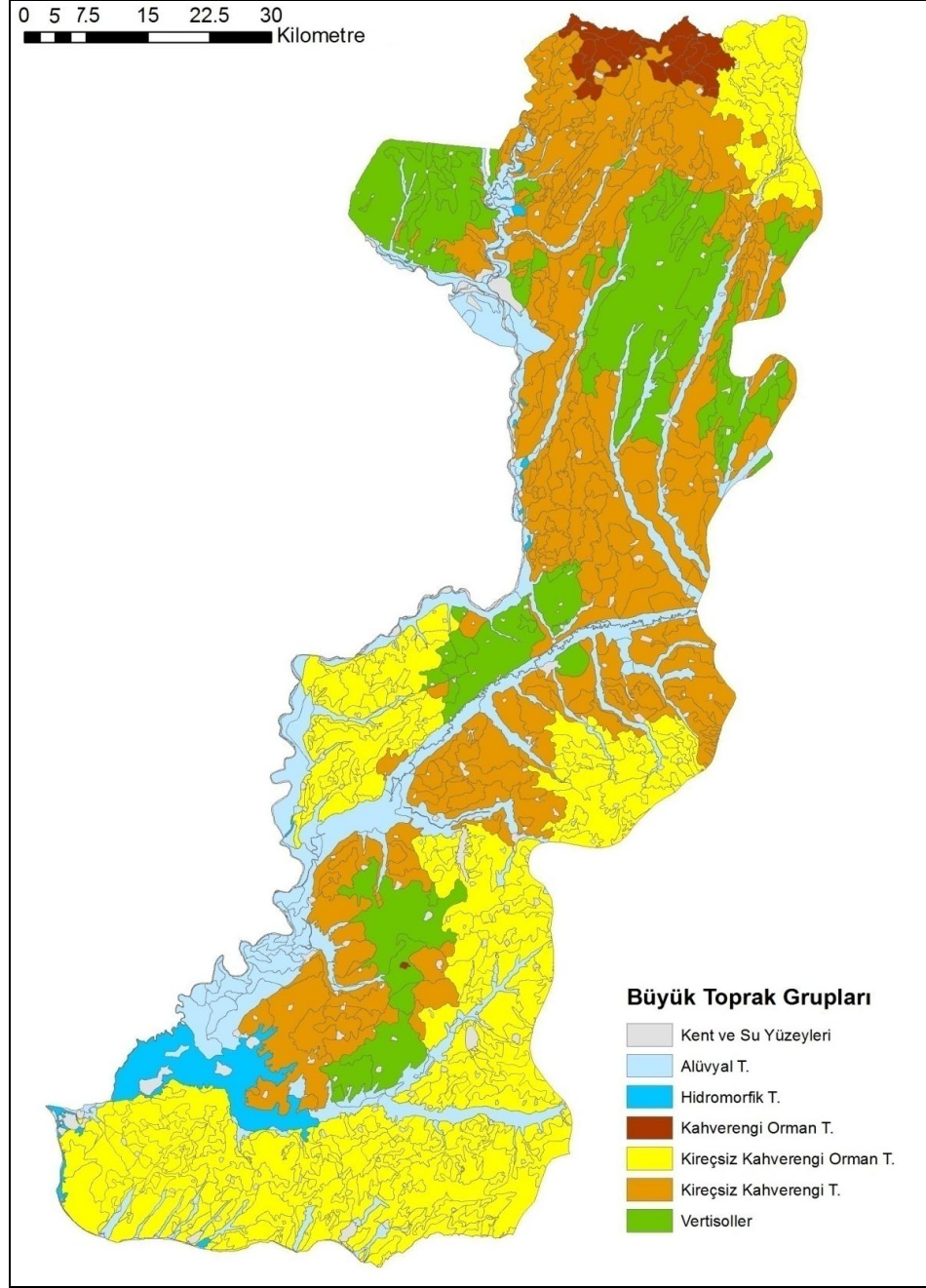
Edirne il merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği 41 m'dir. Kuzey ve kuzey-doğusunda İstıranca Dağları, doğusundan Uzunköprü Dağları, güney ve güney-doğusunda Koru ve Çandır Dağları bulunmasına rağmen il sınırları içerisinde bu dağlardan hiçbiri 500 m'nin üzerinde bir yüksekliğe ulaşmamaktadır.

Ergene, Meriç ve Tunca ilin en önemli vadileridir. Deniz seviyesinin 40 m üzerine çıkmayan verimli ovalar bulunmaktadır. Meriç, Ergene ve İpsala bu ovaların en genişleri olup sulu ve kuru tarıma uygun geniş alanlar sağlamaktadırlar.

Büyük toprak grupları açısından il arazileri vertisoller, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi topraklar alüvyal topraklar ve hidromorfik alüvyal topraklar olmak üzere 6 farklı gruba sahiptir. Şekil 3.2'de il arazilerinin büyük toprak gruplarının dağılımı görülmektedir.

Başlıca akarsular Meriç, Ergene, Tunca, Arda nehirleri ile Pravadi, Süloğlu, Basamaklar, Keşan ve Büyükdoğanca dereleridir. Meriç nehri Balkan'ların en büyük nehirlerinden biridir. Ergene, Tunca ve Arda nehirleri Meriç nehrinin birer koludur. Trakya'nın batı kısmında Bulgaristan sınırı boyunca uzanan bu nehirler sayesinde, ovalarda rahatlıkla çeltik tarımı yapılabilmektedir.





**Şekil 3.2.** Edirne ili arazilerinin büyük toprak grupları (KHGM Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi ve Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı)

Gala, Dalyan, I. ve II. Tuzla, Bücürmene ve Sığırcık gölleri tuzlu sulara sahiptirler ve tarımsal alanda kullanılamamaktadır. Bu göllerle birlikte Taşaltı Gölü, Pamuklu Göl ve Gölbaba Gölü Edirne'nin başlıca gölleri arasındadır.

Edirne ilinde Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından inşa edilmiş olan 4 adet baraj bulunmaktadır. Uzunköprü'nün Altinyazı ilçesinde sulama ve taşkından korunma amacıyla inşa edilmiş olan Altinyazı Barajı 7,524 ha'lık bir sulama alanına sahiptir. Sulama, taşkın

kontrolü, içme-kullanma ve sanayi suyu temini amacı ile Derbent Deresi üzerinde inşa edilen Kadıköy Barajı ile yaklaşık 4,551 ha'lık alan sulanmaktadır. İpsala sınırları içerisinde Manastır Çayı üzerine kurulan Sultanköy Barajı, 7,773 ha alana sulama hizmeti vermektedir. Süloğlu ilçe sınırları içerisinde akan Süloğlu deresi üzerinde sulama, taşkın koruma ve içme suyu amacıyla yapılmış olan Süloğlu Barajı 4,009 ha'lık alana sulama hizmeti sunmaktadır. Ayrıca Ergene Irmağının kolu Basamaklar akarsuyu üzerinde kurulmuş olan Alıç Regülatörü 59 ha sulama alanına sahiptir. Edirne ili içerisinde hizmet ettikleri alan değişik genişliklerde olan 41 adet gölet bulunmaktadır (Anonim, 2014b).

Edirne, bulunduğu konum nedeni ile Akdeniz iklimi ile Orta Avrupa'ya özgü karasal iklimin etkisi altında kalan bir geçiş bölgesindedir. Kış mevsimi karasal iklimin etkili olduğu dönemlerde sert geçerken, Akdeniz iklimi etkisi altında ise ılık geçmektedir. Yaz dönemleri ise sıcak ve kurak geçmektedir.

MGM'ne ait Edirne merkez ilçenin uzun yıllar (1960 - 2012) ortalama aylık iklim verileri Çizelge 3.2'de aşağıda görülmektedir (Anonim, 2014c). Sıcaklıkların en düşük olduğu aylar aralık ve ocak, en sıcak olduğu aylar ise temmuz ve ağustos'tur. Yağışlar yıl içerisinde düzgün bir şekilde dağılmıştır. 1971-2013 yılları verilerine göre yıllık ortalama yağış miktarı 580.6 mm'dir (Anonim, 2014d).

**Çizelge 3.2.** Edirne iline ait bazı uzun yıllar ortalama aylık iklim verileri (Anonim, 2014c)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.6	4.3	7.7	12.9	18.1	22.4	24.7	24.2	19.8	14.2	9.1	4.5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.5	9.2	13.3	19.2	24.7	29.2	31.7	31.6	27.2	20.5	14.1	8.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.8	0.2	2.8	7.1	11.5	15.3	17.3	17.0	13.3	9.1	5.0	1.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.3	3.5	4.4	6.2	8.2	9.4	10.5	10.0	7.5	5.2	3.2	2.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.6	9.5	9.7	10.6	10.1	8.2	5.7	4.3	4.7	7.9	10.8	13.8
Ortalama Yağış Miktarı (mm)	60.6	51.7	50.9	47.3	52.7	41.8	32.1	24.1	38.5	51.9	65.8	72.9

### 3.1.2. Tekirdağ

Tekirdağ ili 40° 36' ve 41° 31' kuzey enlemleriyle 26° 43' ve 28° 08' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Trakya içerisinde yer alan bütün iller ile komşuluğu

bulunmaktadır. Tekirdağ'ın Marmara denizi ile 133 km, Karadeniz ile de 2.5 km uzunluğunda kıyı şeridi bulunmaktadır. İl, biri merkez ilçe olmak üzere 9 ilçeden oluşmaktaydı (Şekil 3.3). Ancak 6 Aralık 2012 tarihli Resmi Gazete'deki 6360 sayılı kanun ile Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi olmuş, Merkez ilçe kaldırılarak Ergene, Kapaklı ve Süleymanpaşa ilçeleri oluşturularak ilçe sayısı 11'e arttırılmıştır.



Şekil 3.3. Tekirdağ ilinin konumu ve ilçeleri (ArcMap 10.0 programında çizilmiştir)

Tekirdağ, İstanbul'a yakınlığı nedeni ile sanayinin ve ona oranla nüfusun artışının gözlendiği bir ildir. Özellikle Çorlu ve Çerkezköy ilçeleri sanayi nedeni ile göç alan ilçelerdir. Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi'nin kurulması ile birlikte 2012 ve 2013 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarında farklılıklar meydana gelmiştir. 2013 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarında belde/köy nüfusu istatistiklerde verilmemektedir. 2012 ve 2013 yıllarına ait Tekirdağ adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Tekirdağ, Trakya-Kocaeli Penepleni üzerinde bulunmaktadır. İlin büyük kısmı platolar ve ovalardan oluşmaktadır. Kuzey kısmında Istranca (Yıldız) Dağları, güney de ise Tekir Dağı, Koru Dağı ve Ganos (Işık) Dağları yer alır. Küçük akarsular tarafından şekillenen Ergene ve Marmara Havzaları bulunmaktadır.

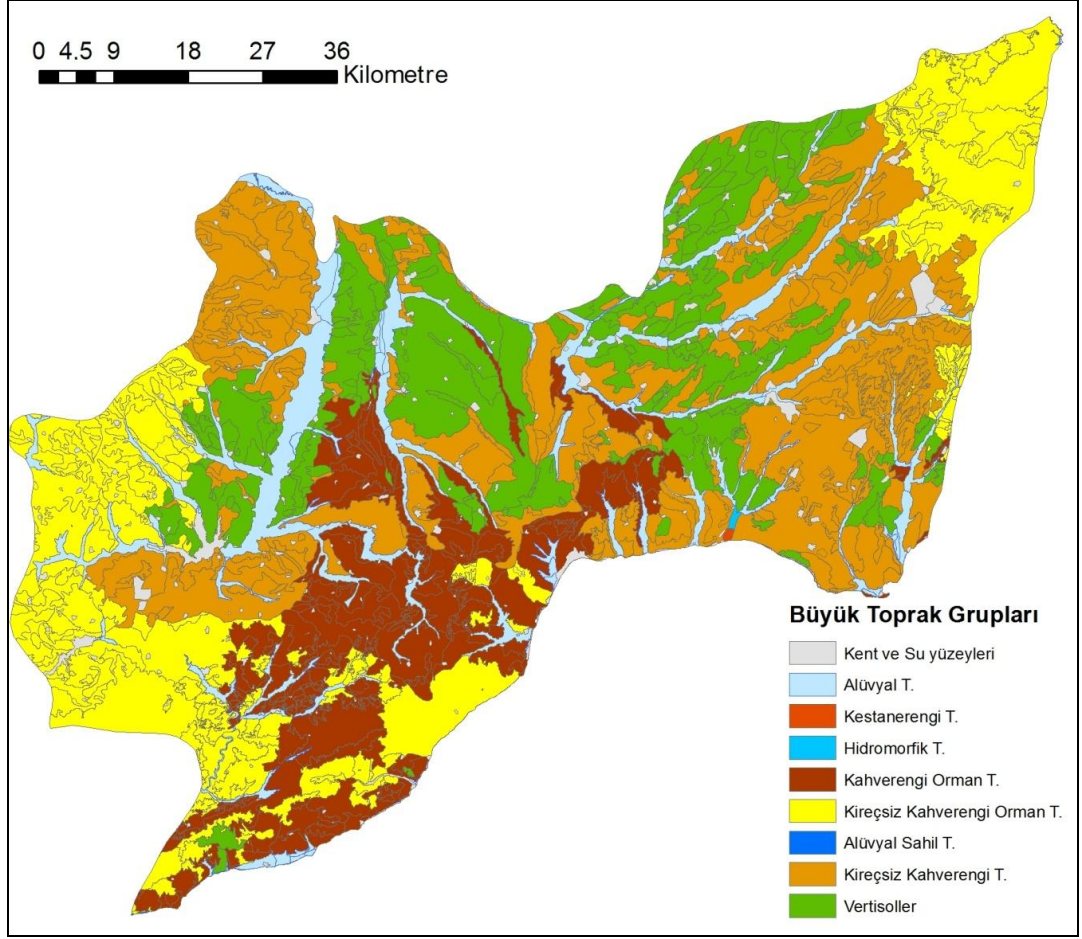
**Çizelge 3.3.** Tekirdağ ili 2012 ve 2013 yılı adrese dayalı nüfus sayımı sonuçları (Anonim, 2014a)

İlçeler	2012			2013
	Şehir	Belde/köy	Toplam	
Merkez	150,112	26,736	176,848	-
Çerkezköy	84,234	104,478	188,712	113,134
Çorlu	235,354	38,008	273,362	225,540
Ergene	-	-	-	56,787
Hayrabolu	18,708	15,770	34,478	33,839
Kapaklı	-	-	-	85,898
Malkara	28,880	25,241	54,121	53,293
Marmaraereğlisi	10,325	11,144	21,469	22,816
Muratlı	20,087	6,254	26,341	26,764
Saray	23,938	23,061	46,999	47,171
Süleymanpaşa	-	-	-	179,239
Şarköy	17,411	12,580	29,991	29,994
Toplam	589,049	263,272	852,321	874,475

İl arazilerinde görülen başlıca büyük toprak grupları vertisol topraklar, kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi topraklar, alüviyal topraklar, hidromorfik alüviyal topraklardır. Şekil 3.4’de il arazilerinin büyük toprak gruplarının dağılımı görülmektedir.

Tekirdağ nehirler açısından zengin bir il değildir ve Ergene nehri ilin en büyük su kaynağıdır. İlin sahip olduğu başlıca dereler Çorlu Deresi, Hayrabolu Deresi, Seymen Deresi, Kumluca Deresi, Şerefli Deresi, Değirmendere, Gazioğlu Deresi, Doğanca Deresi, Işıklar Deresi, Olukbaşı Deresi ve Gölcük Deresi’dir.

Tekirdağ ili, yarı nemli iklim tipi içerisinde yer almaktadır. İlin Marmara denizine sahil olan güney kısmında Yarı-Nemli Akdeniz İklimi hakim iken kuzey kesimlerde Yarı-Nemli Marmara İklimi egemendir. Marmara denizi sahil kesiminde yaz mevsimleri sıcak ve kurak, kış mevsimleri ise ılık ve yağışlı geçmektedir. İç kesimlerde karasal iklim özellikleri belirginleşir ve kuzey rüzgarlarının da etkisiyle kış mevsimi daha soğuk ve yağışlıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 578.7 mm’dir (Anonim, 2014d). Yılın her ayı yağış gerçekleşmektedir ancak yaz döneminde yağışlar azalmaktadır. Tekirdağ’a ait bazı uzun yıllar (1960 - 2012) ortalama aylık iklim verileri Çizelge 3.4’de verilmiştir (Anonim, 2014c).



**Şekil 3.4.** Tekirdağ ili arazilerinin büyük toprak grupları (KHGM Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi ve Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı)

**Çizelge 3.4.** Tekirdağ iline ait bazı uzun yıllar ortalama aylık iklim verileri (Anonim, 2014c)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	4.8	5.1	7.3	11.9	16.8	21.4	23.8	23.6	19.9	15.4	11.0	7.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	8.1	8.7	11.0	15.7	20.5	25.3	27.9	27.9	24.3	19.7	14.8	10.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	2.0	2.2	4.1	8.1	12.5	16.5	18.8	19.1	15.8	12.0	7.9	4.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.4	3.2	4.1	5.4	7.4	9.1	9.5	9.6	7.2	4.5	3.2	2.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.9	10.8	10.5	10.0	8.2	6.9	3.8	2.8	4.9	7.4	9.4	12.1
Ortalama Yağış Miktarı (mm)	64.8	54.9	54.8	42.6	37.6	36.6	21.8	13.5	38.1	62.2	71.2	86.9



### 3.1.3. Kırklareli

Kırklareli 41° 14' ve 42° 00' kuzey enlemleri ile 28° 53' ve 26° 13' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kuzeyinde Bulgaristan ile sınır komşusudur, doğusunda Karadeniz (58 km sahil şeridi), güneydoğusunda İstanbul, güneyinde Tekirdağ, batısında ise Edirne bulunmaktadır. İlin yüzölçümü 6,650 km<sup>2</sup> ve il merkezinin rakımı 203 m'dir. Kırklareli ilinin Merkez İlçe, Babaeski, Demirköy, Kofçaz, Lüleburgaz, Pehlivanköy, Pınarhisar ve Vize olmak üzere 8 ilçesi, 18 beldesi ve 173 köyü bulunmaktadır. Şekil 3.5'de Kırklareli ilinin konumu ve ilçeleri görülmektedir.



Şekil 3.5. Kırklareli ilinin konumu ve ilçeleri (ArcMap 10.0 programında çizilmiştir)

Devlet İstatistik Kurumu'nun 2013 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi raporlarına göre Kırklareli ilinin toplam nüfusu 340,559'dur. Çizelge 3.5'de Kırklareli ili 2013 yılı adrese dayalı nüfus sayımı sonuçları görülmektedir (Anonim, 2014a). 1990-2011 döneminde Türkiye nüfusu %32 oranında artarken, Kırklareli nüfus artış hızı %10 oranında gerçekleşmiştir.

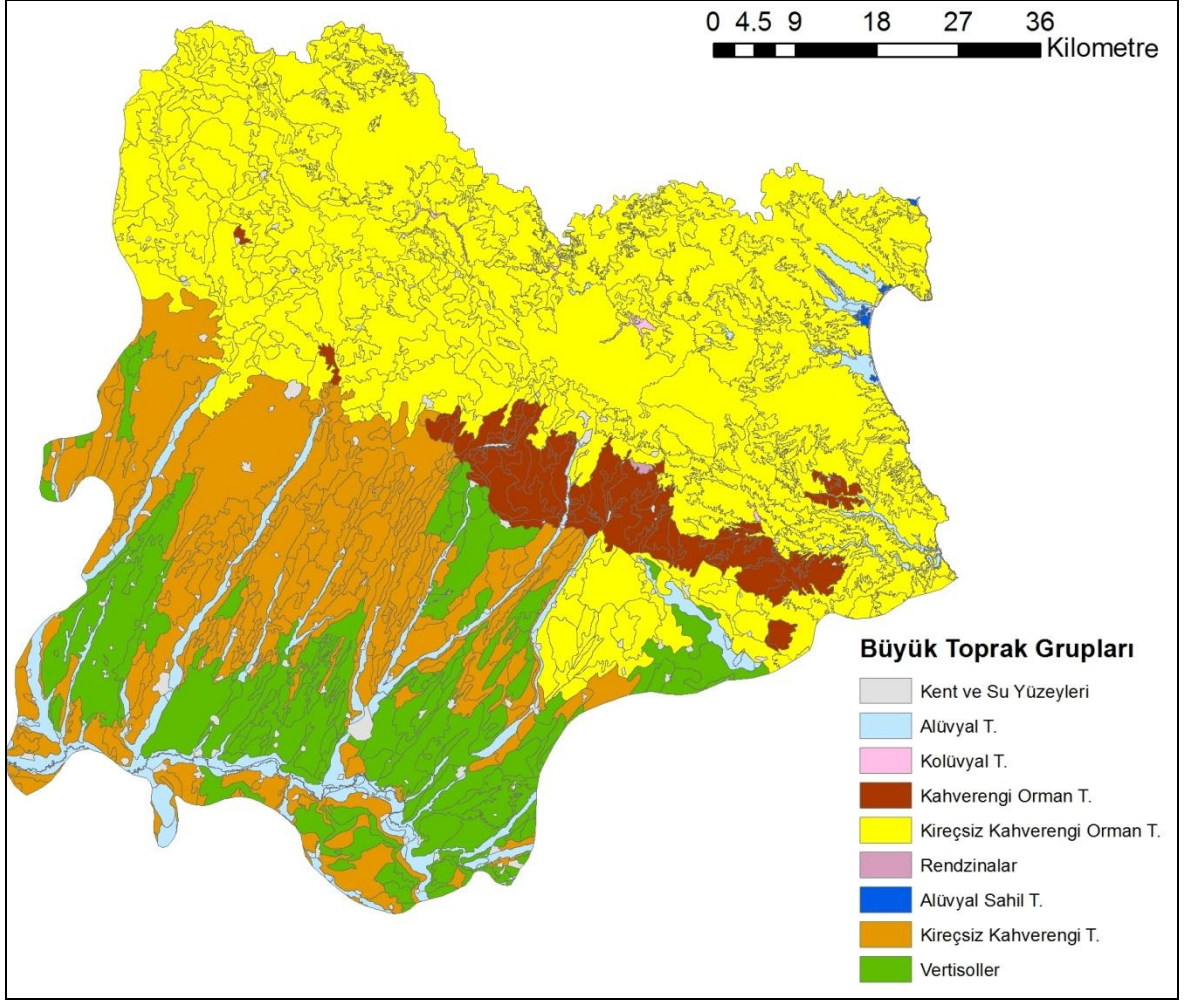
**Çizelge 3.5.** Kırklareli 2013 yılı adrese dayalı nüfus sayımı sonuçları (Anonim, 2014a)

	<b>Toplam</b>	<b>Şehir</b>	<b>Köy</b>
Merkez	89,509	68,004	21,505
Babaeski	49,992	28,472	21,520
Demirköy	8,455	3,540	4,915
Kofçaz	2,702	678	2,024
Lüleburgaz	138,827	106,545	32,282
Pehlivanköy	4,140	1,906	2,234
Pınarhisar	19,035	10,533	8,502
Vize	27,899	12,631	15,268
<b>Toplam</b>	<b>340,559</b>	<b>229,000</b>	<b>108,250</b>

Kırklareli, yer şekilleri bakımından çeşitlilik göstermektedir ve dağlar il coğrafyası içerisinde geniş yer kaplamaktadır. Yıldız Dağları (Istranca) Bulgaristan sınırından başlayarak Karadeniz sahil şeridine paralel olarak uzanmakta, il sınırları içerisinde Demirköy ilçesinin tümünü ve Vize ilçesinin büyük bir kısmını kaplamaktadır. Kuzey kısmında Karadeniz’e dökülen ve güneyde Ergene Ovasına açılan akarsular tarafından bu dağ kütlesi derin vadilerle parçalanmıştır. Orta yükseklikteki bu dağların en yüksek noktası Kırklareli ile Demirköy arasında yer alan Mahya Tepesi’dir (1,031 m). İlin kuzey kısımlarında Yıldız Dağları içerisinde Limanköy ve Dereköy Platosu yer almaktadır. Güney platoları ise Yıldız Dağları ile Ergene Havzası arasında yer almaktadır. İlin en önemli ovası ve vâdisi Ergene’dir.

İlin kuzey kısmında geniş kireçsiz kahverengi orman toprakları yer almaktadır. Güney kısmında ise kireçsiz kahverengi topraklar ve vertisoller büyük toprak guruplarını oluşturmaktadır. Kırklareli ili arazilerinin büyük toprak guruplarının dağılımı Şekil 3.6’da gösterilmektedir.

Kırklareli’nin akarsuları Ergene Irmağı, Paşaköy Deresi, Soğucak Deresi, Lüleburgaz Deresi, Babaeski Deresi (Şeytan Dere), Teke Deresi, Derin Geçit Deresi, Bulanık Dere, Pabuç Dere, Rezve Deresi’dir. Soğucak, Lüleburgaz ve Teke derelerinin suları yaz aylarında kurumaktadır. Erikli, Mert (Kocagöl), Saka, Hamam ve Pedina Gölü ilin başlıca gölleridir. Kayalıköy, Kırklareli ve Armağan Barajları toplamada yaklaşık 30,000 ha sulama alanına sahiptir. Merkez-Üsküp, Merkez-Dolhan, Babaeski-Sofuhallil, Lüleburgaz-Sarıcaali, Lüleburgaz-Ahmetbey, Lüleburgaz-Turgutbey ve Vize-Sergen Göletleri ile ise yaklaşık 1,000 ha alan sulanabilmektedir (Anonim, 2014b).



**Şekil 3.6.** Kırklareli ili arazilerinin büyük toprak grupları (KHGM Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi ve Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı)

Kırklareli iklimi Yıldız Dağları ve Karadeniz'in etkisi ile yörelere göre farklılık göstermektedir. Yıldız Dağları'nın kuzeye bakan kesimlerinde Karadeniz iklimi görülmektedir. Yazlar serin, kışlar ise soğuk geçmekte ve mevsimler arasındaki sıcaklık farklılığı az olmaktadır. İç kesimlerde ise karasal iklim görülmektedir. Yazlar sıcak, kışlar soğuk ve zaman zaman kar yağışlı geçmektedir. Yaz ve kış mevsimleri arasında sıcaklık farkı yüksektir. Yıldız dağlarının güney eteğinde yer alan Kırklareli merkezinde de karasal iklim hâkimdir. Kırklareli Meteoroloji İstasyonu'na ait uzun yıllar (1960-2012) ortalama aylık iklim verilerinin ortalaması Çizelge 3.6'da verilmiştir (Anonim, 2014c).



**Çizelge 3.6.** Kırklareli iline ait bazı uzun yıllar ortalama aylık iklim verileri (Anonim, 2014c)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.8	3.9	6.8	12.0	17.2	21.6	23.9	23.2	19.2	13.9	8.9	5.0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.5	8.2	11.8	17.6	23.3	27.9	30.5	30.3	26.0	19.7	13.5	8.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.1	0.6	2.7	7.1	11.5	15.3	17.6	17.3	13.8	9.7	5.6	2.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.5	3.5	5.2	6.3	8.5	9.2	10.1	10.1	8.6	5.0	3.4	2.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.0	9.3	9.1	10.4	10.0	8.3	4.8	3.8	4.7	7.2	8.6	11.6
Ortalama Yağış Miktarı (mm)	60.1	47.8	48.4	44.0	49.9	47.1	26.8	21.6	33.4	49.3	62.0	70.9

### 3.1.4. İstanbul İli Avrupa Yakası

İstanbul, Marmara'nın Karadeniz'e açıldığı ve şehir ile aynı adı taşıyan İstanbul Boğazı'nın her iki yakasında Avrupa ve Asya kıtaları üzerinde toplamda 5,461 km<sup>2</sup> alana ve 2012 yılı TÜİK nüfus istatistiklerine göre 13,854,740 kişilik nüfusa sahip Türkiye'nin en kalabalık ilidir. İstanbul toplam 39 ilçeden oluşmaktadır ve bunların 25 tanesi Avrupa yakasında bulunmaktadır. İstanbul ili Avrupa Yakasının konumu Şekil 3.7'de verilmiştir.



**Şekil 3.7.** İstanbul ili Avrupa yakasının konumu (ArcMap 10.0 programında çizilmiştir)

İstanbul ili Avrupa yakasının nüfusu 8,963,429 kişi ve kapladığı alan 3,562.74 km<sup>2</sup>'dir (Anonim, 2014e). İstanbul Avrupa yakasındaki ilçelerinin 2012 yılı adrese dayalı nüfus istatistik bilgileri Çizelge 3.7'de verilmiştir. Çatalca ve Silivri nüfus yoğunluğunun en düşük ancak sahip oldukları bakımından en geniş ilçeleridir.

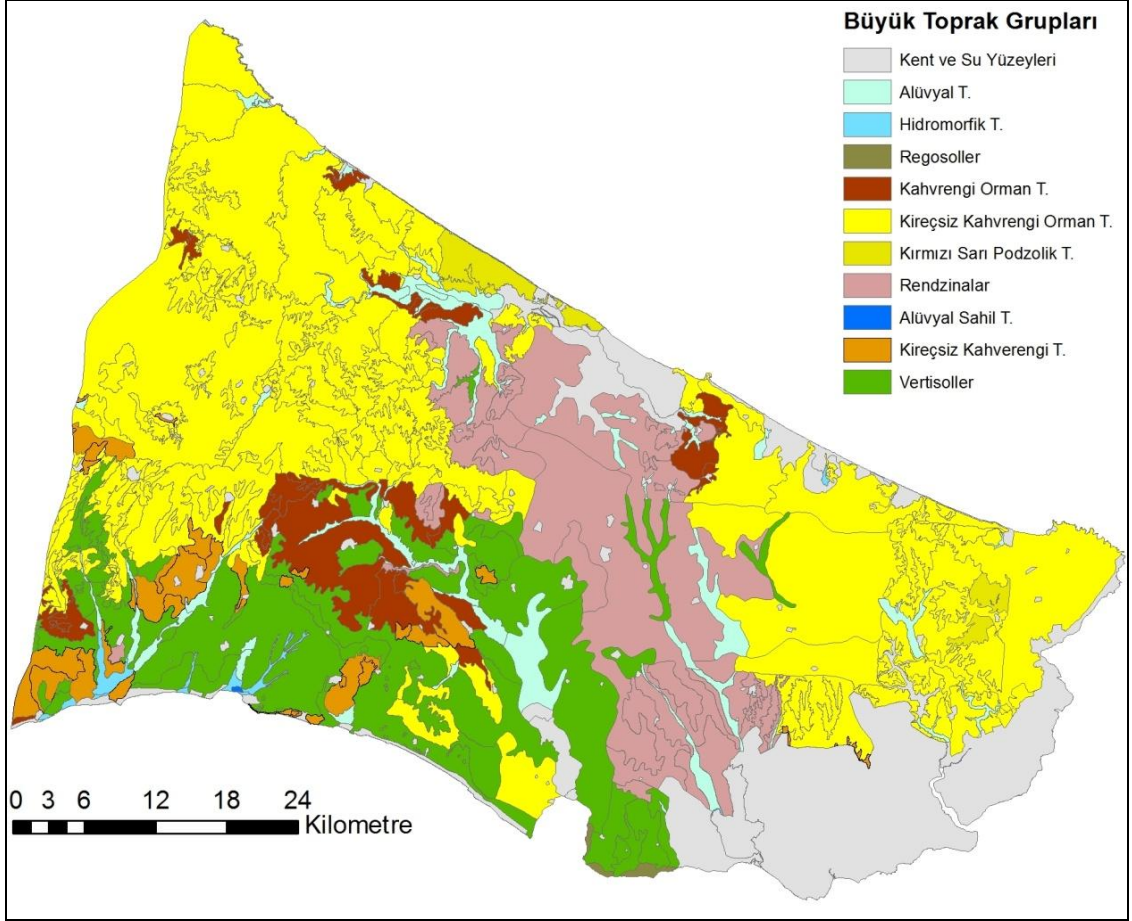
Türkiye İstatistik Kurumunun verilerine göre 2007-2013 yılları arasındaki 6 yıllık süreçte tüm Türkiye'de nüfus artışı %8.6 oranında gerçekleşirken, İstanbul'un nüfusu %12.6 oranında büyümüştür. 2012 – 2013 yılları arasında nüfus 305,700 kişi artmıştır.

**Çizelge 3.7.** İstanbul ili Avrupa Yakası ilçelerinin nüfusları (Anonim, 2014e)

İlçe	Nüfus	İlçe	Nüfus
Arnavutköy	206,299	Esenyurt	553,369
Avcılar	395,274	Eyüp	356,512
Bağcılar	749,024	Fatih	428,857
Bahçelievler	600,162	Gaziosmanpaşa	488,258
Bakırköy	221,336	Güngören	307,573
Başakşehir	316,176	Kağıthane	421,356
Bayrampaşa	269,774	Küçükçekmece	721,910
Beşiktaş	186,067	Sarıyer	289,959
Beylikdüzü	229,114	Silivri	150,183
Beyoğlu	246,152	Sultangazi	492,212
Büyükçekmece	201,077	Şişli	318,217
Çatalca	63,467	Zeytinburnu	292,407
Esenler	458,694		

İstanbul ili Avrupa Yakası kuzeyinde Karadeniz, doğusunda İstanbul Boğazı ve güneyinde Marmara Denizi ile çevrelenmiş bir yarımadadır. Çatalca yarımadası olarak adlandırılan Avrupa kıtasında kalan İstanbul'un bu kısmı tıpkı Asya kıtasında kalan Kocaeli yarımadası gibi aşınmış platodur. Plato uzun süreli akarsu ve rüzgar erozyonu aşınımına maruz kalmış ve Çatalca veya Trakya penepreni ismini almıştır. Aşınma nedeniyle keskin yeryüzü şekillerine rastlanmamaktadır. Bu nedenle bölge genelinde dağ

yapılanması ve büyük ovalar bulunmamaktadır, en yüksek noktası penenlen içerisinde yüksekliği 350 m seviyelerine düşen Istranca dağlarıdır. Düzlük alanlar, alüvyal yatakların genişlediği bölgelerde oluşmaktadır ve tarımsal olarak değerli yerlerdir. İstanbul ili Avrupa yakasının büyük toprak grupları Şekil 3.8’de görülmektedir.



**Şekil 3.8.** İstanbul ili Avrupa yakası arazilerinin büyük toprak grupları (KHGM Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi ve Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı)

İstanbul’da yüksek debilere sahip geniş akarsular bulunmamaktadır. Istranca Deresi Terkos Gölüne dökülmektedir ve Terkos’u besleyen en büyük su kaynağıdır. Büyükçekmece Gölüne dökülen akarsular Karasu, Sarısu, İnceğiz ve Çakıl Deresi’dir. Sazlıdere ve Nakkaş Küçükçekmece Gölüne dökülen derelerdir. Alibeyköy ve Kağıthane Deresi ise Haliç’e dökülmektedir. Terkos, Büyükçekmece ve Küçükçekmece Gölü bölgenin en büyük su kaynaklarıdır. İstanbul ili Avrupa yakası göl, baraj ve bentlerinin alanları Çizelge 3.8’de gösterilmektedir.

**Çizelge 3.8.** İstanbul ili Avrupa yakası göl, baraj ve bentlerinin alanları (Anonim, 2014e)

Göl, Baraj ve Bentler	Alan, km <sup>2</sup>	Göl, Baraj ve Bentler	Alan, km <sup>2</sup>
Terkos Gölü	36.10	Ayvat Bendi	0.03
Büyükçekmece Gölü	24.17	Kömürcü Bendi	0.02
Küçükçekmece Gölü	16.32	II. Mahmut Bendi	0.02
Sazlıdere Barajı	9.85	Büyük Bent	0.15
Alibeyköy Barajı	1.66	Topuzlu Bent	0.02
Valide Sultan Bendi	0.04	Kirazlı Bent	0.01

İstanbul konumu ve fiziki coğrafyası nedeniyle değişken yapılı bir iklime sahiptir ve bir iklim sınıflandırılmasında değerlendirilmesi güçtür. Balkanlardan gelen soğukların etkisi altında kalan, Akdeniz ve Karadeniz iklimlerinin karakteristiklerini gösterebilen bir geçiş iklimin sahiptir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1971-2013 yıllarını içeren dönemdeki verilerine göre yıllık ortalama yağış miktarı 849.7 mm olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2014d). Yıl içerisindeki en sıcak aylar temmuz ve ağustostur. İstanbul iline ait bazı uzun yıllar (1960 - 2012) ortalama aylık iklim verileri Çizelge 3.9'da verilmiştir.

**Çizelge 3.9.** İstanbul iline ait bazı uzun yıllar ortalama iklim verileri (Anonim, 2014c)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.5	6.5	8.3	12.7	17.5	22.1	24.4	24.2	20.9	16.4	12.2	8.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.2	9.8	12.0	17.1	22.2	27.0	29.4	29.2	25.6	20.4	15.5	11.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.0	4.0	5.4	9.2	13.6	18.0	20.4	20.5	17.4	13.6	9.5	6.3
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.3	3.1	4.3	6.0	8.1	10.0	10.4	9.5	8.1	5.3	3.4	2.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	16.1	14.1	11.9	10.8	7.3	5.2	3.5	3.9	5.4	9.7	11.1	15.9
Ortalama Yağış Miktarı (mm)	83.4	65.5	60.2	53.3	29.3	25.8	20.9	24.5	35.8	67.9	74.0	99.1

### 3.1.5. Çanakkale İli Gelibolu Yarımadası

Gelibolu Yarımadası Çanakkale ilinin Avrupa kıtasında kalan kısmıdır. Doğu tarafında Marmara Denizi ve batı tarafında Ege Denizi sahilleri bulunmaktadır. Kuzey doğuda Tekirdağ ve kuzey batıda Edirne illeri ile komşudur. Çanakkale toplamda 11 ilçeden oluşmaktadır ve toplam alanı 9,887 km<sup>2</sup>'dir. Gelibolu ve Eceabat ilçeleri araştırma alanı içerisindeki ilçelerdir ve toplam alanları 1,279 km<sup>2</sup>'dir. Şekil 3.9'da tanımlanan bölgenin konumu görülmektedir.



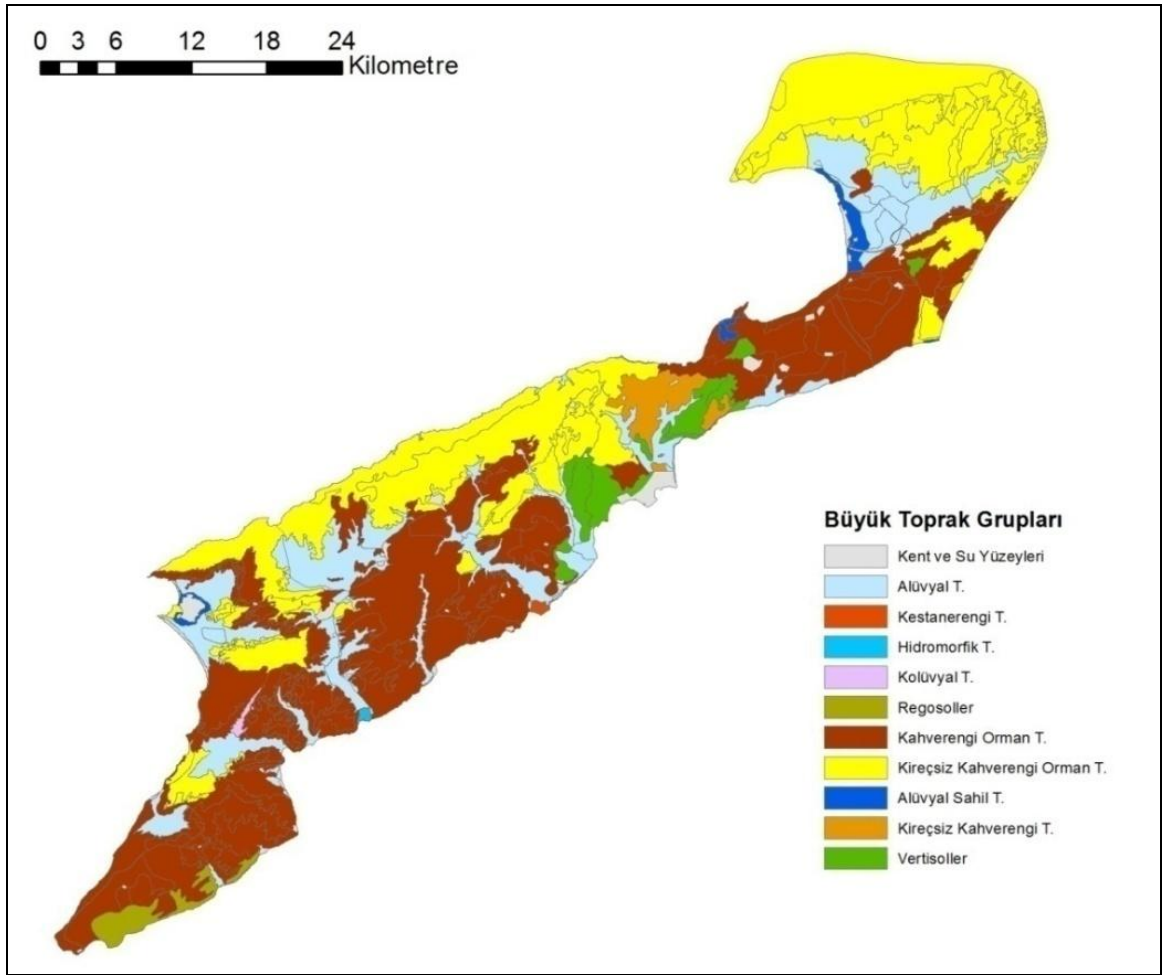
Şekil 3.9. Çanakkale ili Gelibolu Yarımadasının konumu (ArcMap 10.0 programında çizilmiştir)

Çanakkale ilinin toplam nüfusu 2013 yılı adrese dayalı nüfus sayım sonuçlarına göre 502,328 kişidir. Eceabat ilçesi 9,123 ve Gelibolu ilçesi ise 43,345 kişilik nüfusa sahiptir. Eceabat nüfusunun %61'i ve Gelibolu nüfusunun %64'ü kentte yaşamaktadır (Anonim, 2014a).

Gelibolu Yarımadasının güney kısmı yükseklikleri 100-300 m arasında değişen tepeler arasında kalan derin vadiler ve düzlüklere sahiptir. Bu bölgedeki en yüksek nokta



Kocaçimen Tepesidir. Gelibolu, Bolayır ve Evreşe arasında kalan alanların eğimi daha az olup tarım için elverişli arazilere sahiptirler. Kuzeyde Kuru Dağları bir sınır oluşturmaktadırlar. Kuru Dağlarının güneye bakan yamaçları daha dik eğimlidir. Burada oluşan dereler Kadıköy Ovası'nı meydana getirmişlerdir. Bu alanda Kavak Deresi'nin Saroz Denizine döküldüğü yerde Kavak Deltası oluşmuştur. Gelibolu Yarımadası'ndaki diğer ovalar Cumalı, Yalova, Kilye ve Piren Ovaları'dır. Bölge genelindeki yaygın büyük toprak gurupları kahverengi ve kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır. Büyük toprak gurupları Şekil 3.10'da verilmiştir.



**Şekil 3.10.** Gelibolu Yarımadası büyük toprak gurupları (KHGM Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi ve Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı)

Gelibolu Yarımadası'nın en büyük akarsuyu Kavakçayı'dır. Bölgedeki dere yatakları yamaçlarda toplanan suların akarak oyduğu yerler olup, yağış olmadığında kurudurlar ve sulama amaçlı kullanıma olanak sağlamamaktadırlar. Küçükanafta ve Büyükanafta köylerinin batısında Ege Denizi sahiline komşu Tuz Gölü bu bölgedeki tek göldür. Tayfur

Barajı ile birlikte Uzun Hızırlı, Demirci, Fındıklı, Karainebeyli ve Değirmendüzü Göletleri bölgenin su kaynaklarıdır.

Çanakkale Akdeniz ile Karadeniz iklimi arasında geçiş iklimine sahiptir ve ılıman bir yapısı vardır. Uzun yıllar (1971-2013) ortalama yağış miktarı 591.8 mm'dir (Anonim, 2014d). Yılın en sıcak ayları olan temmuz ve ağustosta yıllık yağış miktarları en düşük seviyelere düşmektedir. Çanakkale iline ait bazı uzun yıllar ortalama aylık iklim verileri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

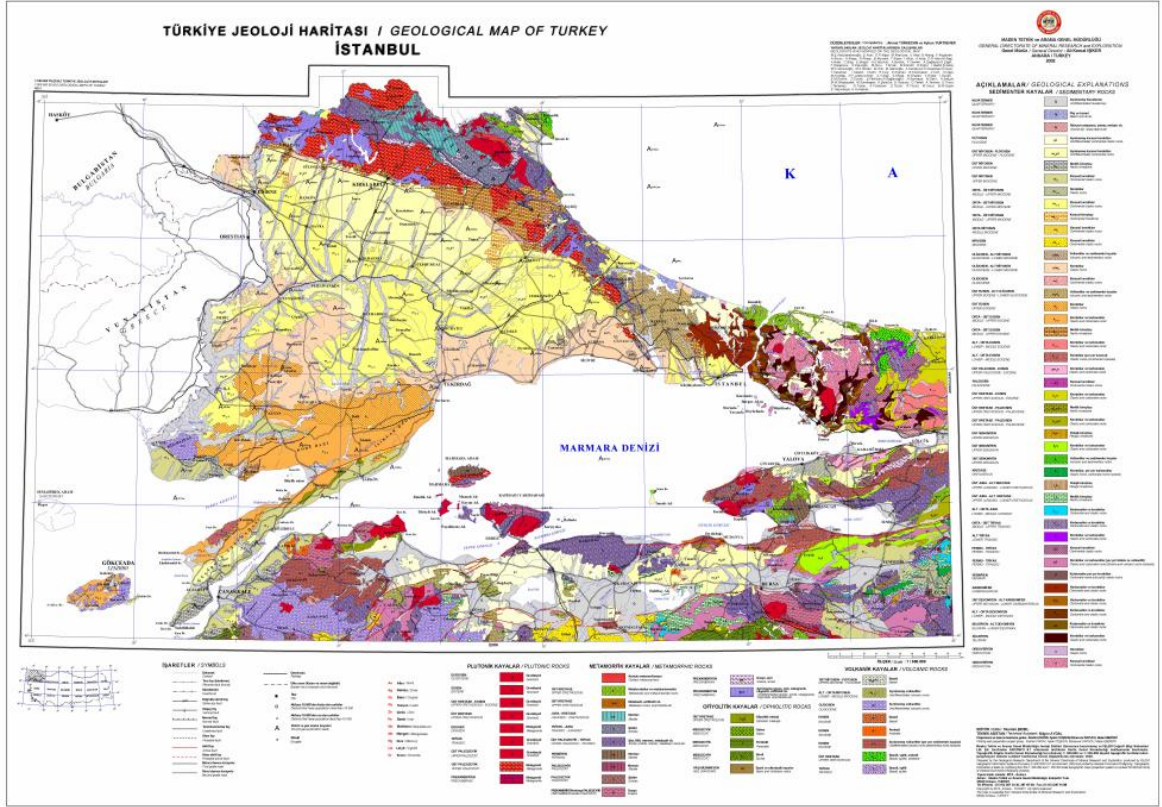
**Çizelge 3.10.** Çanakkale iline ait bazı uzun yıllar ortalama aylık iklim verileri (Anonim, 2014c)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.2	6.5	8.3	12.5	17.5	22.4	25.0	24.8	20.8	16.0	11.9	8.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.6	10.1	12.4	17.1	22.6	27.8	30.6	30.4	26.2	20.7	15.9	11.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.1	3.4	4.9	8.6	12.8	16.8	19.5	19.6	16.0	12.2	8.4	5.3
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	4.2	5.3	7.2	9.3	11.1	11.5	11.2	9.0	6.3	4.3	3.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.7	10.8	9.8	8.7	5.8	3.8	1.9	1.4	3.3	6.4	8.9	12.8
Ortalama Yağış Miktarı (mm)	85.5	70.4	64.9	47.0	33.0	21.1	12.1	5.6	23.1	54.2	83.5	115.7

### 3.1.6. Araştırma alanının jeolojisi

Marmara Bölgesi Trakya Bölümü jeolojisi oluşum zamanları ve kayaç tipleri açısından çeşitlilik göstermektedir. Sekil 3.11'de Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulmuş 1/500,000 ölçekli jeoloji haritası (Anonim, 2013b) görülmektedir.

Trakya Bölümü'nün kuzey kısmında Paleozoik ve Mezozoik Zamanda oluşmuş yaşlı plütonik (granitoid ve metagranit) ve metamorfik (şist ve mermer) kayaçlar bulunmaktadır. Bu kayaçlar bölgenin en yüksek alanlarını oluşturmaktadır ve Meriç-Ergene havzasını şekillendirmektedir. Bu yapı Karadeniz sahil şeridi boyunca İstanbul sınırına dek uzanmaktadır. Havzanın güney batı sınırını şekillendiren Kuru Dağ ve Işıklar Dağı, Eosen döneminde oluşmuş sedimenter kırıntılar ve karbonatlardan meydana gelmektedir. Bu yapı da Gelibolu Yarımadası'nın Saroz sahili boyunca sürmektedir.



**Şekil 3.11.** Trakya Bölümü 1/500,000 ölçekli jeoloji haritası (Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü)

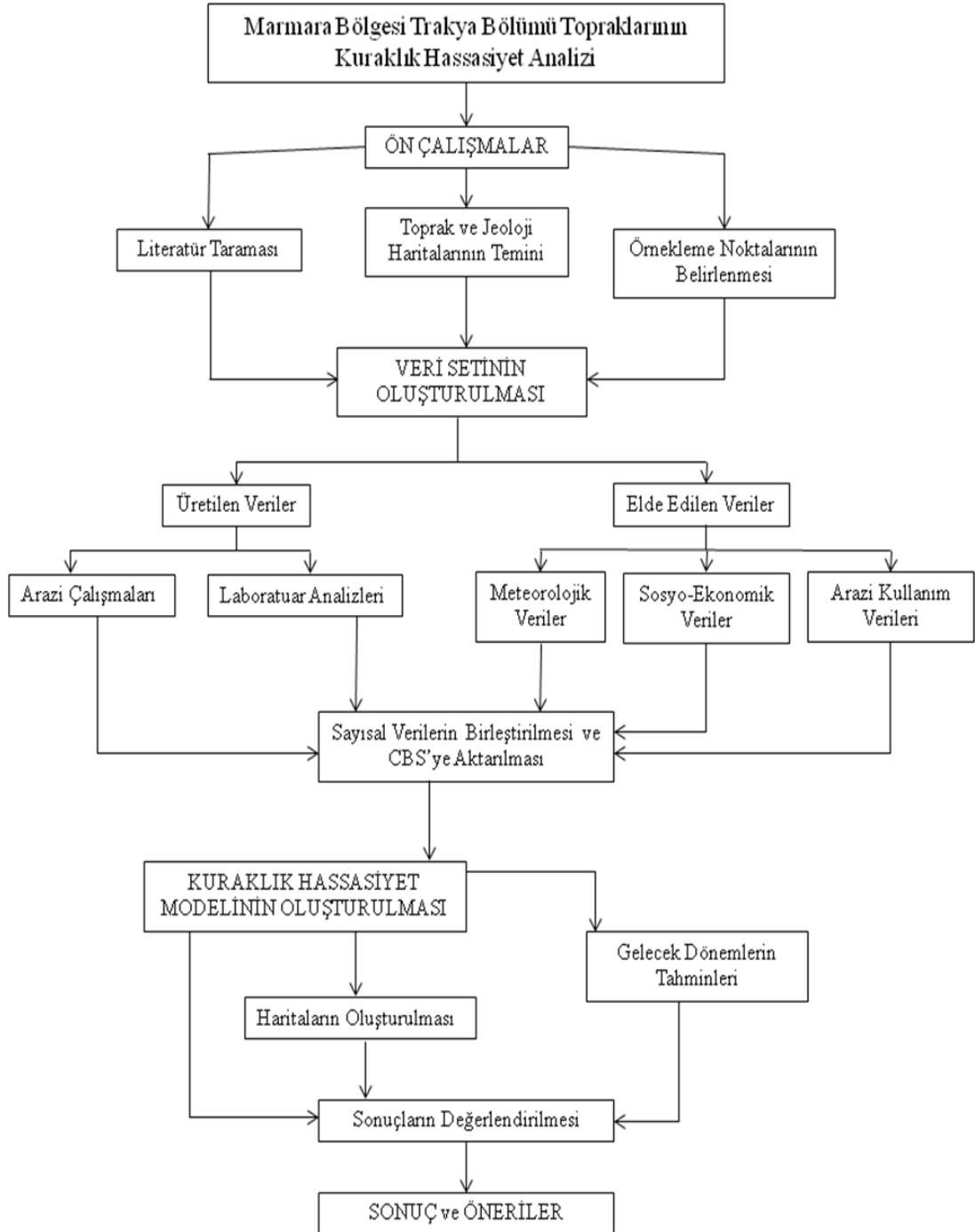
Tekirdağ sahili boyunca ve iç kesimlerde Malkara'ya doğru uzanan kısımda Oligosen-Alt Miyosen Zamanında oluşmuş sedimenter kırıntı kayaçları bulunmaktadır. Sedimenter kırıntılar İstanbul Boğazı'na kadar uzanmaktadır. Çatalca Yarımadası'nın iç kesimlerinde ve Karadeniz sahilinde sedimenter kayaçlar (karbonatlar, ayrılmamış karasal kırıntılar, volkanitler, kumsal) bulunmaktadır.

Meriç-Ergene Havzası içerisindeki kayaçların sedimenter oluşumludur. Alt Eosen sonlarında başlayan sedimantasyon, güneybatıdan kuzey ve kuzeydoğuya doğru gelişen bir çökelim etkisiyle oluşmuştur (Turgut ve ark., 1991). Orta ve Üst Miyosen zamanında oluşmuş sedimenter karasal kırıntılar ve Üst Miyosen – Pliyosen zamanında oluşmuş ayrılmamış karasal kırıntılar nehir yataklarının dışarısında kalan alanlarda bulunmaktadır. Nehir yataklarında ise ayrılmamış kuvaterner kayaçlar bulunmaktadır.



### 3.2. Yöntem

Araştırma değişik çalışma aşamalarından oluşmaktadır; verilerin toplanması, oluşturulacak model için etkili faktörlerin belirlenmesi ve ağırlık katsayılarının hesaplanması, kuraklık duyarlılık haritasının oluşturulması ve gelecek dönemlere ilişkin kuraklık senaryolarının tahmini. Araştırmada izlenen yol haritası Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.12. Araştırmada izlenen akış diyagramı

### 3.2.1. Verilerin toplanması

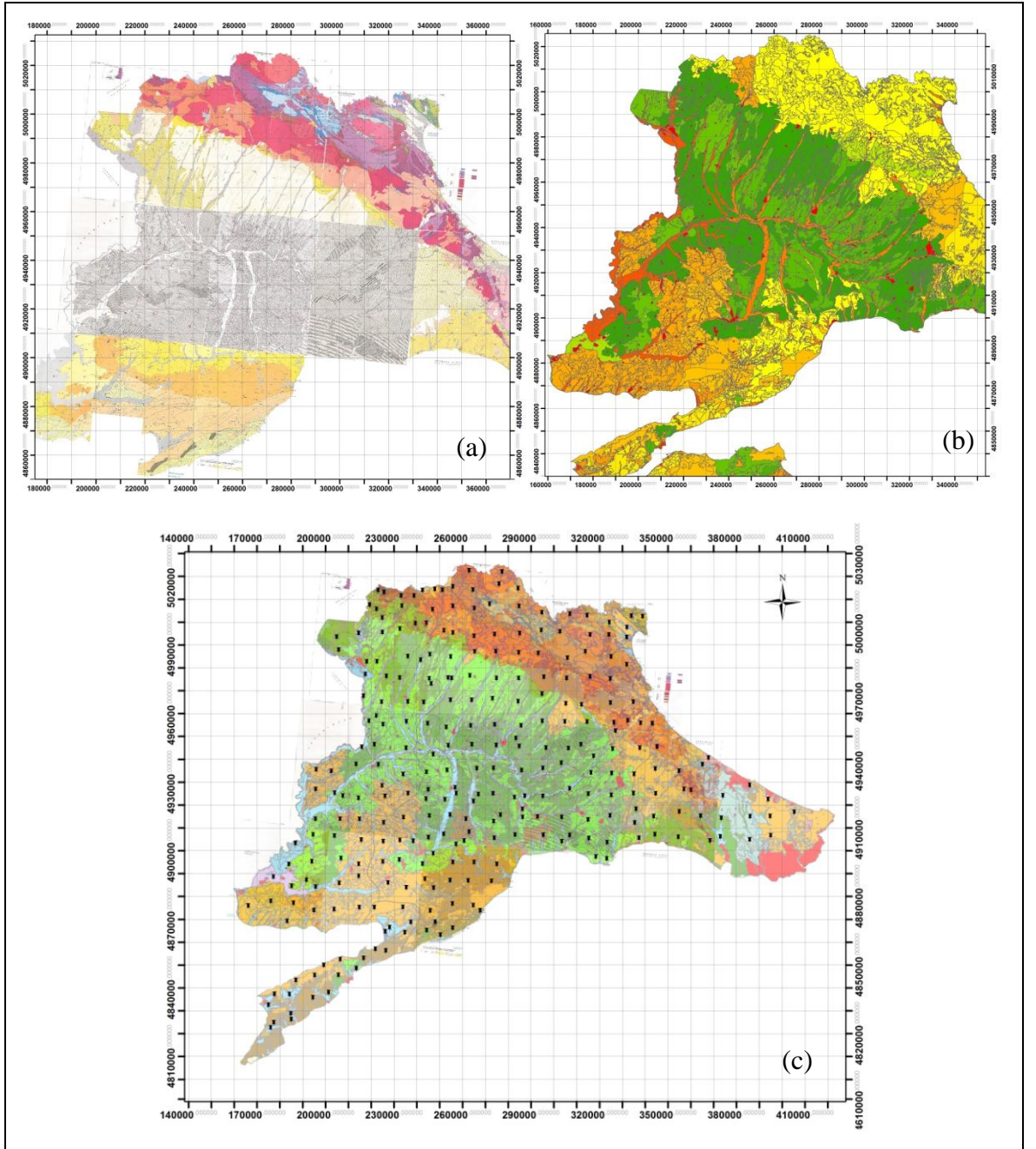
Marmara Bölgesi Trakya Bölümü topraklarının kuraklık hassasiyetinin hesaplanabilmesi için gerekli olan farklı birim ve özelliklerdeki veriler değişik yöntemlerle hesaplanmış ve temin edilmişlerdir. Bölgenin kuraklık duyarlılığının belirlenmesinde iklim ve meteorolojik özellikler, toprak özellikleri, topoğrafik özellikler, drenaj özellikleri, su potansiyeli kullanılmıştır. Hesaplama kullanılan veriler alt kategorilerde toplanılarak aşağıda verilmiştir.

a) İklimsel özellikler: Yağış ve sıcaklık verileri Trakya Bölümü'nde bulunan MGM istasyonlarının kayıtlarından sağlanmıştır. Araştırmada verileri kullanılan MGM istasyonlarının yerleri Şekil 3.13'de görülmektedir. Trakya Bölümü konumu nedeniyle değişik iklim yapılarına sahiptir ve düşen yağış bölge genelinde eş bir dağılım göstermemektedir. Elde edilen sıcaklık değerleri kullanılarak, Thornthwaite ve Su Bütçesi Denklemi ile potansiyel evapotranspirasyon hesaplanmıştır.



Şekil 3.13. Kullanılan MGM istasyonlarının araştırma alanı içerisindeki yerleri (Google Earth)

b) Toprak örnekleme noktalarının belirlenmesi ve laboratuvar analizleri: Çalışma alanı 10x10 km'lik gridlere bölünerek (yaklaşık 250 grid) gridler içerisinde yer alan büyük toprak grupları ve jeolojik yapı dikkate alınarak gridi temsil edebilecek en iyi nokta belirlenmiştir (Şekil 3.14). Bu belirlemede en yaygın büyük toprak grubu öncelikli olarak dikkate alınmıştır. Ancak çok sayıda büyük toprak grubunun ve jeolojik yapının (anamateryal özelliği) bulunduğu gridler içerisinde, değişkenlik dikkate alınarak birden fazla örnek noktası belirlenmiştir.



**Şekil 3.14.** Toprak örnekleme noktalarının belirlenmesi ((a) Jeoloji haritaları, (b) büyük toprak grupları ve (c) jeoloji ve büyük toprak grupları haritalarının karşılaştırılması)



Belirlenen noktalarda 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm olmak üzere toprak derinliği elverişli olan alanlarda 4 örnek alınmış ve noktaların koordinatları GPS ile kaydedilmiştir. Toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geirelerek laboratuvar analizlerine hazırlanmıştır (şekil 3.15). Yapılan analizler ve kullanılan yöntemler aşağıda sıralanmıştır.



**şekil 3.15.** Laboratuvar analizleri esnasında çekilen fotoğraflar

**Tekstür:** Toprak tane irilik dağılımı (toprak tekstürü) 2 mm'lik elekten elenmiş, bozulmuş toprak örneklerinde Bouyoucos (1951)'de belirtilen esaslara göre hidrometre yöntemiyle yapılmıştır.

**Hidrolik iletkenlik:** Bozulmamış toprak örneklerinde; satire olmuş hidrolik iletkenlik metoduna göre, hidrolik iletkenlik cihazında belirlenmiştir (Amoozegar ve Warrick, 1986).

pH: 1:2.5 Toprak-su karışımında (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954) 420A model Orion marka pH-metre ile potansiyometrik olarak ölçülmüştür.

Toprağın su tutma kapasitesi: Basıncılı kaplar ile belirlenmiştir (Klute, 1986). 150 cm toprak profil derinliğinde 4 farklı derinlikten alınan örneklerde ayrı ayrı kullanılabilir su tutma kapasiteleri tayin edilmiştir.

Toplam Tuz (EC): 1/2.5 toprak-su karışımında (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954) LF 320 model WTC marka EC metre ile ölçüm yapılmıştır. Toprakta yeterli miktarda nem bulunsa bile artacak tuzluluk nedeniyle bitkilerin bu nemden faydalanması mümkün olmamaktadır.

Kireç: Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Schlichting ve Blume, 1966).

Organik Madde: Toprak örneklerinin organik madde miktarları Smith – Weldon (1941) yöntemi ile belirlenmiştir.

c) Arazi kullanım türlerinin belirlenmesi: Araştırma alanının arazi örtüsü ve arazi kullanım türlerinin belirlenmesinde Avrupa Birliği ülkeleri tarafından 1985 yılında geliştirilmiş olan Çevre Bilgileri Koordinasyonu'nun CORINE (Coordination of Information on the Environment, CORINE) veritabanı kullanılmıştır. 2006 yılında hazırlanan ve kısa adı "CLC2006" olan CORINE sınıflandırılması ile Trakya'daki arazi örtüsü ve kullanım türlerinin dağılımı çıkartılmıştır. Yapılan sınıflamada orman, tarım (sulu-kuru), mera, açık alanlar, su yüzeyleri, yerleşim gibi gruplar belirlenmiştir.

d) Eğim ve bakı: Araştırma alanı topraklarının eğim, bakı ve yükseklik özellikleri SRTM (The NASA Shuttle Radar Topographic Mission)'nin sayısal yükseklik modeli (DEM) verileri kullanılmıştır (Jarvis ve ark., 2008). Eğim ve bakı toprakların tutabileceği nem miktarını etkilemektedir. Eğimin yüksek olduğu yerlerde yağışın toprak içerisine sızması düz alanlara oranla daha az olmaktadır, başka bir deyişle etkili yağış değeri düşüktür. Ayrıca konumu güney doğu cephesine bakan alanlarda ise güneşlenme süresinin uzunluğu ve kuzey cephelere oranla sıcaklığın fazla olması evapotranspirasyon miktarının yükselmesine neden olmaktadır.

e) Toprak derinliği: Gridlerde belirlenen noktalardan örnekleme sırasında belirlenmiştir. Toprak derinliği arttıkça tutabileceği nem miktarı da artmaktadır. Auger burğu ile yapılan örnekleme sırasında 120 cm profil derinliğinde taban suyuna ve pas lekelerine rastlanılmamıştır.

f) Su potansiyeli ve kullanımı: Bölgedeki su kaynaklarının hacimsel değerleri ve sulama alanları T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın internet sitesi altında kurulmuş olan <http://geodata.ormansu.gov.tr/> adresinden temin edilmiştir.

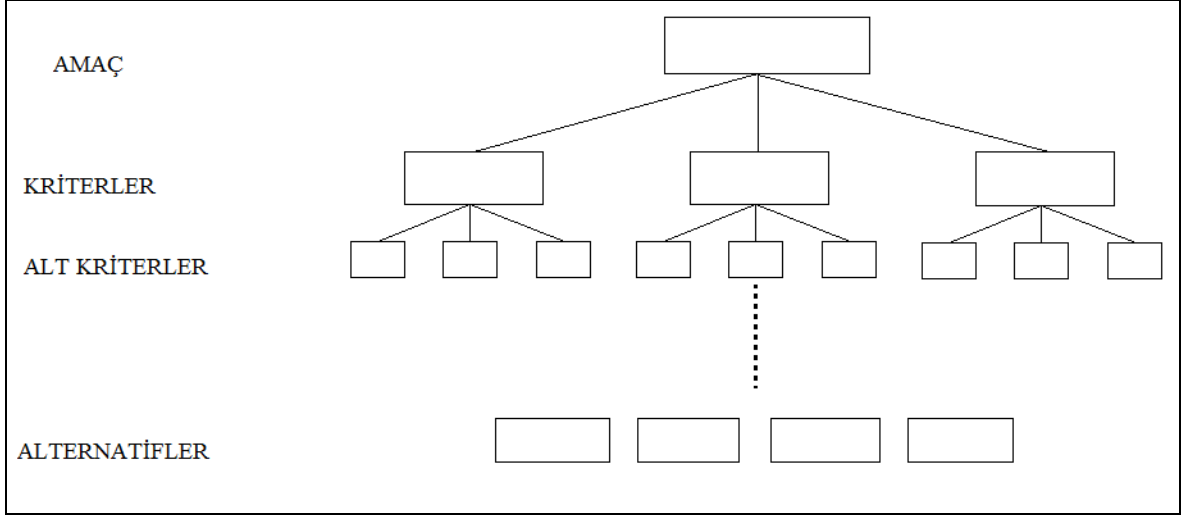
g) Bitkisel üretim: Tarım alanlarının üretim deseni arazi kontrolleri ile tespit edilmiştir.

### **3.2.2. Analitik hiyerarşik süreç**

Kuraklık hassasiyetin belirlenmesi amacıyla kullanılan veriler, özellikleri ve birimleri bakımından birbirleriyle oldukça farklılık göstermektedir. Verilerin gruplar halinde toplanabilmesi ve alt kriterler oluşturulabilmesi, bu verilerin analitik hiyerarşik süreç (AHS) yöntemi kullanılarak karşılaştırılmasını mümkün kılmıştır.

AHS, çok kriterli karmaşık problemlerin analizi için bir hiyerarşi oluşturulması esasına dayanmaktadır (Saaty, 1980). Başka bir ifadeyle, AHS tekniği herhangi bir problemin elemanlarının ortaya konulması için izlenen sistematik bir yoldur. AHS, hiyerarşik yapısına dayanarak, farklı katmanlar için öğelerin kendi aralarında göreceli üstünlüklerini belirleyerek, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) süreçleri için etkin bir çözüm getirmektedir. Amaç, kriter ve alt kriterler belirlendikten sonra; kriter ve alt kriterlerin kendi aralarındaki önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur (Saaty, 1980).

AHS modelinde hiyerarşinin en üstünde bir amaç; bu amacın altında sırasıyla ölçütler ve alt ölçütler basit bir hiyerarşik yapıyı oluşturmaktadır. Her bir seviyedeki ölçütler, kendilerinden bir üst seviyedeki ölçüte göre ikili olarak karşılaştırılır. Bu işlemler en alt seviyedeki seçeneklerden, en üst seviyede yer alan amaca kadar hiyerarşik bir şekilde tekrarlanır. Şekil 3.16'da tipik bir AHS'in yapısı görülmektedir.



**Şekil 3.16.** Tipik bir AHS yapısı

Saaty (1986) AHS'in temelini oluşturan 4 temel ölçütü şu şekilde açıklamıştır:

1) Terslik Koşulu: İkili karşılaştırmaların birbirleri ile ters orantılı olduğunu belirtmektedir. A kriterinin B kriterine göre tercih derecesi  $x$  katı ise, B'nin A'ya tercih derecesi  $1/x$  olmalıdır. Terslik koşulunun sağlanmaması hiyerarşik yapının yeterince açık olmadığını ya da ikili karşılaştırmaların doğru kurulmadığını gösterir.

2) Homojenlik: Yargılardan meydana gelebilecek hataların önüne geçilebilmesi amacı ile karşılaştırılan kriterlerin birbirlerinden çok farklı olmaması ve sınırlı bir ölçüğe sahip olması gerektiğini belirtir.

3) Bağımsızlık: Hiyerarşik düzen oluşturulurken, kriterlerin alternatiflerin özelliklerinden bağımsız olması gerekmektedir. Kriterlerin tercih seviyelerinin hiyerarşinin diğer alt düzeylerinden etkilenmeyeceği ve böylelikle aralarında bir bağımsızlık olduğu kabul edilir (Kazançoğlu, 2008).

4) Beklentiler: AHS uzman görüşlerine dayanan karar verme yöntemidir. Bu nedenle oluşturulan hiyerarşinin sonuçları hakkında beklentiler bulunmaktadır. Hiyerarşinin karar vermede zayıf kalmaması için tüm alternatiflerin ve değerlendirme kriterlerinin model içerisinde yer alması, tüm beklentilere cevap vermesi gerekmektedir.

AHS, karar vericilerin belirlemiş oldukları kriterler arasında deneyimleri yardımıyla göreceli karşılaştırmalar yapma ve karar alternatifleri arasından seçim yapmaya olanak sağlamaktadır (Saaty ve Vargas, 1987; Koçak, 2008). Hiyerarşinin oluşturulmasında karar vericilerin fikirlerindeki ayrılıklar ve yeni alternatiflerin eklenmesi kriterlerin tercih

seviyelerini değişmesine neden olmaktadır. Kuraklık hassasiyeti ile ilgili olarak meteorolojik açıdan yağış verileri, ziraatçı açısından topraktaki nem miktarı ve çiftçi açısından ise yetiştirdiği bitkilerin kuraklık karşısındaki durumu birbirleri arasındaki üstünlükleri farklılıklar gösterecek kriterlerdir.

AHS'in uygulamada bazı olumlu ve olumsuz yanları bulunmaktadır. Literatürde farklı araştırmacılar tarafından AHS'nin güçlü ve zayıf olduğu yönler belirtilmiştir (Saaty, 1980; Saaty ve Vergas, 1987; Millet, 1998; Chan ve Chan, 2004; Kazançoğlu, 2008). AHS'in avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- AHS, karar vericilerin alternatifler arasından tercihlerini doğru şekilde belirlemesine hiyerarşik bir yapı oluşturarak olanak veren ve uygulaması kolay bir karar verme metodolojisi sağlar.

- Kullanım alanı çok geniştir.

- Çok karmaşık problemleri bile basitleştiren bir yapısı vardır ve analizler kolaylıkla yapılabilir.

- Bir karar problemine ilişkin çözümlelerde takım çalışmasına olanak sağlar. Karar vericilerin tecrübeleri de dikkate alınmaktadır ve çok sayıdaki nitel ve nicel kriterleri karar verme sürecine dahil etmektedir

- Duyarlılık analizi yapılarak alınan kararların esnekliğini analiz etmek mümkündür.

- Karar vericinin, yargılarının tutarlılık derecesini ölçmesine imkan verir.

- Grup kararlarında kullanımı uygundur, uzlaştırıcı özelliği bulunmaktadır.

- Güvenilir bir yöntemdir.

- Bilgi teknolojileri ile birlikte kullanılabilir.

AHS'in uygulamadaki olumsuz tarafları ise aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Hiyerarşik yapının oluşturulmasında tüm kriterler dikkate alınmalıdır ve doğru şekilde oluşturulması gerekmektedir. Karmaşık kararlarda tüm kriterlere hesaba katmak neredeyse imkansızdır. Hiyerarşiyi oluştururken yapılacak bir hata ise tüm hiyerarşi içerisinde zincirleme hatalara neden olmaktadır.



- Hiyerarşiye eklenilecek yeni bir alternatif ya da hiyerarşiden çıkartılacak bir alternatif sonuç sıralamalarını değiştirmektedir. AHS hakkındaki yapılan eleştirilerin başında bu durum gelmektedir.

- Karar vericilerin tercihleri hiyerarşik yapıya subjektif bir yapı eklemektedir. Bu durum oluşturulan modelin vermiş olduğu karara eleştiriler getirebilmektedir. Varılan sonuçlar herkes tarafından kabul edilmeyebilir.

- Hiyerarşik düzene eklenen nitel kriterler uzman yorumlamalarına yönlendirmektedir. Bu durumda model içerisinde hatalar meydana gelebilmektedir.

- Hiyerarşik ağacın çok karmaşık yapıya sahip olması araştırmacılar için çok fazla dikkat ve çaba gerektirmektedir.

- AHS çok kriterli karar verme problemlerinin kullanımında yaygın olarak kullanılmakta ve elde edilen sonuçlar literatürde yer bulmaktadır. Bu anlamda güvenilirliğini kanıtlamış bir yöntemdir.

### **3.2.2.1. Analitik hiyerarşik sürecin uygulanması**

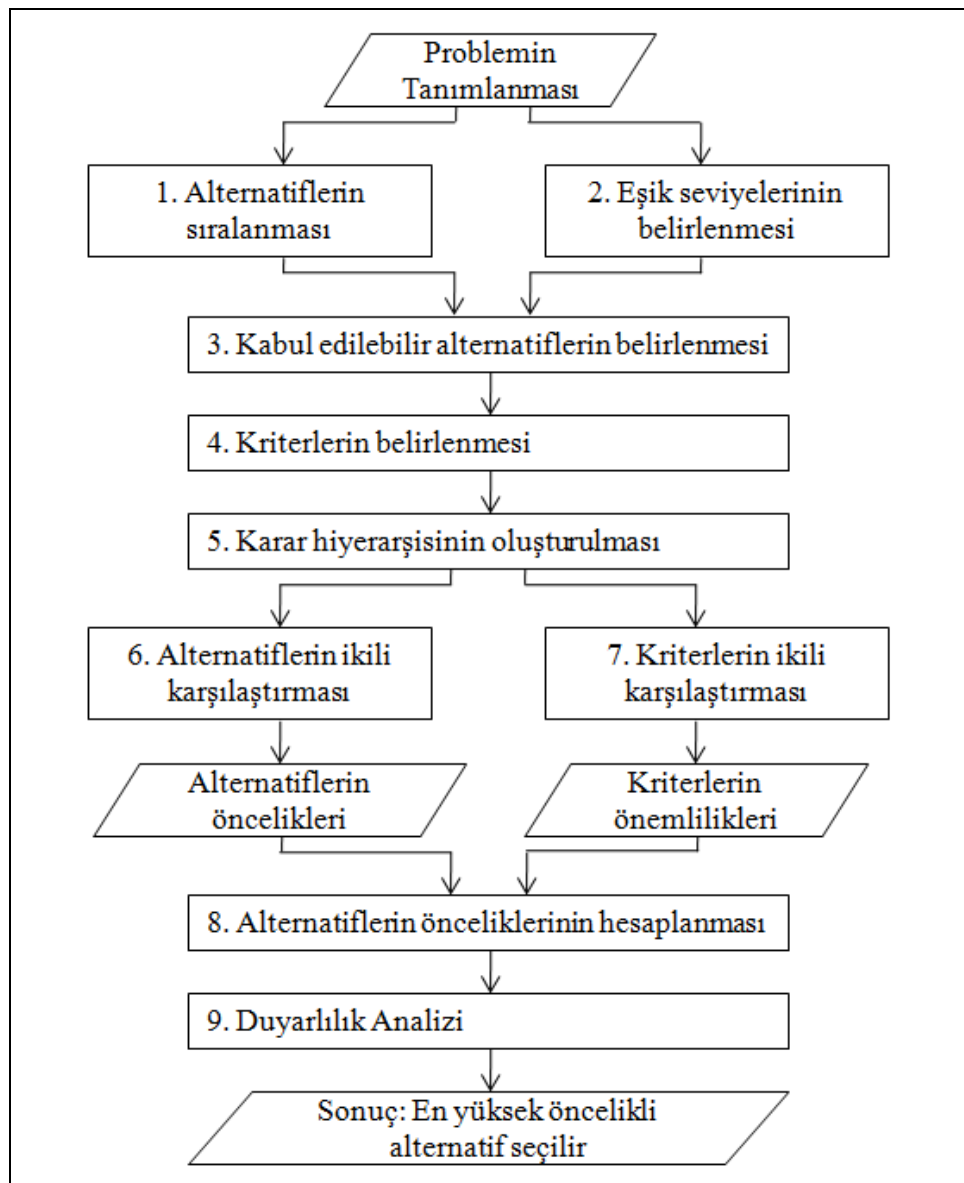
Araştırmacılar AHS'in uygulamasının farklı sayıdaki aşamalarla tarif etmektedirler. Partovi (1994) AHS'in aşamalarını hiyerarşinin tasarımı, önceliklerin belirlenmesi ve sonuçların değerlendirilmesi olmak üzere üç aşamadan oluştuğunu belirtmiştir. Maino ve ark. (2012) bu üç adıma ek olarak belirsizliklerin de karar verme sürecine dahil edilmesini ekleyerek AHS'i dört adımda tanımlamışlardır. Vaidya ve Kumar (2006) AHS'in uygulanmasındaki önemli ve temel adımları, yedi aşamada aşağıdaki şekilde tanımlamıştır:

- Problemin belirtilmesi.
- Sorunun hedeflerini genişletmek veya tüm kriter, hedef ve onların sonuçlarını dikkate almak.
- Etkisi olan tüm kriterlerin tanımlanması.
- Hedef, kriter, alt kriter ve alternatiflerin değişik seviyelerde yapılandırılması ile problemin hiyerarşik yapısının oluşturulması.
- Aynı seviyede kalan öğelerin kendi aralarında karşılaştırmaları yapılır. Bu aşamada öğelerin sayısal karşılıkları düzenlenir.

• En yüksek Eigen değerlerinin bulunması, tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR) için hesaplamalar yapılır, kriterlerin değerleri normaliz edilir.

• Eigen, CI ve CR değerleri kabul edilebilir bulunursa, normalize edilmiş değerler üzerinden problemin çözümüne ilişkin karar verilir. Eğer sonuçların tutarlılıklarının sınaması başarısız olursa tüm işlemler tekrarlanır.

Huizingh ve Vrolijk (1995) AHS’i dokuz aşamada açıklamıştır. Şekil 3.17’de Huizingh ve Vrolijk (1995)’in AHS’in uygulama adımlarını tanımladığı şekil görülmektedir.



Şekil 3.17. AHS'in dokuz aşaması (Huizingh ve Vrolijk, 1995'den uyarlanmıştır)

Kuraklık hassasiyeti için oluşturulan hiyerarşik yapı, Huizingh ve Vrolijk (1995) ve Vaidya ve Kumar (2006)'ın tanımladığı adımlar esas alınarak adım adım açıklanmıştır. Sorun tanımlandıktan sonraki ilk dört adım hiyerarşinin yapısının oluşturulmasından önceki çalışmalardır. Bu aşamalar konu ile ilgili bilgi ve deneyim gerektirmektedir.

1) Alternatiflerin listelenmesi: Bu aşamada karar verilecek tüm alternatifler listelenmektedir. Alternatiflerin tüm bilinen özellikleri bu listeye eklenmelidir. Bu aşamada, kuraklık hassasiyeti için çok duyarlı – duyarlı değil arasındaki alternatifler listelenmiştir. Oluşturulan kuraklık hassasiyet dereceleri:

- Duyarlı değil (dayanıklı)
- Hafif duyarlı (etkilenebilirliği düşük)
- Orta düzeyde duyarlı (etkilenebilirliği orta düzeyde)
- Duyarlı (etkilenebilirliği yüksek)
- Çok duyarlı (etkilenebilirliği çok yüksek)

2) Eşik seviyelerinin belirlenmesi: Bu aşamada alternatiflerin karşılıklarına denk gelen minimum gereksinimler tanımlanır. Örneğin 0 ile 1 değerleri arasında kuraklık hassasiyetinin alternatif değerleri ayrılmak istendiğinde, “duyarlı olmayan” alternatif için 0.81 değeri başlangıç seviyesi olarak kabul edilebilir.

3) Kabul edilebilir alternatiflerin belirlenmesi: Bu aşamada eşik değer gereksinimlerini karşılamayan alternatifler modelden çıkartılmaktadır. Bu durum mevcut alternatiflere sahip problemlerde alternatifler arasında tercih yapılması durumunda görülmektedir. Kuraklık hassasiyetinin belirlenmesi için oluşturulan alternatiflerde bu durum söz konusu olmamıştır.

4) Kriterlerin belirlenmesi: Bu aşamada alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler belirlenmektedir. Alternatiflerin en iyi şekilde sıralandırılabilmesi için probleme ilişkin tüm kriterler listelenmelidir. Kuraklık hassasiyetlerinin belirlenmesi için kullanılan kriterler aşağıda sıralanmıştır.

- Yıllık yağış toplamı
- Bahar ve yaz mevsimi yağışlarının yıllık yağış toplamı içerisindeki oranı
- Kuraklık olasılıkları

- Bakı (Güneşlenme süresi ve toprağın ısınması, toplam su bütçesi üzerine etki)
- Eğim (su tutma kapasitesi, toplam su bütçesi üzerine etkisi nedeniyle değerlendirmeye alınmıştır)
- Yükselti (altimetre) (hava sıcaklığı, sıcaklığın buharlaşma üzerine etkisi)
- Toprakların yarayışlı su tutma kapasiteleri
- Yüze ve yüze altı tuzluluk (tuzlu topraklarda ozmotik etki nedeniyle fizyolojik kuraklık etkisi)
- Yüze toprağının hidrolik iletkenliği (suyun toprakta hareket hızı, drenaj üzerine etki)
- Yüze toprağının pH'sı (toprak rengi, kimyasal reaksiyonlar, toprak verimliliği ve ağır metal yarayışlılığı üzerine etki)
- Arazi kullanım türü (bitki su tüketimi, erozyon, toplam su bütçesi üzerine etki)
- Sulama
- Yüze toprağının % CaCO<sub>3</sub> içeriği (toprak rengi, yansıma ve toprağın ısınması üzerine etkisi nedeniyle değerlendirmeye alınmıştır)
- Organik madde (su tutma kapasitesi üzerine etkilidir)
- Nüfus
- Eğitim seviyesi
- Hayvancılık faaliyetleri

Problemin çözümüne ilişkin kullanılacak tüm değerlendirme kriterleri ve değerlendirme sonuçları neticesinde sıralamalarının yapılacağı alternatifler ilk dört adımda belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra hiyerarşik yapının oluşturulmasına geçilmektedir. Saaty (1990) hiyerarşiler oluşturulurken karar vericilerin dikkat etmesi gereken hususları şu şekilde tanımlamıştır:

- Problem etrafıca yorumlanmalıdır,
- Çözüme katkıda bulunacak kriterler belirlenmelidir,

- Problemin çözümü, öğelerdeki değişime karşı hassasiyet göstermemelidir,
- Problemin çözümü için katılımcılar belirlenmelidir.

5) Karar hiyerarşisinin oluşturulması: Hiyerarşik ağaç yapısı bu adımda oluşturulmaktadır. Problemin çözümündeki ana kriterler ve bu ana kriterleri oluşturan alt kriterlerin diziliminin tasarımı yapılır. Bu aşama karar vericiler tarafından en dikkatli şekilde yapılması gereken adımlardan bir tanesidir ve AHS'in aksiyomlarına uyulmalıdır. Gözden kaçırılan bir kriterin hiyerarşik yapıya eklenmesi, hesaplamaların ve yapının değişmesine neden olacaktır. Ayrıntılı bir hiyerarşi tasarımı için belirlenmesi gereken noktalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir (Saaty, 1994a; Saat, 2000).

- Genel amacın belirlenmesi,
- Genel amacı oluşturan alt amaçların belirlenmesi,
- Alt amaçları oluşturan kriterlerin belirlenmesi
- Kriterlerin değer aralıklarının belirlenmesi,
- Konuyla ilgili uzmanların seçimi,
- Karar vericilerin beklentilerinin belirlenmesi,
- Sonuçların ya da alternatiflerin belirlenmesi,
- Alternatiflerin sıralandırılması ile tercihlerin yapılması ve tercihlerin karşılaştırılması,
- Tercihlerin ekonomik alternatifler arasından seçilmesi durumunda, fayda/maliyet analizlerinin yapılması.

Hiyerarşik yapının tamamlanmasının ardından kriterlerin ikili karşılaştırmalarını ve önceliklerin saptanmasını içeren hesaplamalar yapılmaktadır.

6) Kriterlerin ikili karşılaştırması: Hiyerarşik yapısının her kademesindeki öğeler için görece üstünlüklerin bulunması amacıyla ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. İlk aşamada problemin bir alt aşamasındaki temel kriterlerin ikili karşılaştırmaları gelmektedir.

İkili karşılaştırmaların sayısal olarak yapılabilmesi için Saaty 5 ana ve 4 ara değerden meydana gelen 1-9 AHS değerlendirme ölçeğini geliştirmiştir (Saaty, 1980, 1990, 1994b, 2008). Çizelge 3.11’de AHS’te kullanılan karşılaştırma ölçekleri verilmiştir.

**Çizelge 3.11.** AHS’de kullanılan değerlendirme ölçeği ve açıklamalar

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki kriter eşit derecede önemlidir.
3	Orta derecede önemli	Bir kriter diğerine oranla biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine oranla oldukça önemlidir.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine oranla oldukça çok önemlidir.
9	Aşırı derecede önemli	İki kriter arasındaki önemlilik düzeyi en üst aşamadır.
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Ara değerler uzlaşma gerektiğinde kullanılmaktadır.
Yukarıdaki sayıların tersi	Önemlilik karşılaştırmasında verilen kesirli sayılardır (Örneğin 1,1/3, 1/5, 1/7, 1/9)	Bir kriterin kendisinden daha önemli bir kriter ile karşılaştırılmasında elde edilirler.

Karar verici, bir düzeydeki öğelerin, hiyerarşide hemen bir üst düzeyde yer alan öğeler açısından görece önemlerini saptayacak şekilde bir puanlama yapar ve ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturur. İkili karşılaştırmalar sonucunda Eşitlik 3.1’deki gibi bir kare matris elde edilir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} = [a_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.1)$$

$n$  : Değerlendirmede kullanılan kriter sayısını,

$i, j$  : Değerlendirmede kullanılan kriterler,

$a_{ij}$  :  $i$  kriterinin  $j$  kriterine oranla önem derecesini göstermektedir.

Karşılaştırma matrisinin köşegen değerleri aynı kriterlerin kendisiyle karşılaştırılmasından dolayı 1 değerini alır. Matrisin üst kısmı Çizelge 3.11’de verilen ikili karşılaştırma önemlilik değerleridir. AHS’inin terslik koşulu ile matrisin alt kısmı oluşturulur. Bu aksiyom aşağıdaki formül ile açıklanır (Eşitlik 3.2).

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (3.2)$$

Örnek olarak i kriterinin j kriteri ile ikili karşılaştırma sonucunda, i kriterinin j kriterine oranla 3 kat önemli olarak değerlendirilmesi durumunda j ile i kriterlerinin ikili karşılaştırma değeri 1/3 olur. Bu durumda A matrisinin aldığı şekil Eşitlik 3.3'teki gibi olacaktır.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (3.3)$$

7) Alt kriterlerin ikili karşılaştırması: Altıncı adımda yapılan işlemler, hiyerarşik düzenin her bir alt aşaması için tekrarlanmaktadır. Bu işlemler sonucunda tüm alt kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı bir şekilde oluşturulup/oluşturulmadıkları aşağıda verilen formül (Eşitlik 3.4) ile saptanmaktadır (Saaty, 1980; Saaty, 1990).

$$a_{jk} = \frac{a_{ik}}{a_{ij}} \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n \quad (3.4)$$

8) Önceliklerinin (ağırlıkların) hesaplanması: İkili karşılaştırmalar sonucunda kriterler arasındaki önemlilik düzeylerini AHS değerlendirme ölçeği ile gösteren A matrisleri oluşturulmuştur. Ancak problemin çözümü için her bir kriterin problem çözümü içerisindeki önceliklerinin başka bir ifade ile ağırlıkların belirlenmesi gerekmektedir. Bu ağırlık puanları, problemin çözümünde yer alan kriterlerin yüzdesel olarak dağılımlarını göstermektedir.

AHS yönteminde, kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi, ikili karşılaştırma matrisinin özvektörü yardımı ile hesaplanmaktadır. Bu uygulamanın ilk aşamasında A matris elemanlarının normalleştirme işlemi yapılır. Bu işlem her bir sütun elemanın, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünmesi ile hesaplanır. Sütun toplamları;

$$\sum a_1 = \sum_{i=1}^n a_{i1} \quad (3.5)$$

formülü ile bulunur. Matris elemanlarının normalleştirilmesi de aşağıdaki formül ile yapılır:

$$a'_i = \frac{a_{ij}}{\sum a_i} \quad (3.6)$$

Bu durumda normalleştirilmiş A' matrisi Eşitlik 3.7'deki gibi yazılabilir.

$$A' = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_1} & \frac{a_{12}}{\sum a_2} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_n} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_1} & \frac{a_{22}}{\sum a_2} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum a_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_1} & \frac{a_{n2}}{\sum a_2} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_n} \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (3.7)$$

A matrisinin özvektörünün elde edilmesi için, oluşturulan A' matrisinin satır değerleri toplamı kriter sayısına (n) bölünür ve B sütun vektörü edilir. B sütun vektörünün değerleri bulunduğu satıra ait olan kriterin ağırlık değeridir. B sütun vektörünün oluşturulması Eşitlik 3.8'de görülmektedir.

$$B = \begin{bmatrix} \frac{\left( \frac{a_{11}}{\sum a_1} \right) + \left( \frac{a_{12}}{\sum a_2} \right) + \dots + \left( \frac{a_{1n}}{\sum a_n} \right)}{n} \\ \frac{\left( \frac{a_{21}}{\sum a_1} \right) + \left( \frac{a_{22}}{\sum a_2} \right) + \dots + \left( \frac{a_{2n}}{\sum a_n} \right)}{n} \\ \dots \\ \frac{\left( \frac{a_{n1}}{\sum a_1} \right) + \left( \frac{a_{n2}}{\sum a_2} \right) + \dots + \left( \frac{a_{nn}}{\sum a_n} \right)}{n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (3.8)$$

9) Tutarlılık Analizi: Hiyerarşik yapının temeli olan ikili karşılaştırmalar uzman deneyimlerine dayanmaktadır ve doğal olarak sonuçların gerçekliği kurulan bu ikili karşılaştırmaların tutarlılığına bağlı olmaktadır. Bu amaçla ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranı (CR) hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranı ikili karşılaştırmalardaki hataları tespit etmekte kullanılmaktadır.

CR, faktör sayısı ile karar matrisin en büyük özdeğerinin ( $\lambda$ ) karşılaştırılması ile hesaplanmaktadır.  $\lambda$ 'nın hesaplanması için öncelikle A karar matrisi ile B sütun



vektörünün matris çarpımından C sütun vektörü elde edilir. Bu işlem Eşitlik 3.9'da görülmektedir.

$$C = A \times B = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \times \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \quad (3.9)$$

C sütun vektör değerlerinin B sütun vektör değerlerine bölünmesi ile her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (E) elde edilir (Eşitlik 3.10).

$$E_i = \frac{c_i}{b_i} \quad i=1, 2, \dots, n \quad (3.10)$$

Bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri ( $\lambda$ ) vermektedir (Eşitlik 3.11).

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3.11)$$

Karşılaştırmaya ilişkin  $\lambda$ , hesaplandıktan sonra Tutarlılık İndeksi (CI) aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanır (Eşitlik 3.12).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (3.12)$$

Tutarlılık oranı (CI), tutarlılık indeksinin rastgele indeks (RI) ile tanımlanan standart düzeltme değerine bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Eşitlik 3.13).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.13)$$

Rastgele indeks değerleri Saaty (1980) tarafından belirtilmiştir. Değerlendirme kriteri sayısına (n) denk gelen rastgele indeks (RI) değerleri Çizelge 3.12'de görülmektedir.

**Çizelge 3.12.** Rastgele indeks değerleri (Saaty, 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

CR değerinin 0.10'dan büyük olması ya AHS'deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını göstermektedir. Sonuçların 0.10'dan büyük bulunması durumunda hesaplamalar kontrol edilmeli ve gerekli olması durumunda hiyerarşik düzen baştan kurulup yeniden tutarlılıklar hesaplanmalıdır.

### 3.2.3. Kullanılan kuraklık indisi ve diğer denklemler

#### 3.2.3.1. Standartlaştırılmış yağış indisi (SPI)

Kuraklığın izlenmesi amacıyla, McKee ve ark. (1993) tarafından geliştirilmiştir. Sadece yağış verilerini kullanılması, indisin hesaplamasını kolay kılmaktadır ve önemli bir kuraklık izleme aracıdır. Yöntemde SPI kuraklık sınıfları, *standart normal dağılımlı* (Gaussian) yağış dizilerinden elde edilir. Thom (1966), yağış verilerine en iyi uyan olasılık dağılımının Gamma dağılımı olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, ham yağış verilerinin Olasılık Dağılım Fonksiyonun (ODF) Gauss (Normal) dağılım fonksiyonuna dönüştürülmesi gerekir (McKee ve ark., 1993, 1995; Wilks 1995; Guttman 1998, 1999).

Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu (OYF),

$$f(y) = \frac{(y/\beta)^{\alpha-1} \exp(-y/\beta)}{\beta\Gamma(\alpha)}, \quad y, \alpha, \beta > 0 \quad (3.14)$$

şeklinde tanımlanır. Bu ifadedeki  $\alpha$  ve  $\beta$ , sırasıyla gamma OYF'nin şekil ve ölçek parametreleri. Diğer taraftan,  $\Gamma(\alpha)$  gamma fonksiyonudur ve aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (3.15)$$

Thom (1966) ve Wilks (1995)'e bağlı olarak, gamma dağılımının *şekil* ve *ölçek* parametreleri,  $\bar{y}$  ve  $\bar{g}$  sırasıyla ham yağış verisinin *aritmetik* ve *geometrik* ortalamaları olmak üzere,

$$\left. \begin{aligned} D &= \ln(\bar{y} / \bar{g}) \\ \hat{\alpha} &= \frac{1 + (1 + 4D/3)^{1/2}}{4D} \end{aligned} \right\} \quad (3.16)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{y}}{\hat{\alpha}} \quad (3.17)$$

eşitlikleri ile yaklaşık olarak hesaplanırlar.

İkinci adımda, gamma ODF'den elde edilen yağış olasılıkları, ters standart Gauss (Normal) dağılım fonksiyonu kullanılarak, standart yağış dizileri elde edilir. Bu sayede, ortalaması 0 ve varyansı 1 olan standartlaştırılmış yağış indisi dizileri elde edilmiş olur. Üçüncü adımda bulunan SPI değerleri, Çizelge 3.13'teki eşik değerler dikkate alınarak, McKee ve ark. (1993)'nin önerdiği kuraklık sınıflarına dönüştürülür.

SPI dizileri, yalnız yağış dizilerine bağlı olarak hesaplandığı için, genel olarak meteorolojik kuraklığı temsil etmektedirler (McKee ve ark., 1993, 1995). SPI değerlerinin ve olasılıklarının 1, 3, 6, 12, 24 ve 48-aylık ya da daha uzun aylık kayan ortalamalı zaman ölçekleri ya da adımları, kuraklıkların çeşitli zaman ölçeklerinde izlenmesine ve değerlendirilmesine olanak sunar. Örneğin, 3 veya 6-aylık SPI değerleri, aylık olarak ölçülmüş yağışların 3 veya 6-aylık kayan ortalamalarından hesaplanır.

Tablo 3.13'deki eşik değerler temel alınarak, ekstrem (aşırı) kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli sınıflarının yanısıra, sınıfların birleştirilmesiyle, örneğin normalin altında, normalin üzerinde ve normale yakın gibi alt-sınıflarının veya normalin üzerindeki ve altındaki sınıfların birleştirilmesiyle de kurak ve *nemli* olmak üzere, yeni sınıflar oluşturulabilir. Örneğin, Türkiye'nin yağış meteorolojisi/klimatolojisi ve kuraklık özellikleri ile fiziki - coğrafya denetçileri (Türkeş, 1996, 1998, 1999, 2003; Tatlı ve ark., 2004) gibi bölgesel faktörler dikkate alındığında, geleneksel olarak elde edilen kuraklık sınıflarının yanısıra,  $SPI \in \{-1,1\}$  normal kuraklık sınıfının yerine,  $SPI \in \{-0.5,0.5\}$  eşik değerleri kullanılarak, Türkiye'ye özgün yeni bir normal kuraklık sınıfı oluşturulabilir (Türkeş ve Tatlı, 2009).

**Çizelge 3.13.** Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) kuraklık sınıflandırması (McKee ve ark., 1993; Türkeş ve Tatlı, 2009)

<i>SPI</i> değerleri	Sınıflandırma
2 ve üzeri	Aşırı nemli
1.50 – 1.99	Çok nemli
1.00 – 1.49	Orta düzeyde nemli
0.50 – 0.99	Normale yakın nemlice
-0.49 – 0.49	Normal
-0.50 – -0.99	Normale yakın kurakça
-1.00 – -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.50 – -1.99	Şiddetli kurak
-2 ve altı	Aşırı kurak

### 3.2.3.2. Su bütçesi denklemi

Su bütçesi, düşen yağış, toprak içerisine giren nem, toprak yüzeyinden akışa geçen yağış fazlası, toprağın alt kısımlarına sızarak drene olan su, bitkiler tarafından kullanılan su ve toprak yüzeyinden buharlaşan su arasındaki nem dengesinden meydana gelmektedir. Şekil 3.18'e bağlı kalarak, Thorntwaite ve Mather (Thorntwaite ve Mather, 1955; 1957) su bütçesi yaklaşımı aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$P = ET + RO + \Delta SW + D \quad (3.18)$$

Burada;

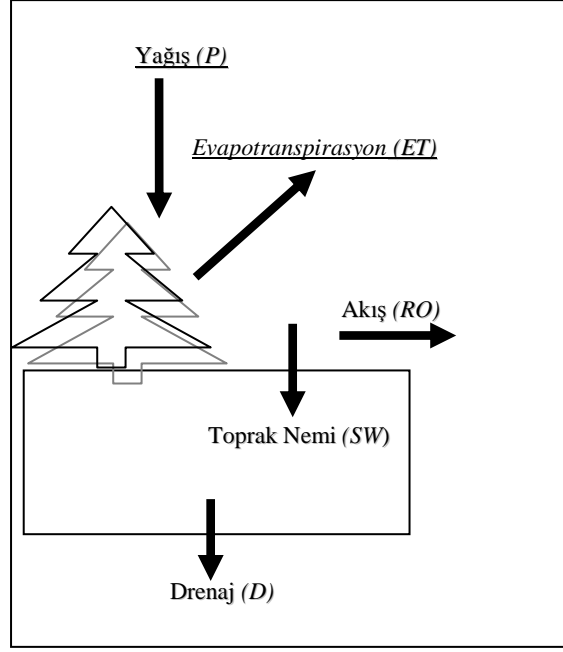
P : Yağış,

ET : Evapotranspirasyon,

$\Delta SW$  : Toprak neminin zamansal değişimini,

RO : Yüzey akış,

D : Drene olan sudur.



**Şekil 3.18.** Basit su bütçesi denklemindeki bileşenler (Mehta ve ark., 2006'dan düzenlenmiştir)

Su bütçesi denklemindeki öğelerin yerleri değiştirildiğinde topraktaki nem değişimini hesaplamak mümkün olmaktadır (Eşitlik 3.19).

$$\Delta SW = P - (ET + RO + D) \quad (3.19)$$

Aşağıda su bütçesi denklemi kullanılarak ilgili büyüklüklerin elde edilmesinin adımları tanıtılmıştır (Şekil 3.19).

Denklemlerde kullanılan kısaltmalar (Mehta ve ark., 2006):

SW : Yarayışlı toprak su içeriği,

APWL : Kümülatif potansiyel su kaybı,

AWC : Kullanılabilir toprak nem kapasitesi,

$\Delta P$  : Net yağış ( $\Delta P = P - PET$ ),

P : Yağış,

PET : Potansiyel evapotranspirasyondur.

Toprağın Durumu	SW	APWL	Aşma
1) Toprak Kuruyor $\Delta P < 0$	$= AWC \exp\left(\frac{APWL}{AWC}\right)$	$= APWL_{t-1} + \Delta P$	$= 0$
2) Toprak Nemleniyor $\Delta P > 0$ ancak $SW_{t-1} + \Delta P \leq AWC$	$= SW_{t-1} + \Delta P$	$= AWC \ln\left(\frac{SW_t}{AWC}\right)$	$= 0$
3) Toprak Kapasitesinin Üstünde Nemleniyor $\Delta P > 0$ ancak $SW_{t-1} + \Delta P > AWC$	$= AWC$	$= 0$	$= SW_{t-1} + \Delta P - AWC$

**Şekil 3.19.** Su bütçesi modelinin adımları (Mehta ve ark., 2006'dan düzenlenmiştir)

Yağış ve akış verileri doğrudan ölçülebilmektedir. Diğer taraftan, drenaj (yeraltısu beslenimi) ve evapotranspirasyon (ET) ya tahmin edilmeli ya da arazide doğrudan ölçülmesi gerekmektedir. Bu bileşenlerden en değişken ve hesaplanması kuraklık açısından önemli olanı ET'dur. ET'nin hesaplaması için doğrudan ölçüm ve deneysel hesaplama yaklaşımları mevcuttur. Gerçeğe en yakın ET değerleri, lizimetreler yardımı ile doğrudan hesaplanmaktadır. Thornthwaite, Penman, Blaney-Criddle, Radyasyon, A sınıfı buharlaşma kapları, Hargreaves, Penman-Monteith ve Jensen-Haise yöntemleri gibi meteorolojik verilerden yararlanan deneysel potansiyel ET hesaplama yöntemleri kullanılarak ET hesaplanmaktadır.

Su bütçesi yaklaşımı esas alınarak, ekiminin yaygın olarak yapıldığı ve sulamanın yapılmadığı buğday ve ayçiçeği bitkilerinin mevsimlik su ihtiyacının yıllar içerisinde ne kadarının karşılandığı belirlenmiştir. Bu sayede buğday ve ayçiçeği için gerekli olan optimum yağış değeri saptanmaya çalışılmış ve kuraklık hassasiyet analizinde kullanılan eşik değerler belirlenmiştir.

Su bütçesi denkleminde yer alan derine sızan su miktarı verilerinin bulunmaması nedeni ile hesaplamalarda bu veriler kullanılamamıştır. Araştırma alanı tarım arazilerinin büyük kısmının hafif eğimli, kil içeriği yüksek ve derin topraklara sahip olduğu düşünülürse düşen yağışın büyük bir kısmı toprak içerisinde depolanmaktadır. Benzer şekilde yüzey akış verileri de bulunmamaktadır. Yüzey akış ve derine sızma ile topraktan uzaklaşan suyun tahmin edilmesi için düşen yağış miktarı ve toprakların tarla kapasitesi değerleri kullanılmıştır. Şekil 3.19'da bu yaklaşımın adımları görülmektedir.

Bitki su ihtiyaçlarının belirlenmesinde kullanılan, referans ET değeri FAO (2012)'nin geliştirmiş olduğu ET<sub>0</sub> Calculator 3.2 programı ile hesaplanmış ve dönemsel bitki katsayıları için Allen ve ark. (1998)'nin bitki su tüketimi rehberinden faydalanılmıştır. ET<sub>0</sub> Calculator 3.2 programı, referans ET'yi FAO Penman-Monteith (Allen ve ark., 1998) eşitliği ile aşağıdaki şekilde hesaplamaktadır.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (3.20)$$

Eşitlikte:

- ET<sub>o</sub> : Referans ET (mm/gün),
- R<sub>n</sub> : Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m<sup>2</sup> gün),
- G : Toprak ısı akısı (MJ/m<sup>2</sup> gün),
- T : 2 m'deki hava sıcaklığı (°C),
- u<sub>2</sub> : 2 m'deki rüzgar şiddeti (m/s),
- e<sub>s</sub> : Doymuş buhar basıncı (kPa),
- e<sub>a</sub> : Aktüel buhar basıncı (kPa),
- e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub> : Buhar basıncı farkı (kPa),
- Δ : Sıcaklık ile buhar basınç eğrisinin eğimi (kPa /°C),
- γ : Psikrometrik katsayı (kPa °C<sup>-1</sup>).

Hesaplamalar için gerekli olan fakat ulaşılamayan parametreleri ET<sub>0</sub> Calculator 3.2 programı kendisi tamamlamaktadır. Yukarıdaki eşitlik ile hesaplanan referans ET değeri Allen ve ark. (1998)'nin bitki su tüketimi rehberi kullanılarak değişik gelişim dönemleri için belirlenen bitki katsayıları (k<sub>c</sub>) ile çarpılarak mevsimlik bitki su tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Bu sayede düşen yağışın, bitki su tüketimini karşılama oranı hesaplanabilmiştir.

### 3.2.4. Haritaların oluşturulması

Sayısal haritalarının oluşturulmasında ArcGIS 10.0 paket programı kullanılmıştır. Kuraklık hassasiyet haritası, 100×100 m çözünürlüğündeki kuraklık hassasiyet göstergelerine ait tabakalarının üst üst toplanması ile her pikselin toplam hassasiyet puanının hesaplanması ile elde edilmiştir (Eşitlik 3.21).

$$KHP = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (3.21)$$

Eşitlikte, “KHP” kuraklık hassasiyet puanı, “w” değerlendirme kriterlerinin ağırlık değeri, “x” hassasiyet puanı ve “n” değerlendirme kriter sayısını göstermektedir.

Noktasal verilerin alansal dağılımlarının haritlaştırılmasında enterpolasyon yöntemi olarak ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği (Inverse Distance Weighted, IDW) kullanılmıştır. Bu yöntem örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. IDW enterpolasyon tekniği enterpole edilen yüzeyde yakındaki noktaların, uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanmaktadır.

IDW yöntemi bilinmeyen grid değerlerinin kestirimini aşağıdaki formül ile yapmaktadır:

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{(h_{ij} + \delta)^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{(h_{ij} + \delta)^\beta}} \quad (3.22)$$

Burada: “Z<sub>j</sub>” j. grid hücresi için kestirilen değeri, “Z<sub>i</sub>” gözlem değerlerini, “n” kestirimde kullanılan gözlem sayısını, “h<sub>ij</sub>” kestirimde kullanılan i. gözlem ile kestirim yapılan j. grid hücresi merkezi arasındaki öklid uzaklığını, β ve δ sırasıyla ağırlık kuvvet ve düzgünleştirme parametrelerini göstermektedir (Çetin ve ark., 2008).

Oluşturulan haritalarda UTM WGS84 datum ve koordinat sistemi kullanılmıştır.



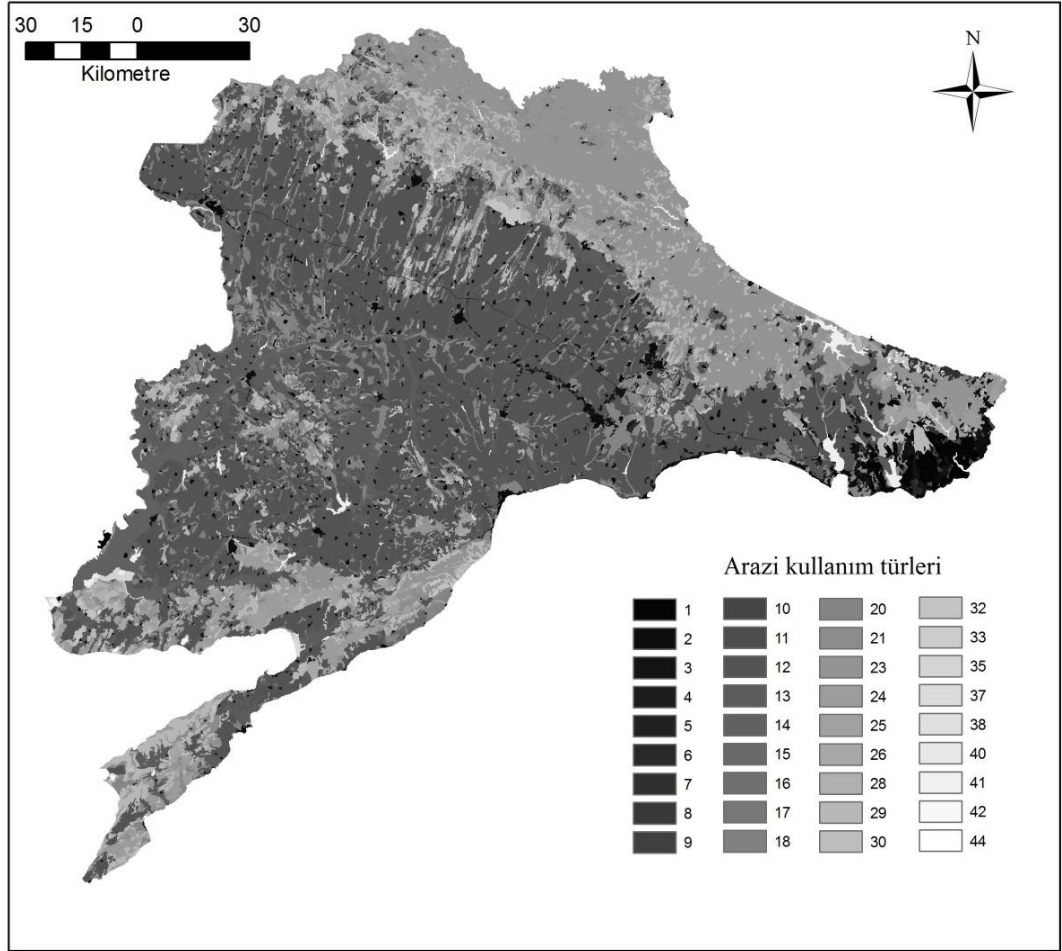
## BÖLÜM 4

### ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 4.1. Arazi Kullanım Özellikleri

Araştırma alanının arazi örtüsü ve arazi kullanım türlerinin belirlenmesinde Avrupa Birliği ülkeleri tarafından 1985 geliştirilmiş olan Çevre Bilgileri Koordinasyonu (Coordination of Information on the Environment, CORINE) programı kullanılmıştır. Avrupa ülkelerinin ve Türkiye topraklarının tümünün içine dâhil olduğu arazi kullanım türleri 1990, 2000 ve 2006 yılları için hazırlanmıştır. Tüm bu alanı kapsayan raster veri setine European Environment Agency (EEA)'in internet sitesinden ulaşılabilmektedir. Araştırma alanını kapsayan kısım bu veri setinden alınmıştır (EEA, 2014).

2006 yılı için hazırlanan ve kısa adı "CLC2006" olan CORINE sınıflandırılması ile Trakya'daki arazi örtüsü ve kullanım türlerinin dağılımı çıkartılmıştır. Mevcut olan tüm arazi kullanım türlerinin dağılımı Şekil 4.1'de verilmiştir.



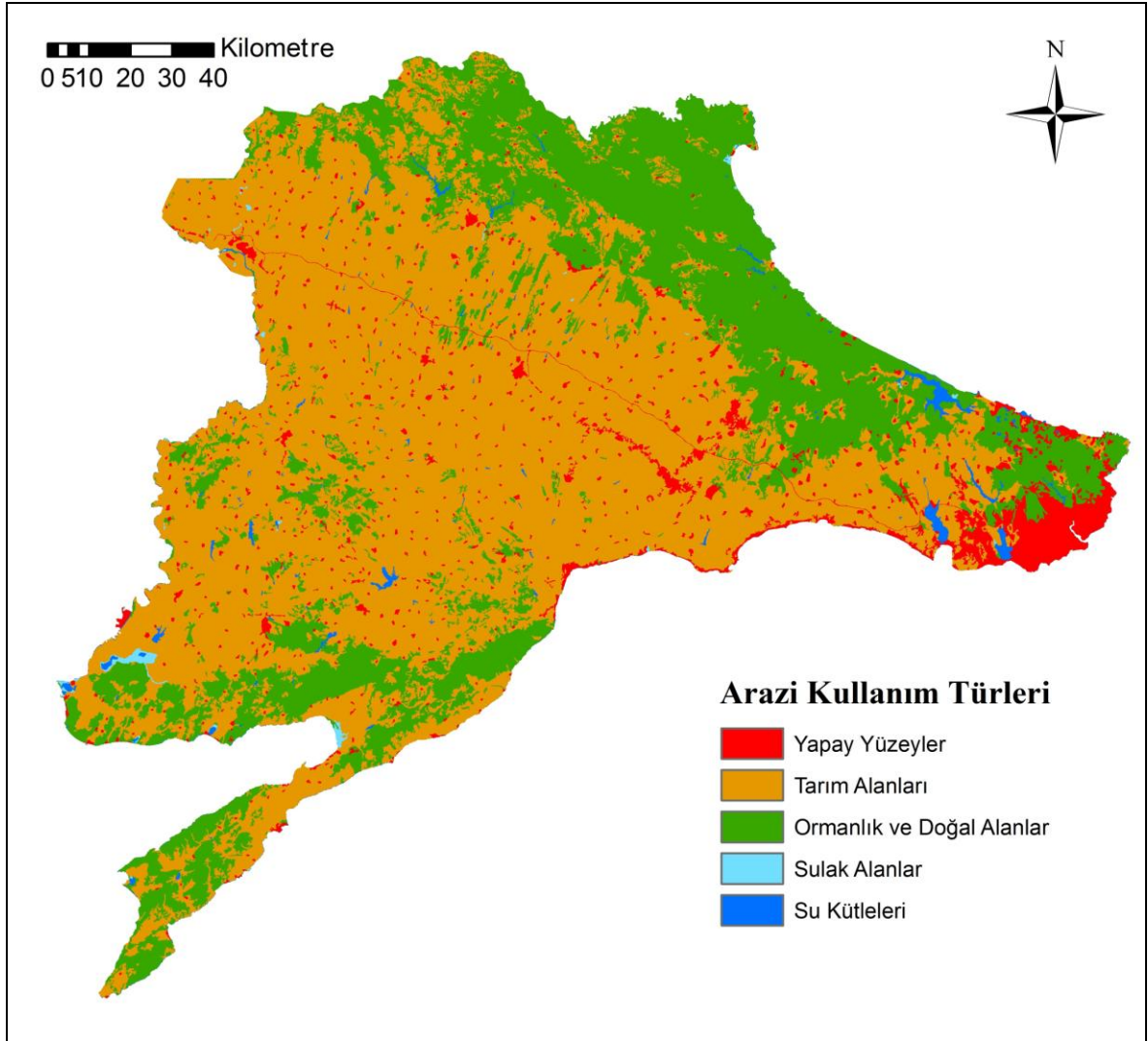
Şekil 4.1. Araştırma alanı topraklarının arazi kullanım türleri (CORINE 2006)

CORINE sınıflandırma sisteminde 5 adet genel, bu sınıfların altında ikinci düzeyde 15 ara sınıf ve bu sınıfların içerisinde de toplamda 44 arazi örtü sınıfı bulunmaktadır (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1.** CORINE 2006 sınıflandırma tablosu

1. Düzey	2. Düzey	3. Düzey	CORINE Kodu
1- Yapay yüzeyler	1.1 Yerleşim alanları	1.1.1 Yoğun yerleşim	1
		1.1.2 Dağınık yerleşim	2
	1.2 Endüstriyel, ticari ve taşımacılık bölümleri	1.2.1 Endüstriyel ve ticari birimler	3
		1.2.2 Yollar, raylı sistem ve bağlantılar	4
		1.2.3 Limanları	5
		1.2.4 Havalimanları	6
	1.3 Maden, boşaltım ve inşaat yapılar	1.3.1 Maden ocakları	7
		1.3.2 Boşaltım alanları	8
		1.3.3 İnşaat bölümleri	9
	1.4 Tarımda kullanılmayan bitkili alanlar	1.4.1 Yeşil yerleşim alanları	10
		1.4.2 Spor ve dinlenme alanları	11
2. Tarım alanları	2.1 Sürülüp ekilebilen arazi	2.1.1 Kuru tarım alanları	12
		2.1.2 Sulu tarım alanları	13
		2.1.3 Çeltik tarlaları	14
	2.2 Kalıcı ürünler	2.2.1 Bağ, üzüm bağı	15
		2.2.2 Meyve ağaçları ve meyveli bitkiler	16
		2.2.3 Zeytinlik	17
	2.3 Meralar	2.3.1 Mera	18
		2.4.1 Çok yıllık bitkiler ile tek yıllık birlikte	19
	2.4 Heterojen tarım alanları	2.4.2 Karışık çiftçilik	20
		2.4.3 Tarımın doğal bitki alanlarını çoğunlukla işgal ettiği alanlar	21
2.4.4 Ormanla karışık tarım alanları		22	
3. Ormanlık ve doğal alanlar	3.1 Ormanlar	3.1.1 Geniş yapraklı ormanlar	23
		3.1.2 Kozalaklı ve iğne yapraklı ormanlar	24
		3.1.3 Karışık ormanlar	25
	3.2 Maki ve otsu bitkiler	3.2.1 Doğal çayırlar	26
		3.2.2 Bozkır ve fundalık	27
		3.2.3 Sklerofil bitki örtüsü	28
		3.2.4 Bitki değişim alanları	29
	3.3 Bitki olmayan veya az bitkili açık alanlar	3.3.1 Plaj, kum tepeciği, kum	30
		3.3.2 Verimsiz toprak ve kayalık alanlar	31
		3.3.3 Seyrek bitkili alanlar	32
		3.3.4 Yanmış alanlar	33
3.3.5 Buzul ve kalıcı kar	34		
4. Sulak alanlar	4.1 Anakarada sulak alanlar	4.1.1 Karasal bataklıklar	35
		4.1.2 Turbalık	36
	4.2 Deniz kaynaklı sulak alanlar	4.2.1 Tuz bataklığı	37
		4.2.2 Tuzlalar	38
		4.2.3 Gel-git düzlükleri	39
5. Su kütlesi	5.1 Karasal sular	5.1.1 Akarsu yüzeyleri	40
		5.1.2 Su kütlesi	41
	5.2 Deniz suları	5.2.1 Lagünler	42
		5.2.2 Haliçler	43
		5.2.3 Deniz ve okyanus	44

Araştırma alanının, yapay yüzeyler, tarım alanları, ormanlık/doğal alanlar, sulak alanlar ve su kütlelerinden oluşan 5 genel arazi kullanım tipi altında gruplandırılması ile Şekil 4.2 elde edilmiştir.



Şekil 4.2. Araştırma alanı topraklarının arazi kullanım grupları (CORINE 2006'dan uyarlanmıştır)

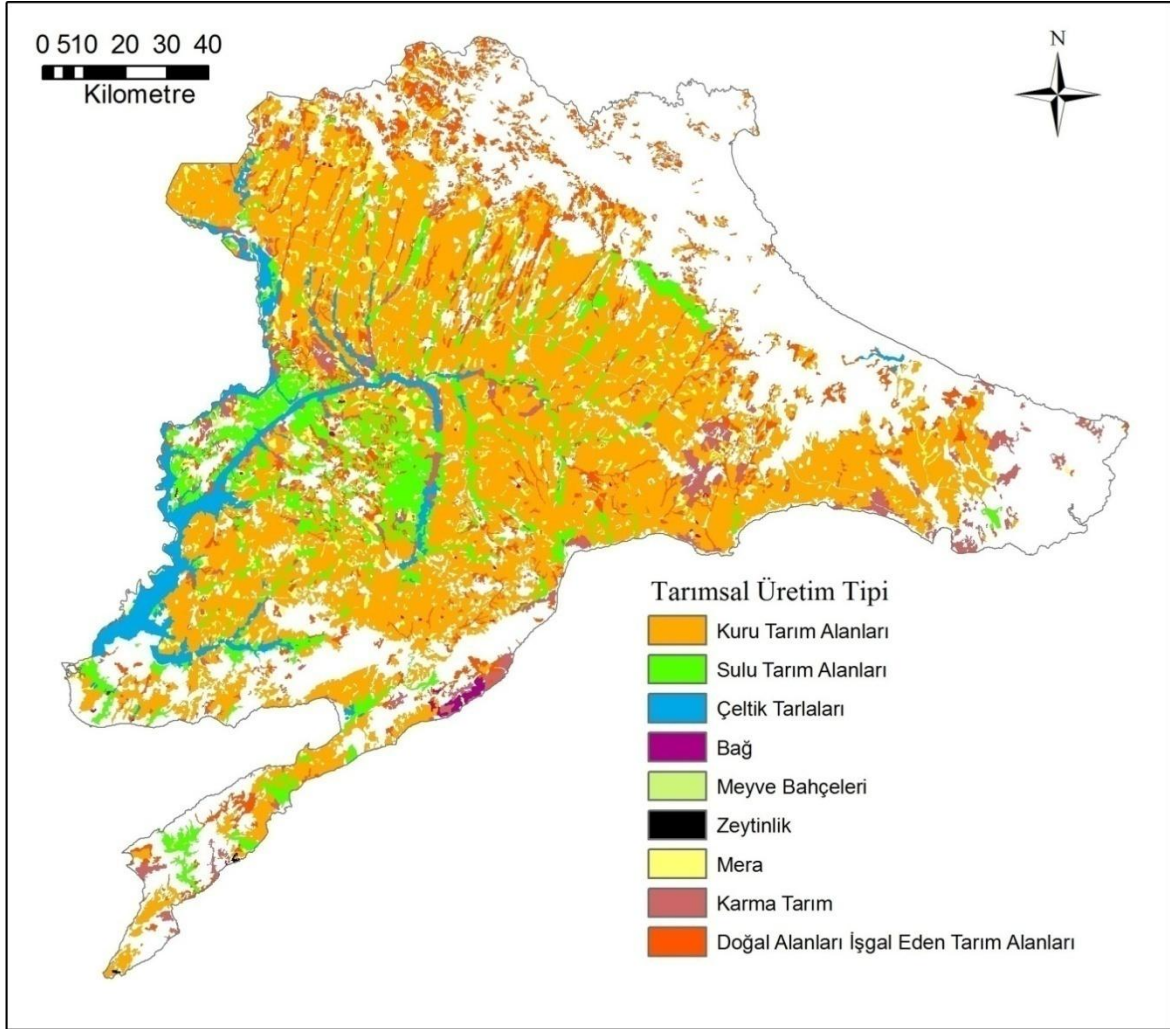
CORINE 2006 arazi kullanım sınıflandırılmasına göre, Trakya topraklarının %63'ü tarım alanı ve %30'u ormanlar ve doğal alanlar olarak hesaplanmıştır. Kentsel yapılar, ticari yapılar ve ulaşım sistemlerinin büyük bir kısmını oluşturduğu yapay alanların sahip olduğu yüzey alanı toplam alanın %5.25'i olarak tespit edilmiştir. Su yüzeyleri ve sulak alanlar çok küçük yüzey alanlarına sahiptir (Çizelge 4.2). Çizelge 4.2'de bu 5 temel arazi örtüsünün alt sınıflarının, sahip oldukları alan, kendi grupları ve tüm alan içerisindeki oransal dağılımları verilmiştir. Çizelge 4.2'nin içerisindeki CORINE kodlamalarının açıklamaları Çizelge 4.1'de görülmektedir.

**Çizelge 4.2.** CORINE 2006 sınıflandırmasına göre Trakya topraklarının kullanım dağılımı

1. Düzey	2. Düzey				3. Düzey				
	Grup	Alan (ha)	Grup içinde oranı (%)	Toplam alana oranı (%)	Grup	Alan (ha)	Grup içinde oranı (%)	Toplam alana oranı (%)	
1- Yapay Yüzeyler	1.1	82400	0.6645	0.0349	1.1.1	20086	0.1620	0.00850	
					1.1.2	62314	0.5025	0.02638	
	1.2	23964	0.1933	0.0101	1.2.1	18613	0.1501	0.00788	
					1.2.2	3678	0.0297	0.00156	
					1.2.3	162	0.0013	0.00007	
					1.2.4	1511	0.0122	0.00064	
					1.3.1	10051	0.0811	0.00425	
					1.3.2	153	0.0012	0.00006	
	1.3	11784	0.0950	0.0050	1.3.3	1580	0.0127	0.00067	
					1.4.1	2046	0.0165	0.00087	
					1.4.2	3811	0.0307	0.00161	
					Toplam	124005	1.00	0.0525	Toplam
	2. Tarım Alanları	2.1	1174914	0.7863	0.4973	2.1.1	920198	0.6159	0.38949
						2.1.2	174518	0.1168	0.07387
2.1.3						80198	0.0537	0.03395	
2.2		6247	0.0042	0.0026	2.2.1	4451	0.0030	0.00188	
					2.2.2	1458	0.0010	0.00062	
					2.2.3	338	0.0002	0.00014	
2.3		84996	0.0569	0.0360	2.3.1	84996	0.0569	0.03598	
					2.4.2	74139	0.0496	0.03138	
2.4		227985	0.1526	0.0965	2.4.3	153846	0.1030	0.06512	
					Toplam	1494142	1.00	0.6324	Toplam
3. Ormanlık ve Doğal Alanlar		3.1	472039	0.6607	0.1998	3.1.1	355721	0.4979	0.15057
						3.1.2	55624	0.0779	0.02354
	3.1.3					60694	0.0850	0.02569	
	3.2	230160	0.3222	0.0974	3.2.1	30823	0.0431	0.01305	
					3.2.3	4538	0.0064	0.00192	
					3.2.4	194799	0.2727	0.08245	
					3.3.1	1045	0.0015	0.00044	
	3.3	12250	0.0171	0.0052	3.3.3	11137	0.0156	0.00471	
					3.3.4	68	0.0001	0.00003	
					Toplam	714449	1.00	0.3024	Toplam
4. Sulak Alanlar	4.1	4403	0.7406	0.0019	4.1.1	4403	0.7406	0.00186	
	4.2	1542	0.2594	0.0007	4.2.1	1504	0.2530	0.00064	
					4.2.2	38	0.0064	0.00002	
	Toplam	5945	1.00	0.0025	Toplam	5945	1.00	0.003	
5. Su Kütlesi	5.1	20180	0.8408	0.0085	5.1.1	1614	0.0672	0.00068	
					5.1.2	18566	0.7735	0.00786	
	5.2	3822	0.1592	0.0016	5.2.1	1058	0.0441	0.00045	
					5.2.3	2764	0.1152	0.00117	
	Toplam	24002	1.00	0.0102	Toplam	24002	1.00	0.010	

#### 4.1.1. Tarım alanları

Marmara Bölgesi Trakya bölümü toprakları, Meriç ve Ergene Nehirlerinin sahip olduğu su ve nehirlerle aynı adları taşıyan havzaların tarımsal üretim için oldukça elverişli olan toprak özellikleri sayesinde ülkemizin önemli tarım alanlarından. Araştırma alanı içerisindeki tarım alanlarının kullanım özelliklerine göre konumsal dağılımları Şekil 4.3’de görülmektedir.



Şekil 4.3. Tarım alanlarının dağılımı

Tarım alanları içerisinde kuru tarım alanlarının oranı %62, sulu tarım oranı %12 ve çeltik alanlarının oranı %5'tir (Çizelge 4.2). Kuru tarım ürünleri olarak, bölge genelinde tarımı en yaygın yapılan bitkiler buğday ve ayçiçeğidir. Bölgenin iklim özellikleri ve havzaların sahip oldukları derin topraklar sayesinde, buğday verimi Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde alınmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumunun 2013 yılı verilerine göre, ülkemizde ortalama buğday verimi 278 kg/da olarak tespit edilirken, Edirne, Kırklareli ve

Tekirdağ illerinin ortalama buğday verimi 374 kg/da bulunmuştur (Anonim, 2014f). Ayçiçeği üretim değerleri ise Türkiye ortalamasının yaklaşık 30 kg/da altında bulunmuştur. Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinin dekara ayçiçeği verimi 234 kg'dır. Türkiye ayçiçeği üretiminin %39'unu bu üç il sağlamaktadır (Anonim, 2014f).

Meralar tüm arazi kullanım türleri içerisinde %4'lük bir orana sahiptir. Meralar, tarımsal üretim için elverişli olamayan eğimli araziler ve sığ topraklara sahip arazilerde konumlanmışlardır. Ormanların, tarım alanı oluşturmak amacıyla tahribatı Trakya'da da görülmektedir. Doğal alanların, çoğunlukla ormanların, tahrip edilmesi ile tarıma açılmış alanlar bölge arazilerinin %6.5'lik bir kısmı oluşturmaktadır. Gelibolu Yarımadası'ndaki çam ormanlarında yaz mevsimlerinde çok sık görülen orman yangınları bölgedeki orman varlığı için tehlike oluşturmaktadır.

Meriç ve Ergene Nehirlerinin yataklarının yakınındaki eğimsiz araziler, çeltik tarımına uygun alanlar oluşturmaktadır. Toplamda 80,000 ha'lık genişliğe sahip bu alanlarda yoğun olarak çeltik tarımı yapılmaktadır. 2013 yılı tarımsal üretim verilerine göre Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli'de 46,800 ha'lık alanda toplam 416,586 ton çeltik üretimi gerçekleşmiştir (Anonim, 2014f). Sadece Edirne ilinin toplam çeltik üretimi 2013 yılı için yaklaşık 362,000 ton'dur ve ortalama verim 841 kg/da'dır. Türkiye'nin ortalama çeltik üretim değeri 814 kg/da'dır. Türkiye genelinde 2013 yılında gerçekleşen toplam çeltik üretimi 900,000 ton'dur ve bu üretimin %46'sını bu üç il karşılamaktadır (Anonim, 2014f).

Sebze tarımı küçük alanlarda ve dağınık olarak yapılmaktadır. En çok üretimi yapılan sebzeler marul, ıspanak ve lahanadır. Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Gelibolu (Çanakkale) ve Çatalca (İstanbul) Yarımadalarından oluşan araştırma alanınının 2013 yılı Türkiye İstatistik Kurumu sebze tarımı verileri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çanakkale ili için Lapseki ve Gelibolu ilçeleri ve İstanbul için Avrupa yakasındaki ilçelerin sebze üretim değerleri hesaplanmıştır. İstanbul'un Avrupa yakasındaki ilçelerinden Eyüp, Sarıyer, Çatalca, Silivri ve Arnavutköy tarımsal faaliyetlerin yapıldığı yerlerdir.

**Çizelge 4.3.** Sebze üretim istatistikleri (Anonim, 2014f)

Sebzeler	Tekirdağ		Edirne		Kırklareli		Çanakkale		İstanbul	
	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)
Acur	-	-	-	-	-	-	-	-	5	9
Bakla (Taze)	282	182	319	61	87	87	495	380	205	216
Balkabağı	339	934	320	655	926	3 033	79	118	610	1,580
Bamya	76	39	1,515	613	90	47	66	33	141	171
Barbunya (Taze)	60	42	51	26	248	161	170	176	255	188
Bezelye (Taze)	628	589	505	173	221	201	570	324	1,655	1,583
Biber (Dolmalık)	165	174	882	929	522	616	300	450	139	228
Biber (Salçalık)	406	499	763	1,507	964	2,536	1,805	4,473	63	82
Biber (Sivri)	929	949	2,346	2,926	915	1,562	700	1,023	399	651
Börülce (Taze)	5	4	-	-	-	-	120	86	-	-
Brokoli	30	36	15	15	1	2	40	40	15	30
Dereotu	5	4	-	-	-	-	-	-	28	18
Domates (Salçalık)	535	1,282	2,360	6,772	550	1,643	200	1,059	70	171
Domates (Sofralık)	2 020	7,533	3,608	12,510	1,947	5,741	9,710	49,617	4,106	15,699
Enginar	-	-	-	-	-	-	45	56	-	-
Fasulye (Taze)	606	507	1,568	967	897	815	517	552	1,795	1,908
Havuç	36	37	341	330	633	666	80	160	-	-
Hıyar (Sofralık)	927	2,763	1,299	2,964	322	1,227	101	832	376	1,510
Hıyar (Turşuluk)	45	23	91	75	256	538	15	27	-	-
İspanak	751	804	1,673	1,957	1,077	1,119	520	477	257	356
Kabak (Çerezlik)	1,087	121	9,309	758	218	24	130	13	-	-
Kabak (Sakız)	196	378	289	266	834	1,662	295	590	111	298
Karnabahar	165	319	534	471	187	459	225	471	16	42
Karpuz	16,271	54,400	19,647	77,389	5,180	20,076	3,555	8,887	8,148	31,492
Kavun	6,488	14,802	17,941	45,094	1,091	2,284	2,730	4,766	4,838	12,296
Kereviz (Kök)	75	112	50	100	-	-	-	-	-	-
Kırmızı Pancar	-	-	-	-	-	-	-	-	5	11
Lahana (Beyaz)	651	2,215	843	1,791	528	1,653	765	1,896	216	653
Lahana (Brüksel)	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Lahana (Karayaprak)	5	8	-	-	12	8	-	-	183	297
Lahana (Kırmızı)	30	90	174	185	15	25	105	169	24	61
Marul (Aysberg)	15	45	-	-	-	-	-	-	-	-
Marul (Göbekli)	58	114	224	162	82	133	160	268	163	350
Marul (Kıvırcık)	396	977	901	624	176	265	247	424	532	1,551
Maydanoz	109	99	17	20	39	36	15	12	95	64
Nane	7	2	-	-	3	4	-	-	69	42
Patlıcan	248	524	1,996	3,166	325	596	750	1,290	240	548
Pazı	10	20	-	-	-	-	-	-	39	43
Pırasa	168	318	1,570	3,435	1,239	4,649	168	420	136	382
Roka	39	31	7	11	-	-	12	12	120	162
Sarımsak (Kuru)	1,978	1,039	1,054	953	2,691	1,623	-	-	80	60
Sarımsak (Taze)	281	226	417	278	187	229	103	159	45	48
Semizotu	49	68	3	7	-	-	15	12	128	176
Soğan (Kuru)	15,612	28,435	3,562	6,311	3,402	6,428	970	1,455	810	1,470
Soğan (Taze)	422	460	1,425	2,035	480	1,080	310	569	168	334
Şalgam	-	-	-	-	-	-	-	-	5	11
Tere	-	-	-	-	-	-	-	-	35	34
Turp (Bayır)	63	70	139	117	26	73	31	51	30	54
Turp (Kırmızı)	50	50	75	71	56	90	30	44	15	25

Küçük alanlarda bağcılık, meyvecilik ve zeytincilik faaliyetleri yapılmaktadır. DSİ'nin çalışmaları sayesinde sulamaya açılana araziler her yıl büyümektedir. Bu sayede son yıllarda meyvecilik faaliyetlerinin arttığı gözlemlenmektedir. Ancak sulu tarım özelliğine sahip alanlarda, susuz bitkisel üretimin devam ettiği de görülmektedir. Çiftçilerin alışkanlıklarını değiştirmemesi nedeni ile buğday ve ayçiçeği üretimi, sulu tarım alanlarında susuz koşullarda devam ettirilmektedir.

Araştırma alanı içerisindeki meyvecilik faaliyetleri, il düzeyinde Çizelge 4.4'te verilmiştir. 2013 yılı üretim verileri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınmıştır (Anonim, 2014f). Üretim alanları kısmında toplu meyveliklerin alanı görülmektedir, üretim değerleri ise il genelindeki toplam üretim değeridir.

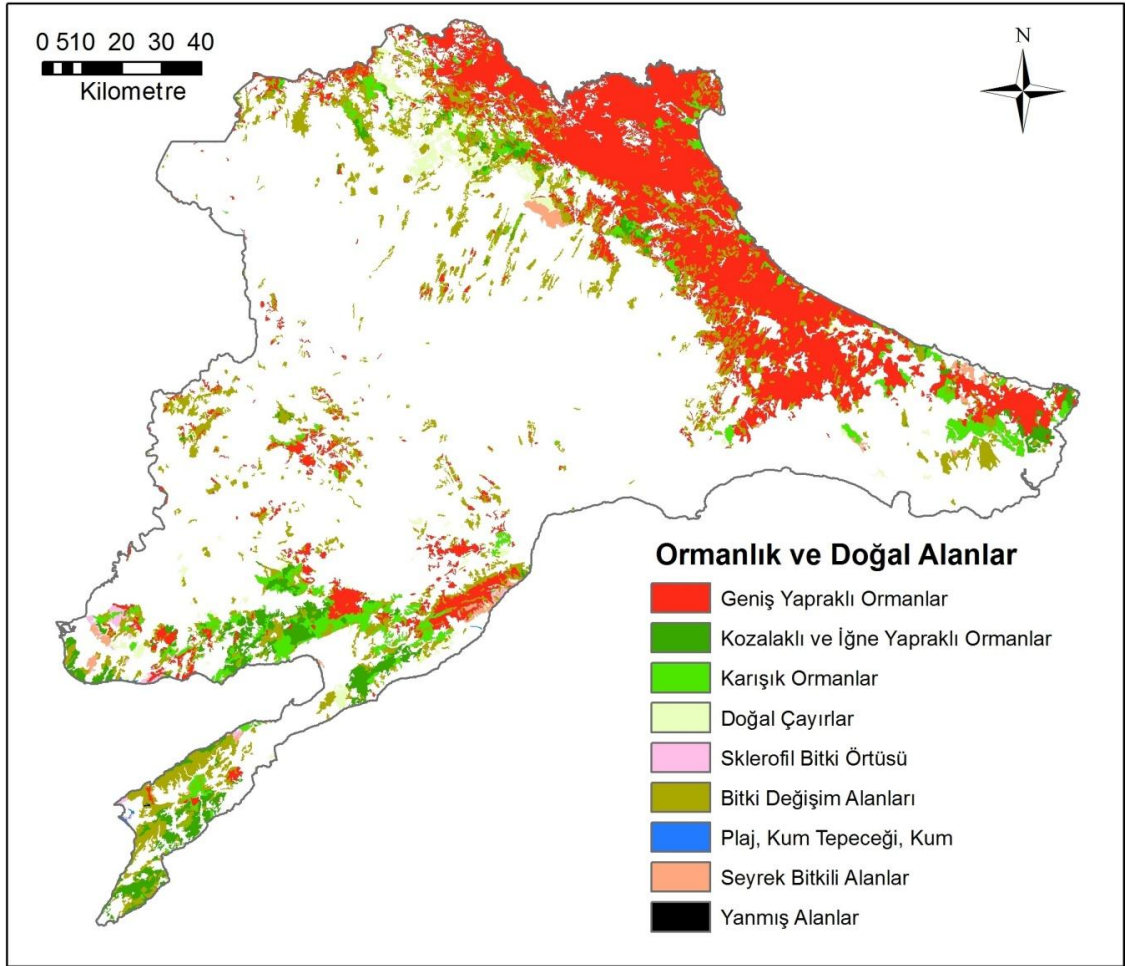
**Çizelge 4.4.** Meyve üretim istatistikleri (Anonim, 2014f)

Meyveler	Tekirdağ		Edirne		Kırklareli		Çanakkale		İstanbul	
	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)	Alan (da)	Üretim (ton)
Armut	1,889	2,789	1,074	2,165	1,540	1,841	372	759	111	338
Ayva	63	1,050	38	536	120	314	45	222	33	492
Badem	2,295	603	3,498	371	624	187	3,251	1,857	453	146
Ceviz	9,641	1,124	21,691	1,674	10,148	1,584	3,174	452	1,947	153
Çilek	6	4	5	3	35	64	12	27	5	6
Dut	0	246	0	260	0	80	0	67	0	51
Elma (Amasya)	50	84	-	-	0	15	-	-	-	-
Elma (Diğer)	1,733	3 447	992	2,476	953	654	184	109	126	461
Elma (Golden)	107	734	177	2,133	517	991	81	179	305	810
Elma (Grannysmith)	199	458	134	298	567	469	71	106	10	41
Elma (Starking)	124	498	140	511	501	649	436	701	192	529
Erik	149	1,704	125	824	263	831	590	781	20	244
Fındık	-	-	-	-	166	45	-	-	-	-
İğde	0	25	-	-	0	3	0	8	5	10
İncir	9	175	3	57	0	23	0	203	0	39
Kayısı	71	370	3	355	123	179	190	216	10	92
Kızılcık	0	10	0	24	0	105	897	1,076	-	-
Kiraz	2,369	2,441	621	717	1,209	1,067	897	1,076	135	406
Kivi	9	23	-	-	-	-	-	-	0	4
Muşmula	5	49	0	5	0	21	0	13	0	6
Nar	252	74	20	7	18	11	151	165	30	35
Süpürge Otu	-	-	9,491	1,368	-	-	-	-	-	-
Şeftali (Diğer)	291	414	289	773	631	833	1,396	2,076	15	122
Şeftali (Nektarin)	15	22	57	284	28	63	296	479	-	-
Trabzon Hurması	2	8	-	-	-	-	0	4	0	2
Üzüm (Sofralık)	12,698	12,365	11,198	8,143	2,172	2,701	3,771	3,324	134	130
Üzüm (Şaraplık)	24,700	18,934	8,277	7,124	2,492	1,656	5,519	4,030	320	355
Vişne	9	265	1	151	58	78	8	16	20	38
Yenidünya	-	-	-	-	-	-	0	2	-	-
Zerdali	0	19	0	32	0	55	0	5	0	6
Zeytin (Sofralık)	35,969	5,138	-	-	-	-	3,182	797	-	-
Zeytin (Yağlık)	4,234	1,140	-	-	-	-	14,310	5,994	-	-



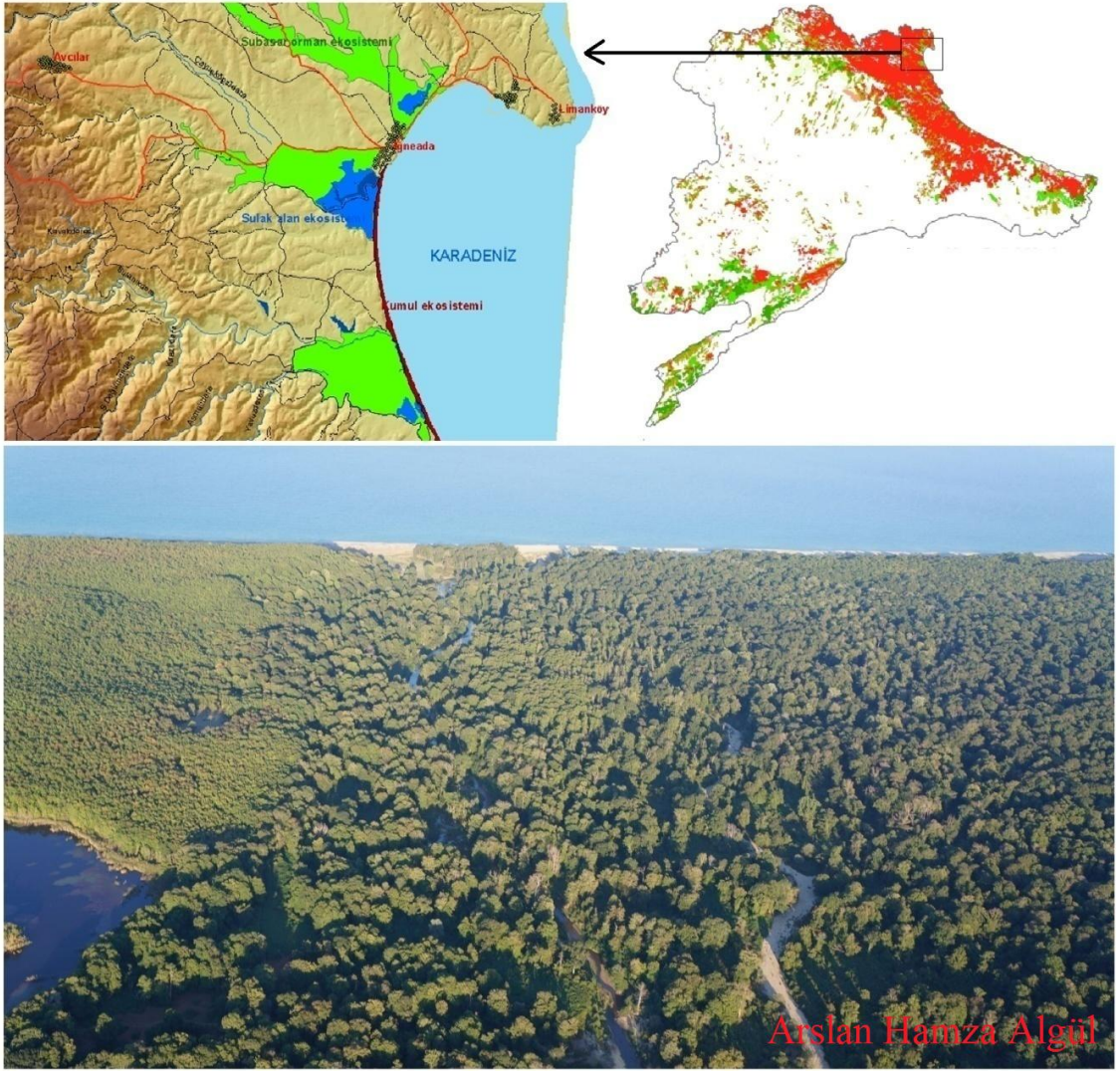
#### 4.1.2. Ormanlar ve doğal alanlar

Tarım alanları, araştırma alanı içerisinde en geniş alana sahip olan kısımdır. Onu ormanlık ve doğal alanlar izlemektedir. İklim özellikleri ve topografyanın etkisi, farklı ağaçlardan oluşan ormanların gelişimine olanak sağlamıştır. Bölgenin kuzey ve Karadeniz sahilleri boyunca uzanan kısmı, yüksek boylu ve nemli ormanlara sahipken, güney kesimleri daha çok kuru ve kozalaklı ağaçlardan oluşan ormanlara sahiptirler. Bölgedeki ormanlık ve doğal alanların çeşitliliğinin konumsal dağılımı Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Ormanlık ve doğal alanların dağılımı

Geniş yapraklı ormanlar araştırma alanı içerisinde 355,721 ha'lık alana sahiptir. Bu alan içerisinde, Karadeniz sahilinde bulunan Kırklareli iline bağlı İğneada beldesindeki longoz ormanları doğa harikası oluşumlara ve hayvan çeşitliliğine sahiptir. Buradaki 3,115 ha'lık alana sahip ormanlar ve sulak alanlar ülkemizin 39. Milli Parkı olarak ilan edilmiştir. İğneada longoz ormanlarını konumu Şekil 4.5'te görülmektedir.



Şekil 4.5. İğneada Longoz Ormanları

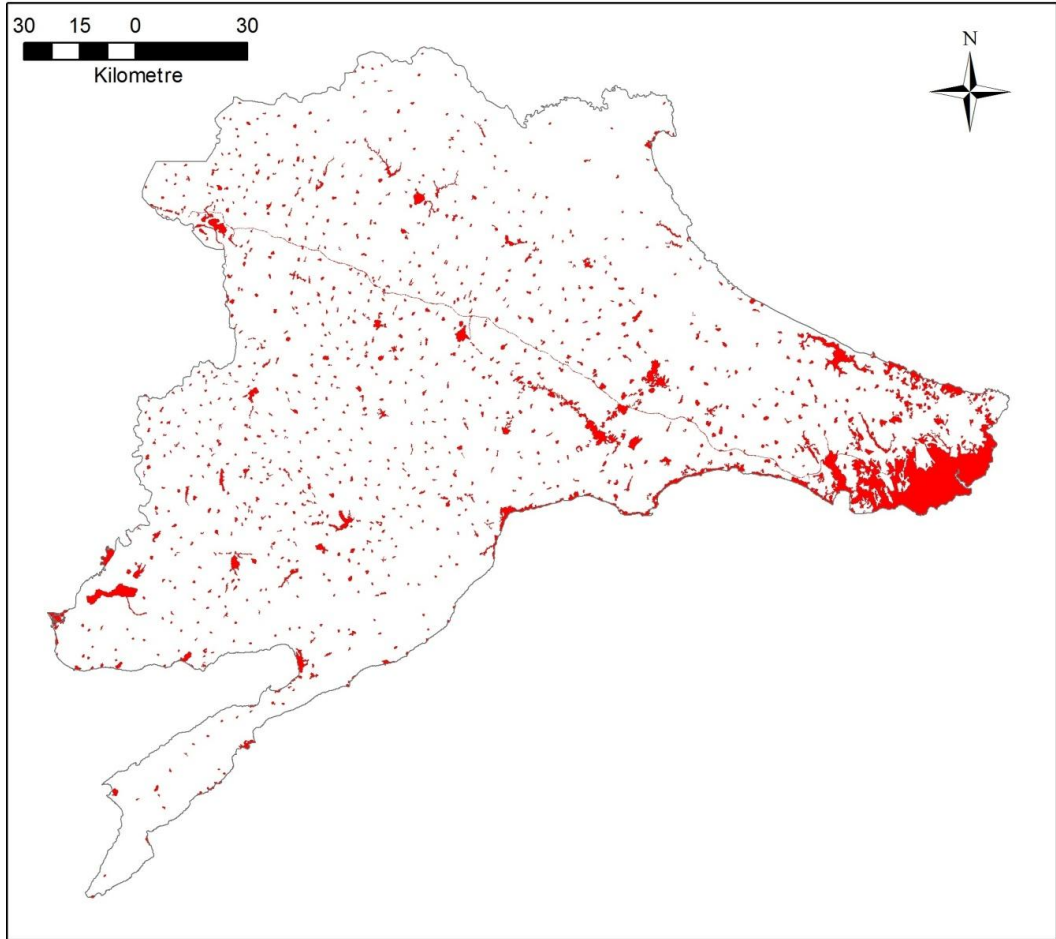
Longoz (su basar) tipi ormanlar kışları sularla kaplanan ormanlık alanlardır ve nadir rastlanan ekosistemlerdir. Longoz, denize doğru akan derelerin getirdiği kumların birikerek kıyıda set oluşturması ve dere ağzını kapatması sonucu, akarsuyun biriktiği yerde oluşan özel bir ekosistemdir. Dünyada bu tip ormanların büyük örneklerine Amazon ve Kongo Havzalarında rastlanılmaktadır. Ülkemizde ise İğneada (Kırklareli)'nin yanı sıra, Acarlar (Sakarya), Sarıkum (Sinop), Karacabey (Bursa) ve Sakarya'da Kızılırmak Deltası'nda bu tip ormanların örnekleri bulunmaktadır.

Kırklareli'nin Bulgaristan sınırı ve Karadeniz sahil şeridi boyunca uzanan geniş yapraklı ormanlar araştırma alanının en geniş ormanlık alanlarıdır. Kozalaklı ağaçlardan (iğne yapraklı) ve karma ağaçlardan oluşan ormanlık alanlar ise yaklaşık 116,000 ha alana

sahiptir. Bu tip ormanlık alanların en geniş örnekleri, Gelibolu Yarımadası'nda ve yarımadanın sınırında yükselen Korudağ'da görülmektedir. Tekirdağ il merkezinin güneyinden başlayarak Marmara Denizi boyunca Gelibolu Yarımadası'na kadar uzanan Tekir Dağları'nın üzerinde de geniş ormanlık alanlar bulunmaktadır.

#### 4.1.3. Diğer arazi kullanım çeşitleri

Kentsel alanlar, su yüzeyleri, sulak alanlar, ulaşım sistemleri, sanayi alanları gibi toprak yüzeyinin bitki ile kaplı olamadığı alanlar bu arazi kullanım tipini oluşturmaktadır. Bu arazi örtü tipleri toplamda yaklaşık 154,000 ha alana sahiptir. 82,400 ha alan yerleşim yerleri ile örtülmüştür. Su kütleleri ise 24,000 ha'lık alanı kaplamaktadır. Şekil 4.6'da CORINE sınıflandırma sistemindeki yapay yüzeyler, sulak alanlar ve su yüzeylerinden oluşan, bitkisel üretimin yapılmadığı ve toprak yüzeyinde doğal bitki örtüsünün bulunmadığı alanlar görülmektedir.



Şekil 4.6. Yapay yüzeyler, sulak alanlar ve su yüzeyleri



## 4.2. Toprak Özellikleri

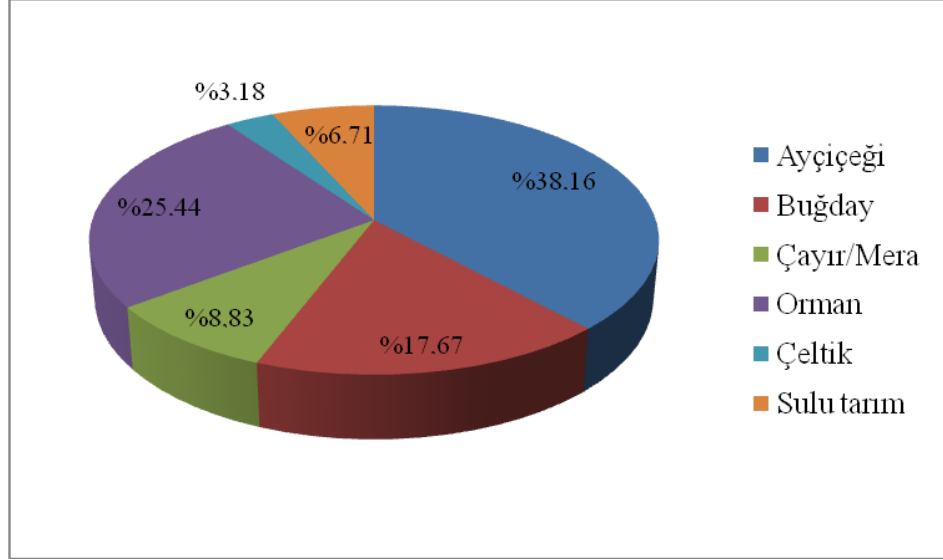
AHS yönteminde kuraklık hassasiyetine etki edebilecek tüm faktörlerin modele dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla olanaklar ölçüsünde araştırma alanı topraklarını en iyi şekilde temsil edecek noktalardan toprak örnekleri alınmış ve laboratuvar analizleri yapılmıştır.

Araştırma alanı 10x10 km'lik gridlere ayrılmış, büyük toprak grupları ve jeoloji haritaları dikkate alınarak örneklem noktaları belirlenmiştir. Toplam 283 noktadan toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin araştırma alanı içerisindeki dağılımı Şekil 4.7'de görülmektedir.



Şekil 4.7. Araştırma alanından alınan toprak örneklerinin konumları

Alınan toprak örneklerinin bitkisel özellikler bakımından dağılımı Şekil 4.8'de görülmektedir. En fazla toprak örneği 108 adet ile ayçiçeği tarlalarından alınmıştır. Onu 72 örnek ile ormanlık alanlar ve 50 örnek ile buğday tarlaları takip etmektedir. Sulu tarım olarak tanımlanan sınıfta meyve bahçesi, bağ, sebzeler ve bostanlar bulunmaktadır.



**Şekil 4.8.** Bitkilere göre toprak örneklerinin dağılımı

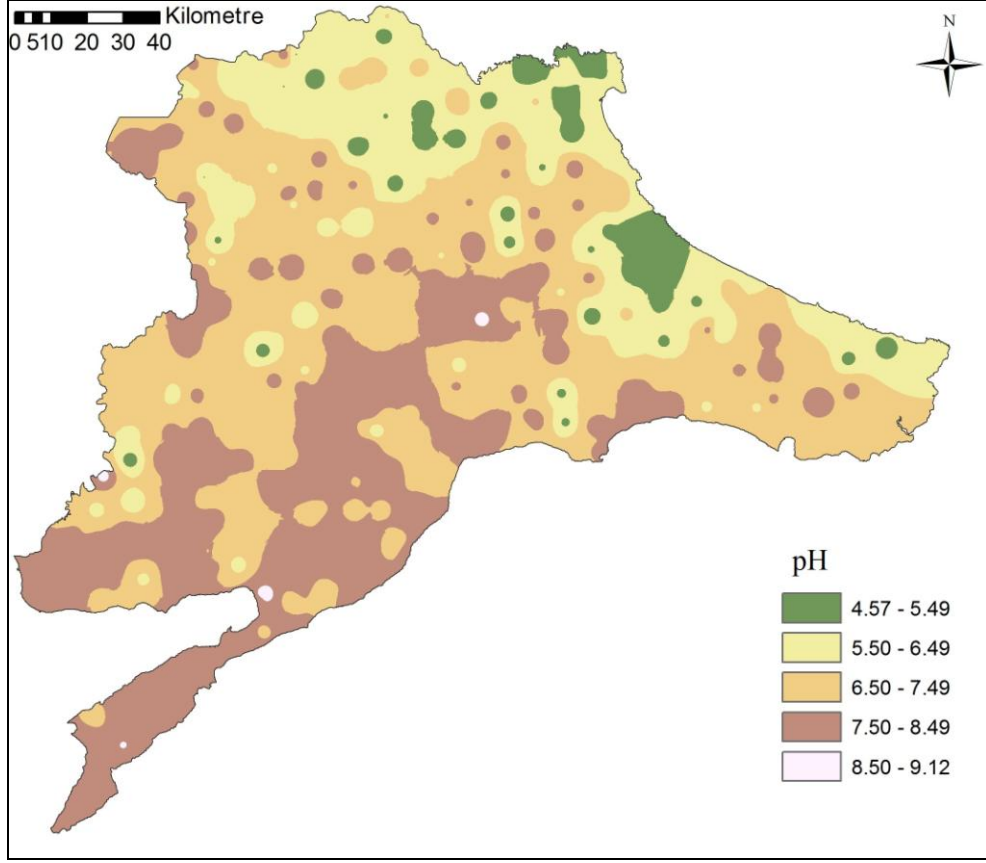
#### 4.2.1. Laboratuvar toprak analiz sonuçları

Laboratuarda yapılan toprak analizlerinin sonuçları, bu kısımda toprak özelliklerine göre başlıklar altında açıklanmıştır. Toprak özelliklerinin haritalarının hazırlanmasında Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (IDW, Inverse Distance Weighted) kullanılmıştır.

##### 4.2.1.1. pH

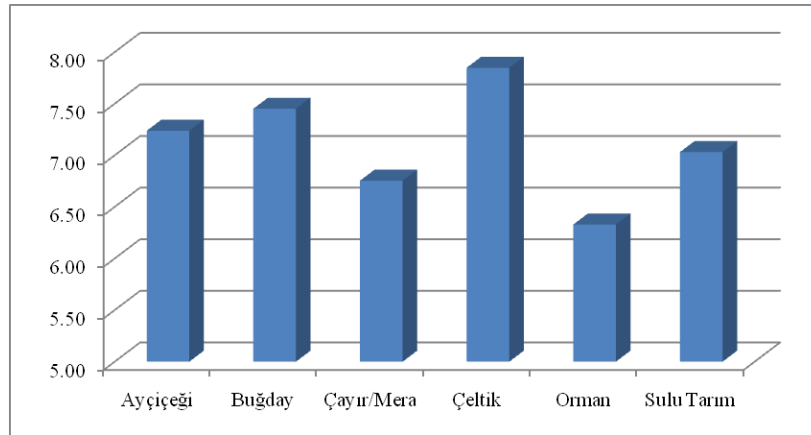
Araştırma alanında toplamda 283 noktadan toprak derinliği boyunca örnekler alınmıştır. Toprak derinliği elverdiğince 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm'yi temsil edecek şekilde her bir noktadan 4 farklı derinlikten alınan toprak örneklerinin laboratuvar analiz sonuçları, tüm derinliği temsil etmesi açısından profil içerisindeki örneklerin ortalama değerleri olarak hesaplamalara dahil edilmiştir.

Araştırma alanı topraklarının pH değerlerinin IDW yöntemi kullanılarak hazırlanan alansal dağılımı Şekil 4.9'da görülmektedir. Ormanlık alanların büyük yerler kapladığı kuzey bölgeleri ve Karadeniz sahili boyunca uzanan alanın pH değerleri 4.5-6.5 arasında tespit edilmiştir ve bu değerler bölge içerisindeki en düşük seviyelerdir. Meriç-Ergene Havzası'nın bulunduğu ve tarımsal üretimin yaygın olarak yapıldığı iç kesimlerde pH değerleri genellikle 6.5-7.5 arasında bulunmuştur. Güney kesimlere inildikçe pH değerlerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 4.9. Araştırma alanı topraklarının pH dağılımları

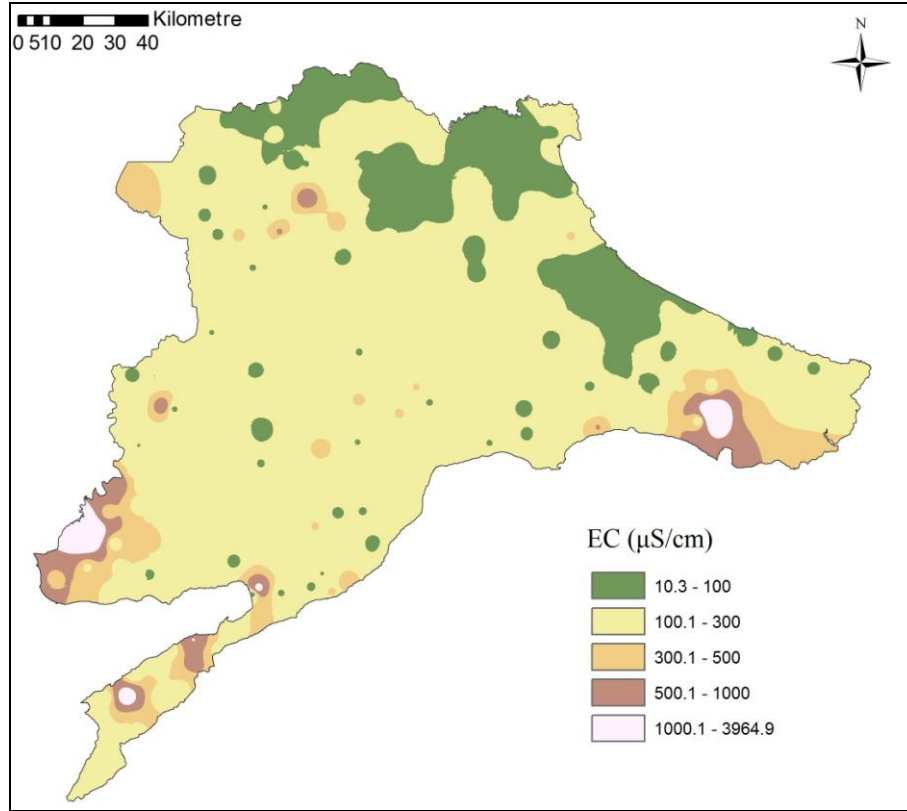
Üzerindeki bitki örtülerine göre toprakların ortalama pH içerikleri Şekil 4.10'da görülmektedir. Ortalama değerlere dikkat edildiğinde, orman topraklarının pH içeriklerinin en düşük seviyede olduğu görülmektedir. En yüksek pH değeri ortalaması ise çeltik tarımının yapıldığı topraklarda bulunmuştur.



Şekil 4.10. Bitki örtülerine göre toprakların pH ortalamaları

#### 4.2.1.2. EC

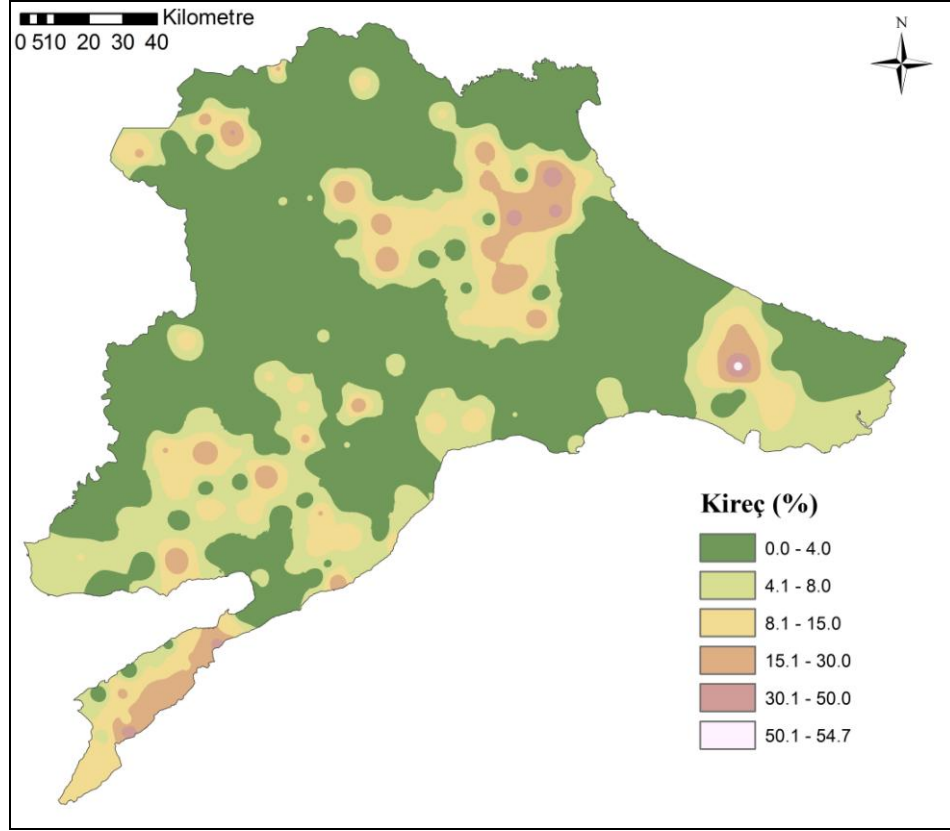
Yapılan analizler sonucunda araştırma alanı genelinde büyük bir tuzluluk problemine rastlanılmamıştır. Büyükçekmece, İpsala, Evreşe ve Gelibolu Yarımadası Beşyol Köyü'nde tuzluluk değerlerinin  $1,000 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ 'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Trakya'nın büyük bir kısmında tuzluluk değeri  $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ 'nin altındadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Araştırma alanı topraklarının tuzluluk içeriklerinin ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) değişimi.

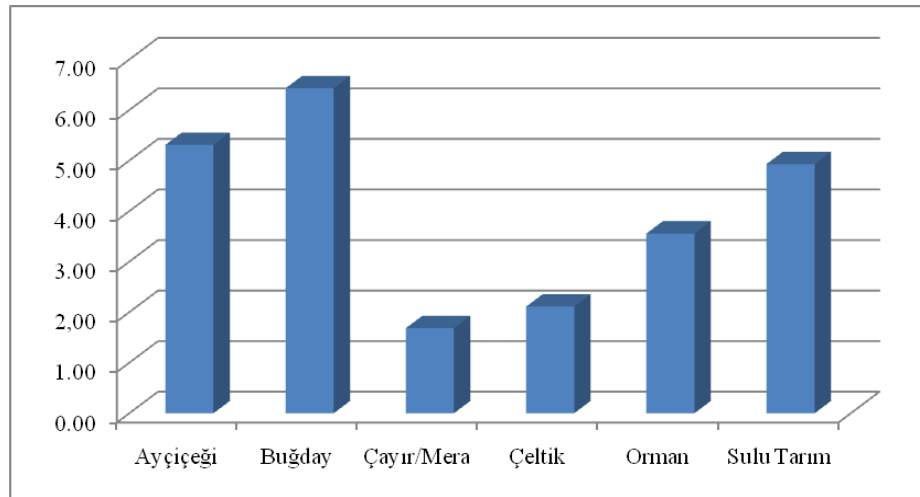
#### 4.2.1.3. Kireç

Marmara Bölgesi Trakya bölümü arazilerinde geniş alanlar kaplayan büyük toprak grupları kireçsiz kahverengi (U), kireçsiz kahverengi orman (N) ve vertisol (V) toprak gruplarıdır. Bu nedenle araştırma alanının büyük bir kısmında kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) içerikleri %2'nin altında bulunmuştur. Kireç içeriklerinin en yüksek değeri aldığı alan Kırklareli iline bağlı Vize, Yenice ve Pınarhisar arasında kalan bölgede tespit edilmiştir. Ayrıca, Gelibolu Yarımadası'nın topraklarının geneli kireç değerleri bakımından araştırma alanı ortalamasının üzerinde bulunmuştur. İstanbul'a bağlı Çatalca ilçesi de kireç değerlerinin yüksek bulunduğu bölgelerdendir (Şekil 4.12).



**Şekil 4.12.** Araştırma alanı topraklarının yüzdesel kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) içerikleri

Bitki örtülerine göre toprakların ortalama kireç yüzdeleri Şekil 4.13’de verilmiştir. En yüksek kireç içeriği ortalaması buğday tarımı yapılan alanlarda tespit edilmiştir. En düşük kireç içeriklerine ise çayır ve mera alanlarında rastlanılmaktadır.

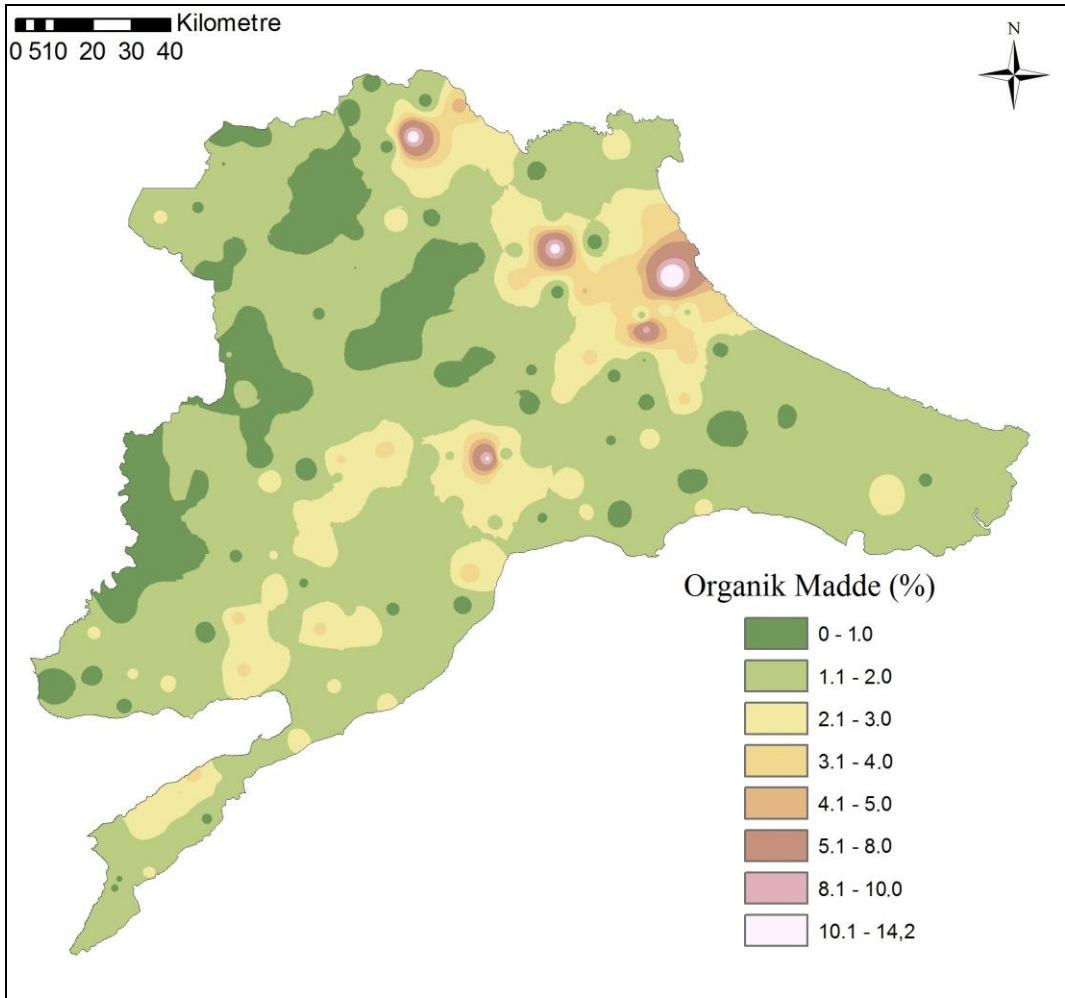


**Şekil 4.13.** Bitki örtülerine göre toprakların ortalama kireç yüzdeleri

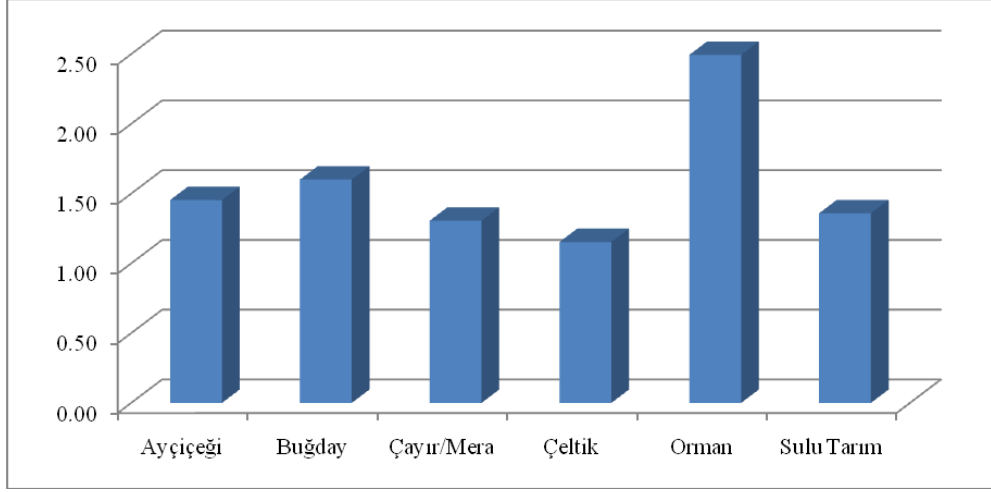


#### 4.2.1.4. Organik madde

Toprakların su tutma kapasitesini ve verimliliklerini arttıran etmenlerin bir tanesi de organik madde içerikleridir. Tarla kapasitesi koşullarındaki organik madde içeriği yüksek olan bir mineral toprak, organik madde içeriği daha düşük aynı hacimdeki mineral bir topraktan daha fazla su tutma kapasitesine sahiptir (Karahan ve ark., 2014). Ayrıca toprak organik maddesinin toprağı düzenleyici yapısı başta erozyon olmak üzere toprak korunumu, bitkisel üretim, kolay toprak işleme gibi konularda olumlu katkıları bulunmaktadır. Araştırma alanı topraklarının yüzdesel organik madde içerikleri Şekil 4.14'te ve farklı arazi örtülerine sahip toprakların organik madde içeriği ortalamaları Şekil 4.15'te verilmiştir.



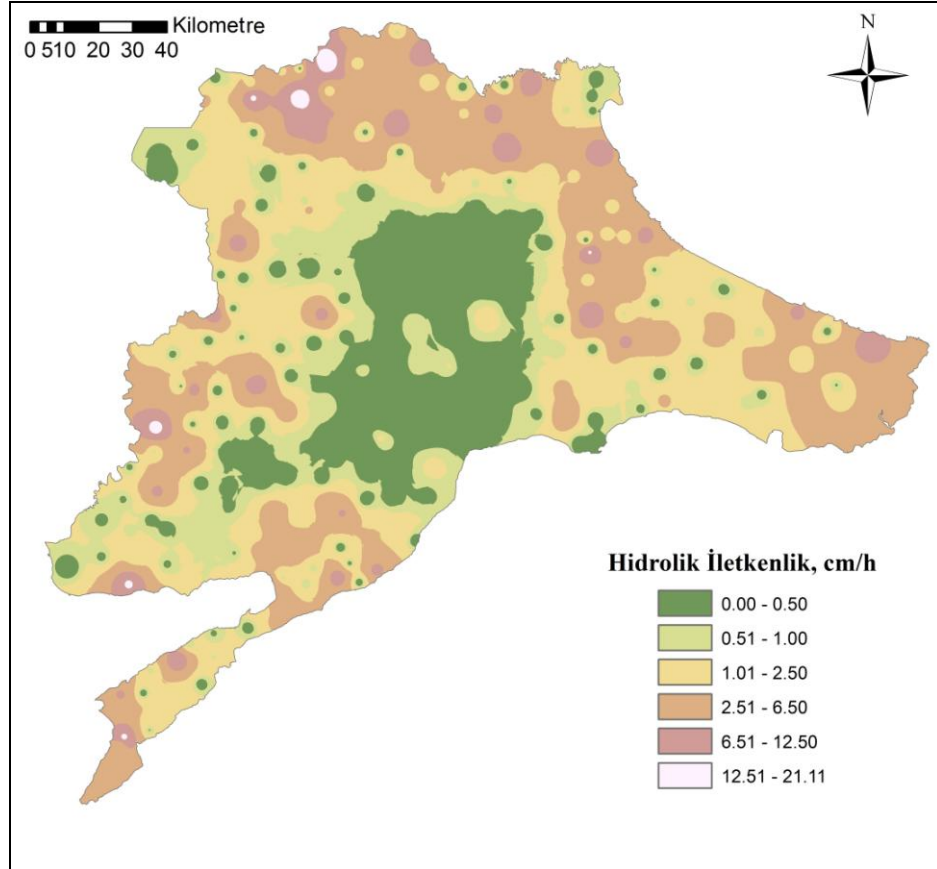
Şekil 4.14. Araştırma alanı topraklarının yüzdesel organik madde içerikleri



**Şekil 4.15.** Farklı arazi örtülerine sahip toprakların organik madde içeriği ortalamaları

#### 4.2.1.5. Hidrolik iletkenlik

Araştırma alanı topraklarının hidrolik iletkenlik değerlerini gösteren harita Şekil 4.16'da verilmiştir.

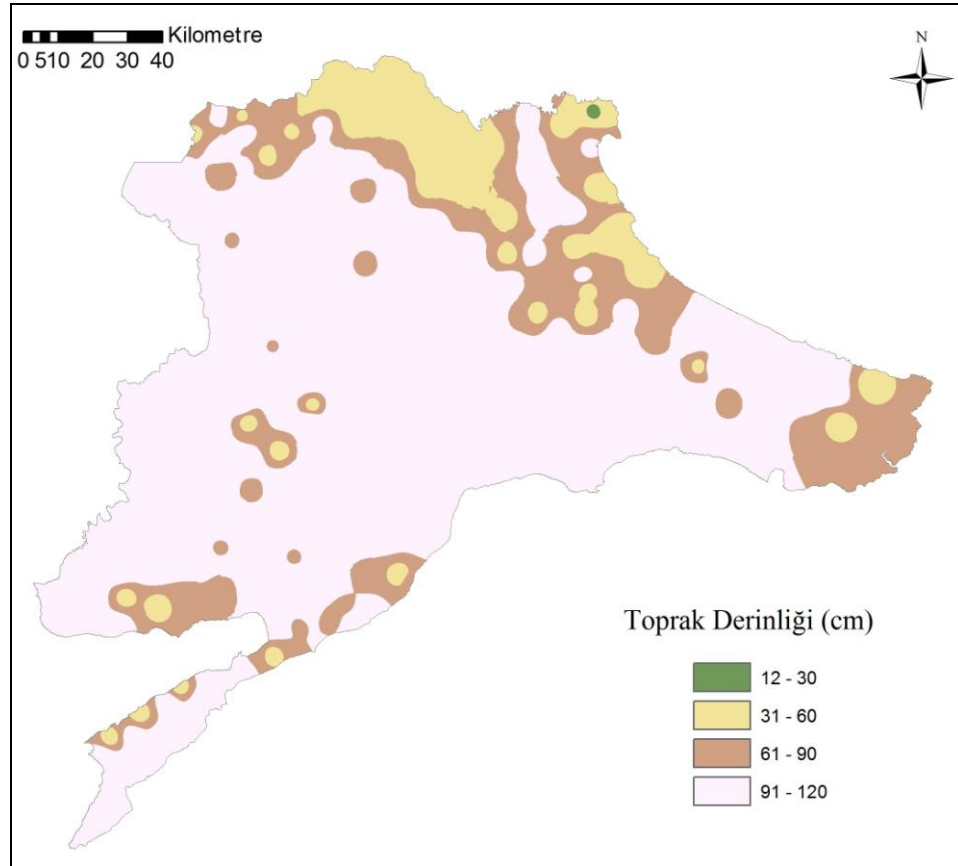


**Şekil 4.16.** Araştırma alanı topraklarının hidrolik iletkenlik değerleri

Hidrolik iletkenlik suya doymuş koşullardaki toprak içerisinde birim zamanda geçen su miktarı olarak açıklanmaktadır (Jury ve ark., 1991). Artan hidrolik iletkenlik değeri toprakta depolanan nemin çok hızlı bir şekilde ortamdaki uzaklaşacağı anlamına gelmektedir. Toprakların hidrolik iletkenlik değerleri toplam porozite, por çapı, por geometrisi, tekstür ve strüktür gibi toprak özelliklerinden önemli derecede etkilenmektedir (Iwata ve ark., 1995).

#### 4.2.1.6. Toprak derinliği

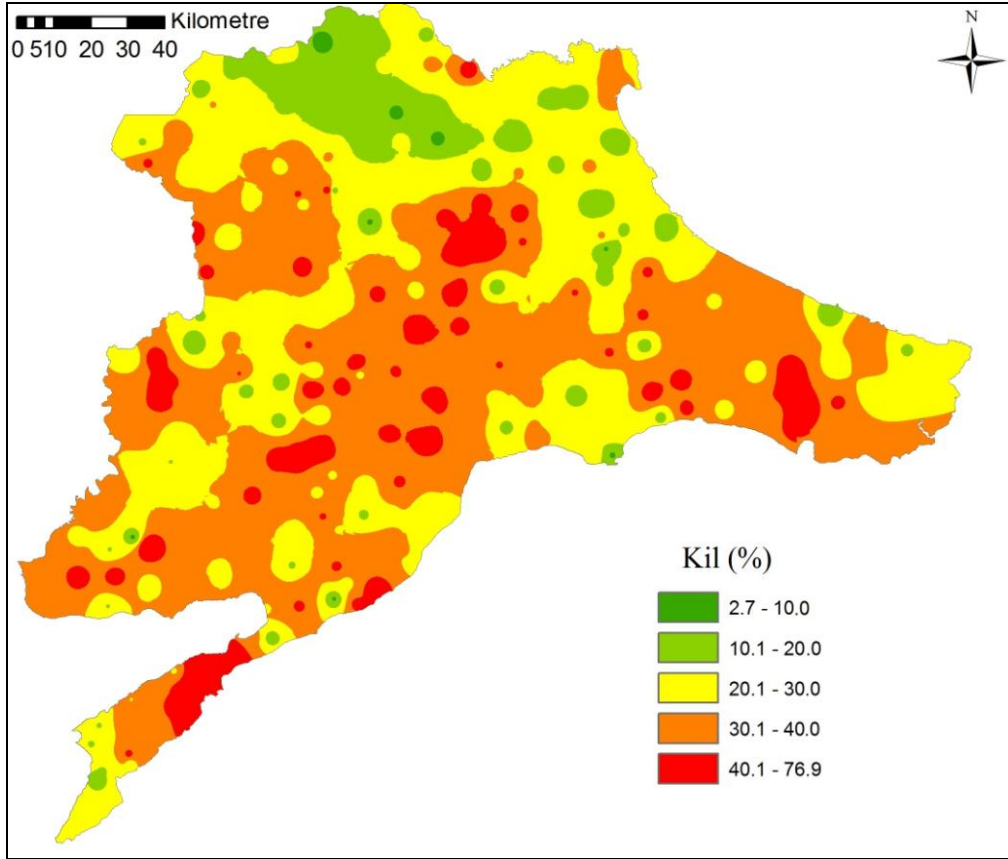
Topraklar yağışlarla düşen nemin depolandığı büyük su kaynaklarıdır. Toprak derinliğinin artması da depolanan suyun artmasına neden olmaktadır. Toprak derinliği, toprak örnekleri alınırken ölçülmüştür. Ormanlık ve çayır/mera alanlarının dışında kalan kısımlarda toprak derinliğinin 120 cm'den fazla olduğu ve bu alanlarda tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı gözlemlenmiştir. Araştırma alanının toprak derinliklerini gösteren harita Şekil 4.17'de görülmektedir.



Şekil 4.17. Araştırma alanının topraklarının derinlik dağılımı

#### 4.2.1.7. Toprak tekstürü

Yapılan toprak tekstürü analizleri sonucunda topraklarda kil, silt ve kum parçacıklarının dağılım yüzdeleri belirlenmiştir. Toprakların su tutma kapasiteleri içerdikleri kil minerallerine bağlıdır. Araştırma alanı topraklarının kil içeriklerinin dağılımını gösteren harita Şekil 4.18’de görülmektedir.



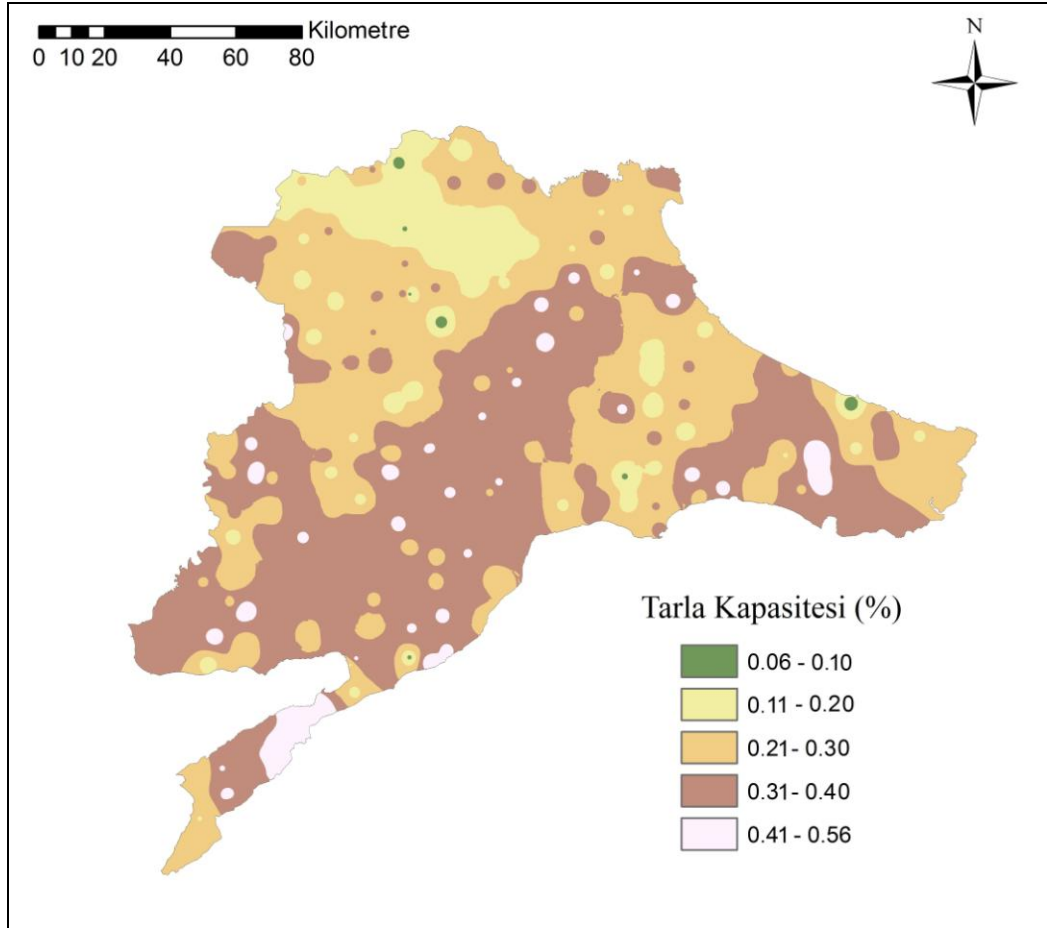
Şekil 4.18. Araştırma alanı topraklarının yüzdesel kil içerikleri

Trakya’da bulunan Meriç ve Ergene Havzaları derin ve verimli topraklara sahiptirler. Akarsu yataklarına yakın ve su taşmasına maruz kalan alanlarda üst toprakların kil içerikleri düşük bulunmaktadır. Bunun dışında kalan alanlarda, özellikle vertisol büyük toprak grubundaki alanlarda kil içerikleri yüksek bulunmaktadır. Kil içeriği yüzdelerinin en düşük seviyede bulunduğu alan Kırklareli, Lalapaşa ve Süloğlu arasında kalan kısımdır.

#### 4.2.1.8. Tarla kapasitesi

Tarla kapasitesi, topraktaki fazla su drene olduktan ve toprak profilindeki suyun aşağıya doğru hareketi azaldıktan sonra toprakta tutulan su içeriği veya toprak nem miktarı

olarak tanımlanmaktadır (Veihmeyer ve Hendrickson, 1931). Colman (1947) tarla kapasitesinin yaklaşık olarak 0.33 bar (yaklaşık 1/3 atm) matrik potansiyeldeki toprak su içeriğine eşit olduğunu belirtmektedir. Laboratuvar analizlerinde, suya doyurulmuş toprak örneklerinin 1/3 atm basınca ayarlı basınç kaplarında tutabildikleri nem miktarı ile toprakların ağırlık yüzdesi cinsinden tarla kapasitesi değerleri saptanmaktadır. Yapılan analizler sonucunda ağırlık yüzdesi cinsinden saptanan tarla kapasitesi değerlerinin alansal dağılımı Şekil 4.19'da görülmektedir.

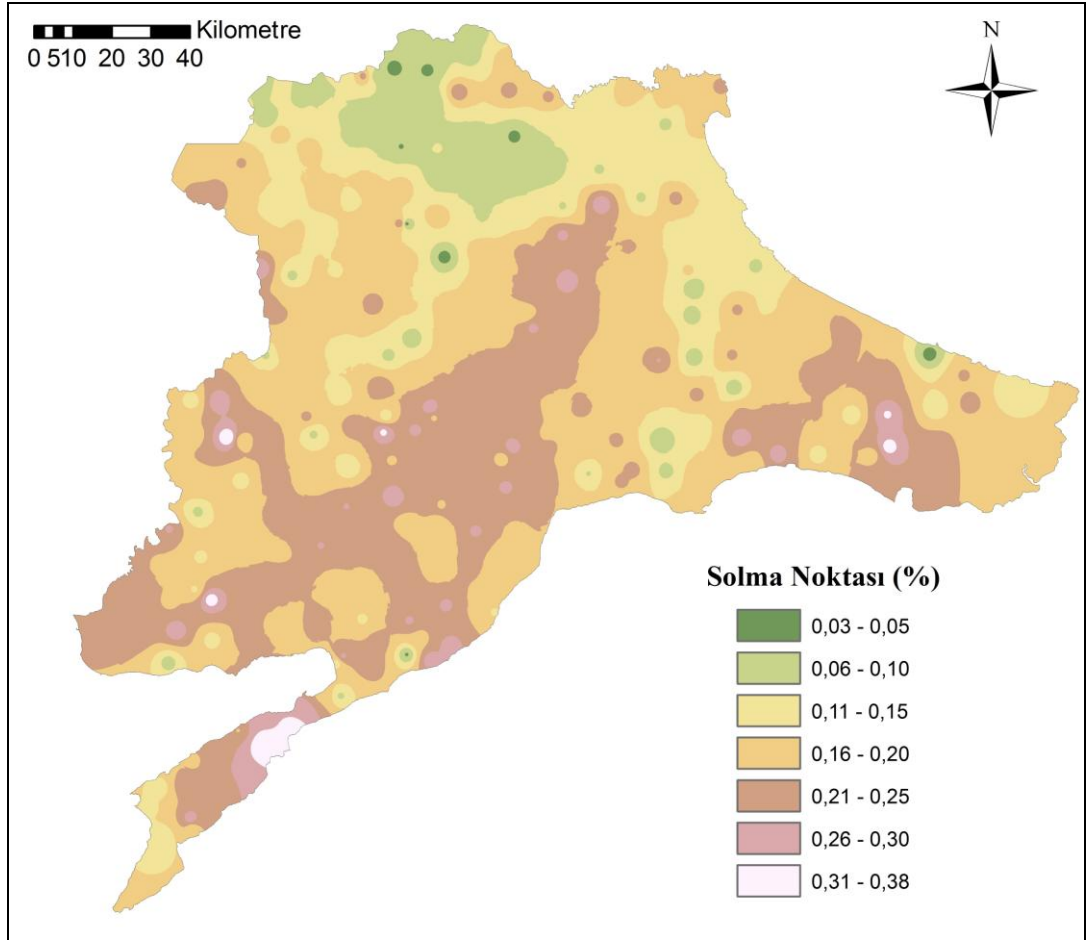


**Şekil 4.19.** Araştırma alanı topraklarının tarla kapasitesi değerleri

#### 4.2.1.9. Solma noktası

Solma noktası, topraktaki suyun bitkiler tarafından kullanılamamaya başladığı noktada, toprakta bulunan nem miktarıdır. Toprak neminin ulaştığı bu noktaya daimi solma noktası denilmektedir ve laboratuvarında suyla doymuş haldeki toprak örneklerinin seramik levha üzerine yerleştirilerek basınç kaplarında 15 atmosferde bekletilerek belirlenmektedir (Cassel ve Nielsen, 1986).

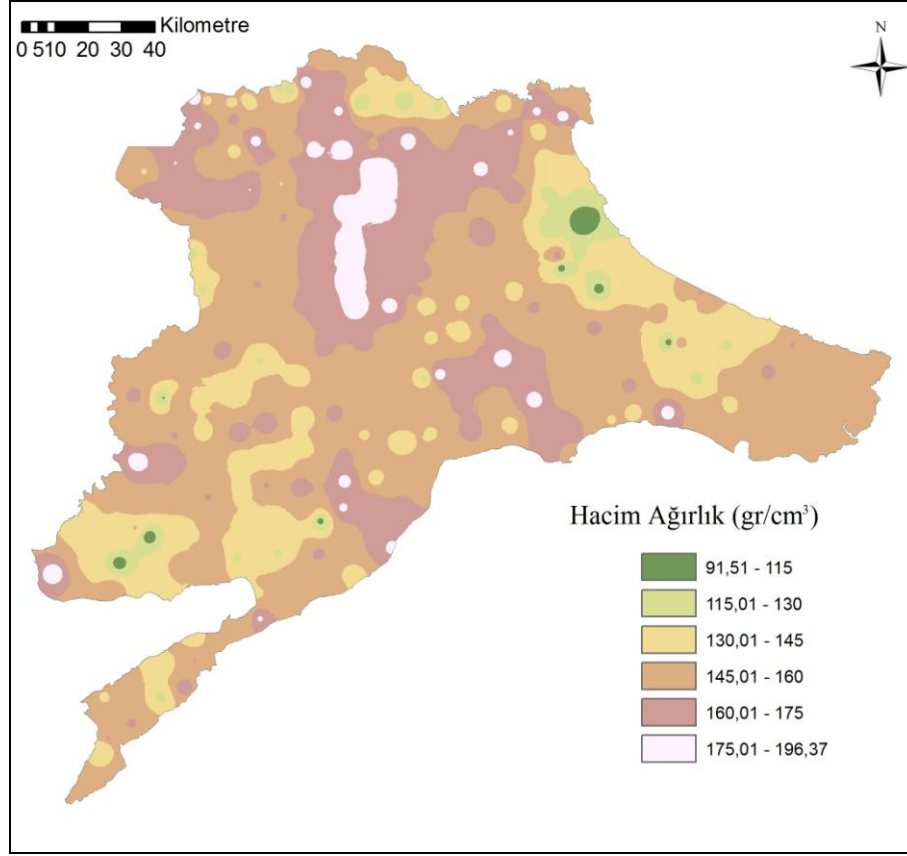
Toprakların solma noktası değerleri, bitkiler için topraktaki yarayışlı nemin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki nem miktarı, yarayışlı nem kapasitesini (AWC) vermektedir. Araştırma alanından alınan toprak örneklerinin laboratuarda saptanan ağırlık yüzdesi cinsinden solma noktası değerlerinin alansal dağılımlarının haritası Şekil 4.20’de verilmiştir.



**Şekil 4.20.** Araştırma alanı topraklarının solma noktası değerleri

#### 4.2.1.10. Hacim ağırlık

Toprakların hacim ağırlık değerleri, su tutma kapasitelerinin belirlenmesi için arazi yüzeyinden alınan bozulmamış toprak örnekleri yardımıyla bulunmuştur. Hacim ağırlık değerleri ormanlık alanlarda düşük değerlerde bulunmuştur. Toprakların sığ ve sıkışık olduğu ayır ve meralarda ise yüksek değerler almıştır. Araştırma alanının hacim ağırlık değerlerinin dağılımını gösteren harita Şekil 4.21’de verilmiştir.



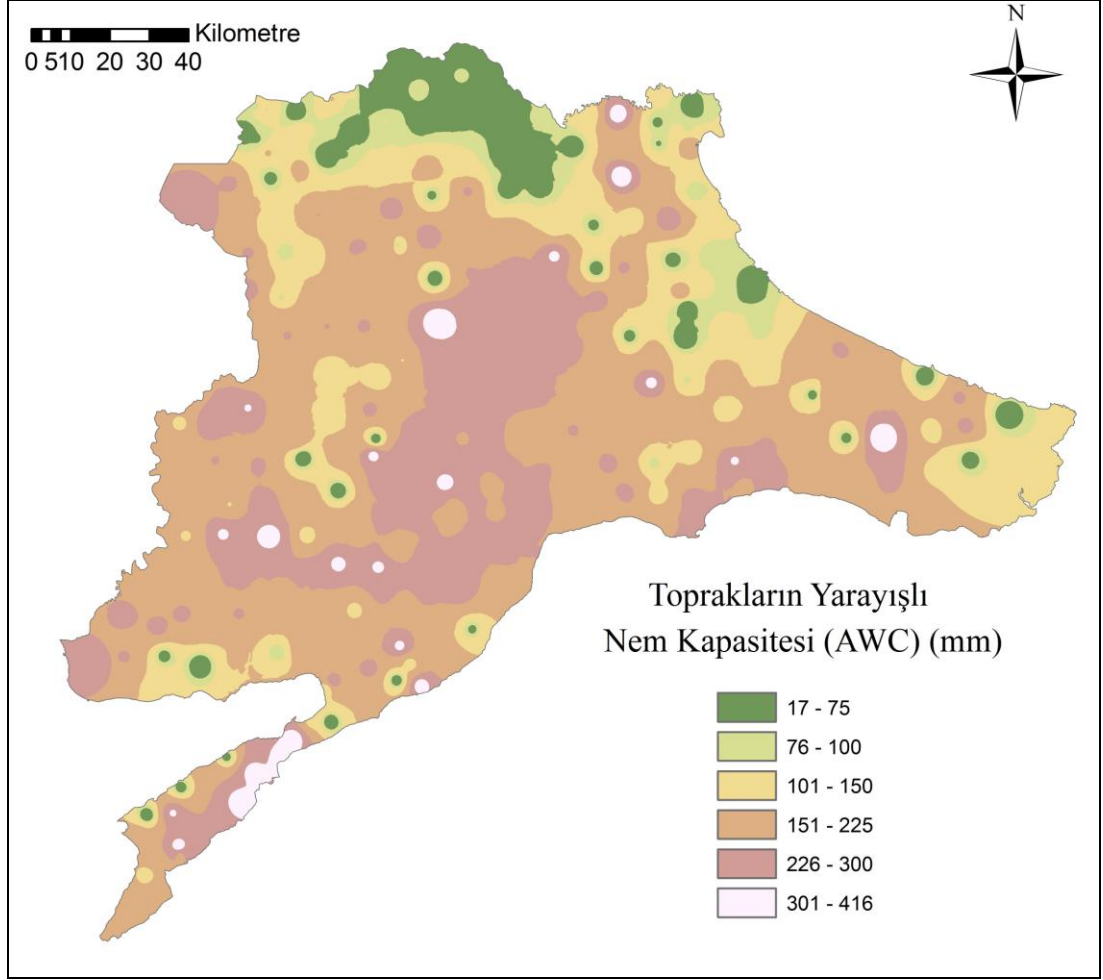
**Şekil 4.21.** Araştırma alanı topraklarının hacim ağırlık değerleri

#### 4.2.1.11. Yarayışlı nem kapasitesi

Toprakların yarayışlı nem kapasitesi (AWC) değerleri, tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), toprak derinliği (D) ve toprağın hacim ağırlığı ( $\gamma$ ) değerlerinden mm cinsinden hesaplanmıştır. TK ile SN toprakların basınç kaplarında bekletilmesi ve ardından etüvde kurutulması ile ağırlık yüzdesi cinsinden hesaplanmıştır. Hesaplamalarda toprak derinliğ en fazla 120 cm alınmıştır. TK ile SN'nın farkının D ve  $\gamma$  ile çarpılması ile AWC "mm" cinsinden hesaplanmıştır ve bu değerlerin araştırma alanındaki dağılımlarını veren harita Şekil 4.22'de verilmiştir.

Toprakların yarayışlı nem kapasitesi değeri toprak derinliği ile birlikte yükselmektedir. Toprakların sığ olduğu, kuzeyde ve Karadeniz sahilince uzanan dağlık kısımlarda toprakların AWC değeri düşük hesaplanmıştır. Bu durum Saroz Körfezi çevresinde de görülmektedir. Meriç-Ergene Havzasında toprakların AWC değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Yıllık yağış toplamının 550-650 mm arasında değiştiği ve üretiminin susuz koşullarda yapıldığı ayçiçeğinin bu bölgede yüksek verim vermesinin nedeni AWC değerleridir.





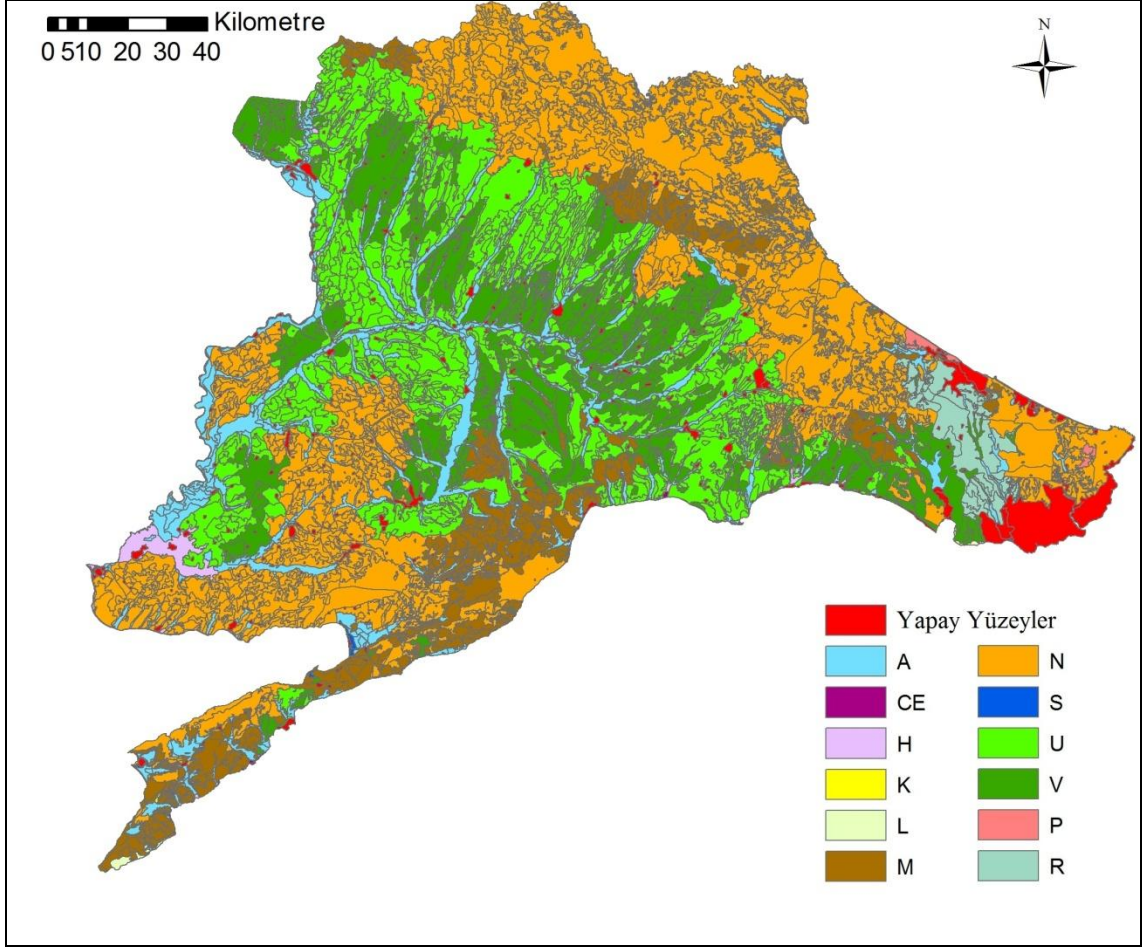
**Şekil 4.22.** Araştırma alanı topraklarının yarayışlı nem kapasitesi değerleri

#### 4.2.2. Büyük toprak grupları

Büyük toprak grupları için, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi ve Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı'nın hazırlamış olduğu 1/100,000 ölçekli sayısal haritalar kullanılmıştır. Çanakkale, Kırklareli, Edirne, Tekirdağ ve İstanbul büyük toprak gruplarının birleştirilmesi ile Şekil 4.23'de verilen harita elde edilmiştir.

Büyük toprak grupları içerisinde "A" harfi alüvyal toprakları, "CE" kestanerengi toprakları, "H" hidromorfik toprakları, "K" kolüvyal toprakları, "L" regosoller, "M" kahverengi orman toprakları, "N" kireçsiz kahverengi orman toprakları, "S" alüvyal sahil toprakları, "U" kireçsiz kahverengi toprakları, "V" vertisoller, "P" kırmızı sarı podzolik toprakları ve "R" rendzinaları temsil etmektedir.



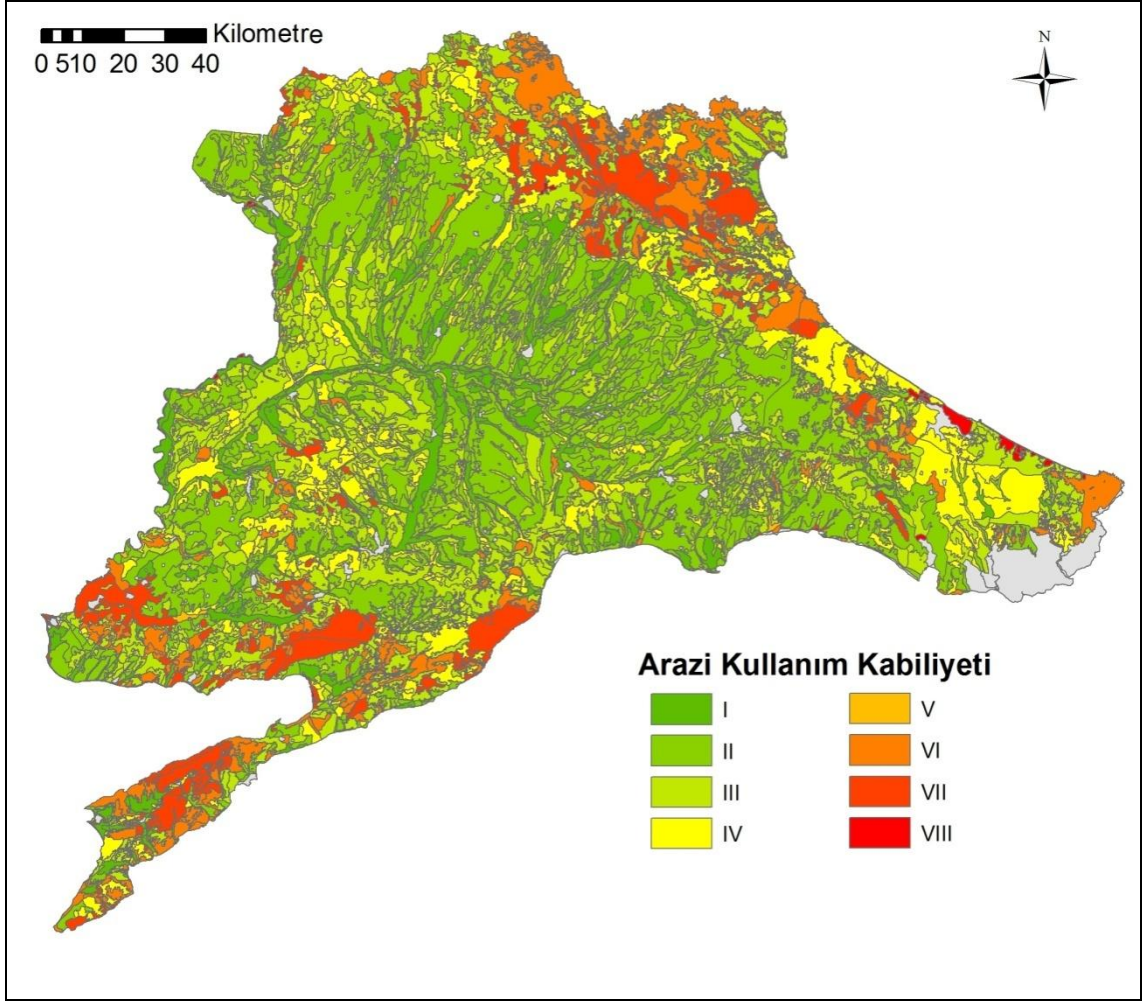


**Şekil 4.23.** Trakya Bölümü büyük toprak grupları haritası

Araştırma alanında kahverengi orman toprakları ve kireçsiz kahverengi orman toprakları büyük alanlar kaplamaktadır. Oldukça verimli olan Meriç ve Ergene havzalarındaki hâkim toprak grupları ise kireçsiz kahverengi toprakları ve vertisollerdir. Meriç ve Ergene'nin akarsu kollarında ise alüvyal topraklar bulunmaktadır.

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu bu sayısal haritalarda ayrıca araştırma alanı topraklarının arazi kullanım kabiliyet sınıfları da bulunmaktadır. Araştırma alanı topraklarının arazi kullanım kabiliyeti sınıflarını gösteren harita Şekil 4.24'de görülmektedir.

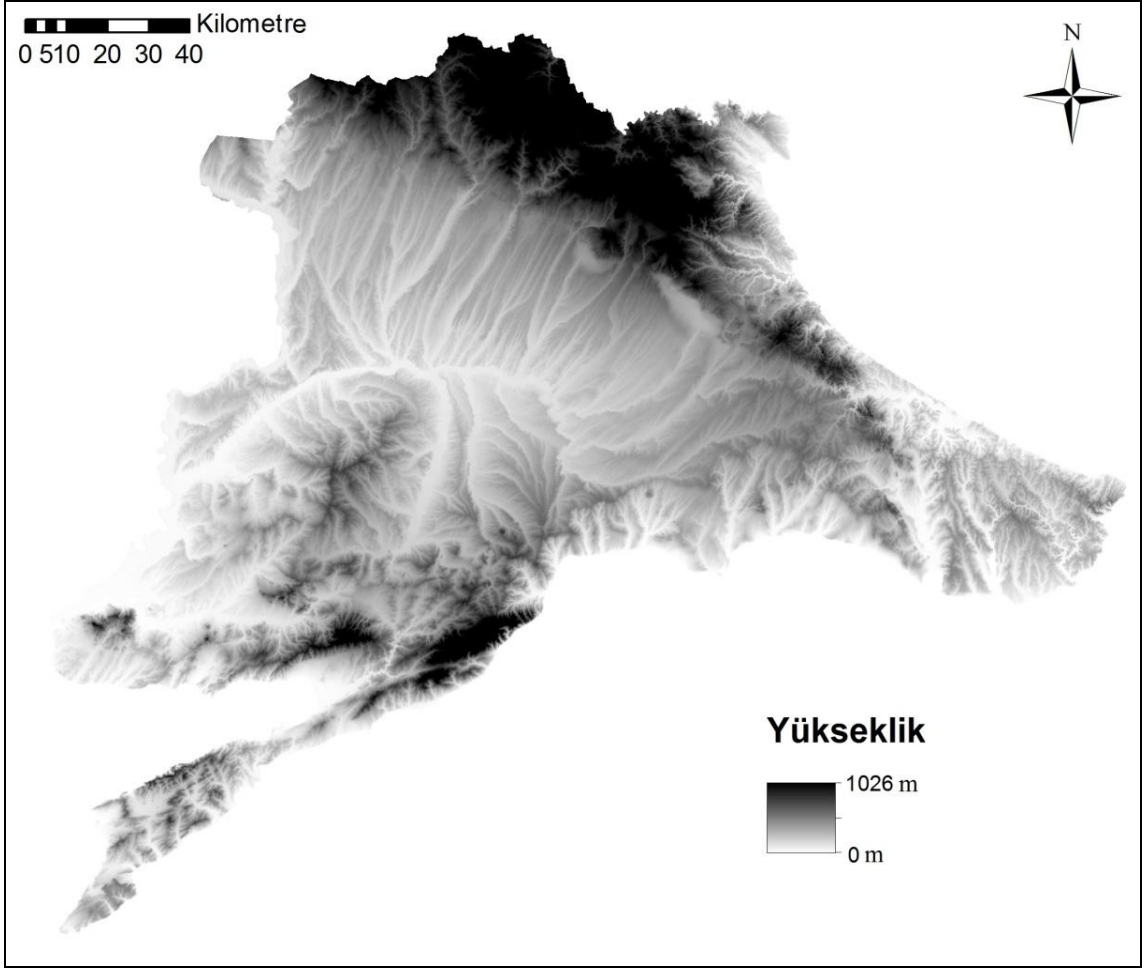
Meriç- Ergene Havzasının topraklarının büyük oranda I. ve II. sınıf arazi kullanım kabiliyetlerine sahip olduğu görülmektedir. Karadeniz sahili boyunca uzanan alanlar ve Gelibolu Yarımadası'ndaki tepelik alanlar sıg topraklara ve eğimli arazilere sahip olduğu için arazi kullanım kabiliyeti değerleri düşmektedir. Benzer durum Kırklareli ve Edirne illerinin kuzey kısımlarında da görülmektedir.



**Şekil 4.24.** Trakya Bölümü toprakları arazi kullanım kabiliyet sınıfları haritası

### 4.3. Topografya

Marmara Bölgesi Trakya kesimi topraklarının topografik özelliklerinin belirlenmesinde 50 m çözünürlüklü sayısal yükseklik haritaları kullanılmıştır. Çalışma alanın bakı, eğim ve yükseklik özellikleri toprakların yağıştan faydalanabilmesi, bitki su tüketimindeki artış ve azalış gibi kriterlerin değişmesine neden olduğu için kuraklık hassasiyet modeline dâhil edilmiştir. Eğim, bakı ve yüksekliklerin coğrafi bilgi sistemi yardımıyla çıkartılmasında kullanılan sayısal yükseklik haritası Şekil 4.25'te verilmiştir.

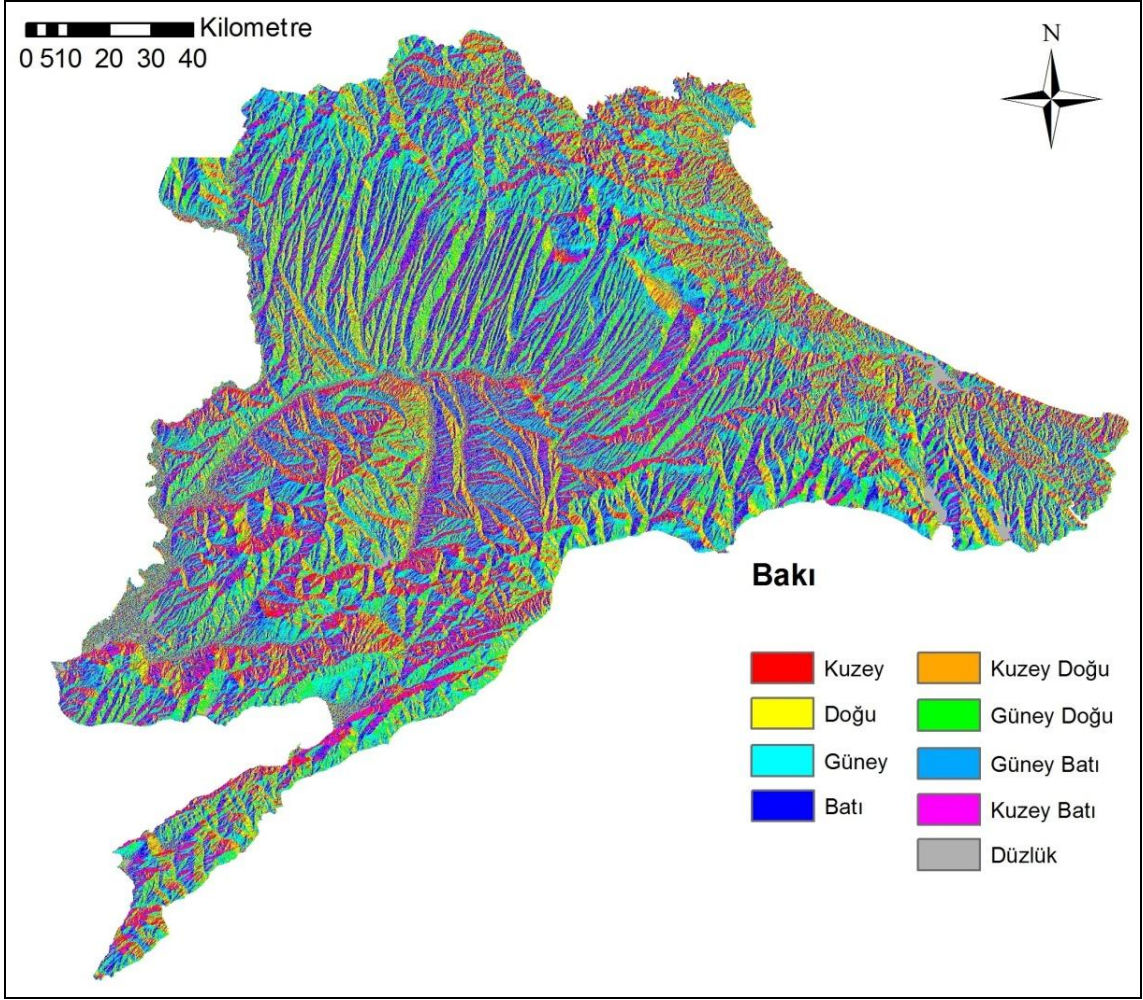


**Şekil 4.25.** Araştırma alanının 50 m çözünürlüklü sayısal yükseklik haritası (SRTM'den alınmıştır)

#### **4.3.1. Bakı**

Bakı, arazilerin güneşlenme süreleri ve maruz kaldıkları rüzgar üzerine etkisi olan bir özelliktir. Güney doğu cepheler güneşlenme süresine en uzun maruz kalan bölgeler olduğu için bu kesimlerde toprak yüzeyinden buharlaşma yüksek miktarda olmaktadır. Ayrıca kuzey cepheler soğuk rüzgarların etkisine maruz kaldıkları için bu kesimlerde de ısınma daha az olmaktadır. Bakı, bitkilerin soğuklanma süreleri ve meyvelerin olgunlaşmasında gerekli olan güneşlenme süreleri üzerinde de etkili bir faktördür. Bu nedenlerle arazilerin bakı özellikleri kuraklık hassasiyeti hesaplamalarına dahil edilmiştir. Araştırma alanının bakı özelliklerini gösteren harita Şekil 4.26'da görülmektedir.



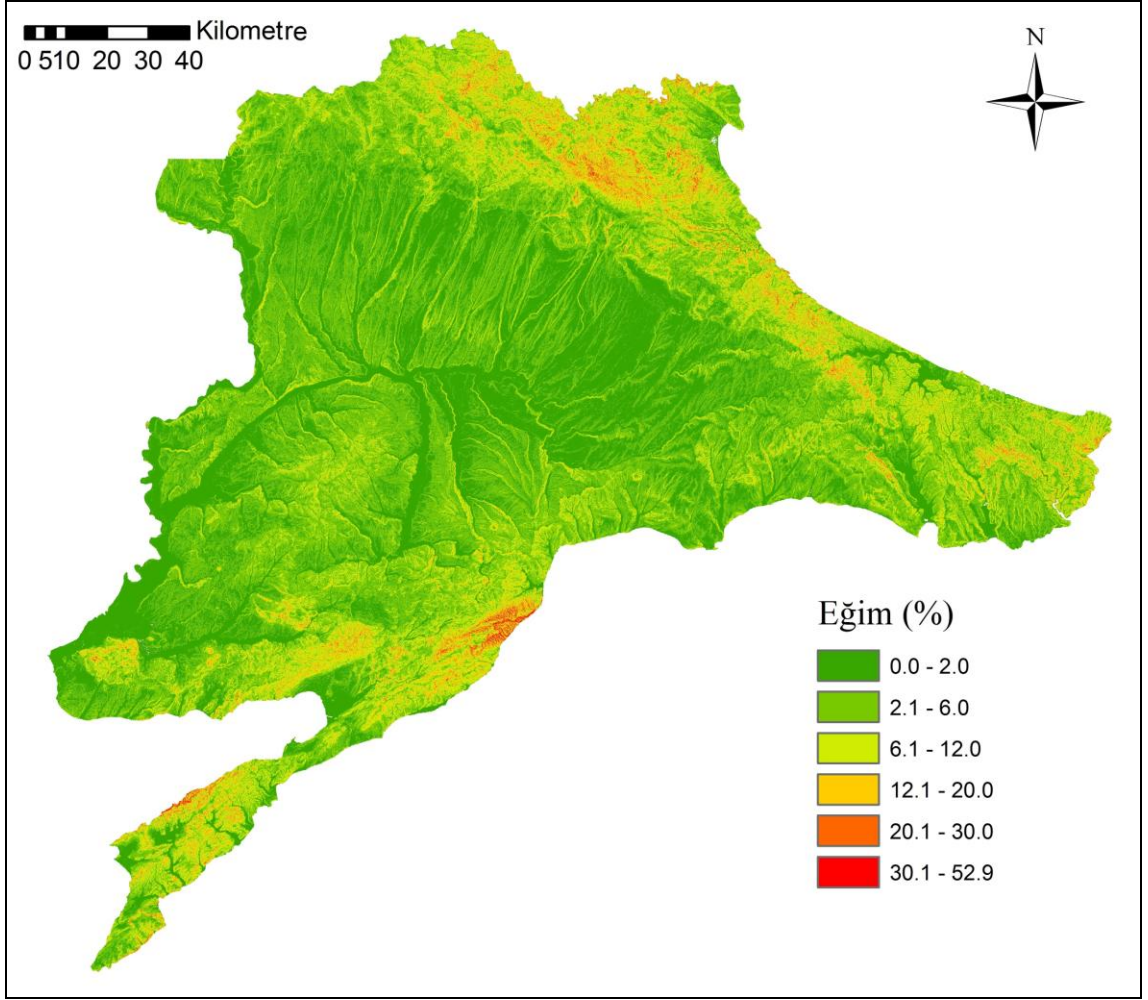


Şekil 4.26. Araştırma alanının bakı özellikleri

#### 4.3.2. Eğim

Eğim, toprakların yağmur suyundan faydalanmaları üzerinde etkilidir. Eğimin artması yağmur suyunun arazi yüzeyinden akışa geçmesine neden olmakta ve suyun toprak içerisine dikey hareketini engellemektedir. Araştırma alanı arazilerinin eğim özelliklerini harita Şekil 4.27’de görülmektedir.

Marmara Bölgesi Trakya bölümü topraklarında yüksekliği ve sayısı az olan dağ oluşumları, geniş alanlarda düşük eğimli arazilerin oluşumuna izin vermiştir. Bölge genelinde arazi yapısı çoğunlukla dalgalı küçük tepelikler şeklindedir. Karadeniz sahili boyunca uzanan Yıldız Dağları, Tekirdağ’da Marmara sahilinde Işıklar Dağı ve Çanakkale ile Edirne arasında uzanan Kuru Dağları bölgedeki eğimli arazileri oluşturmaktadır.

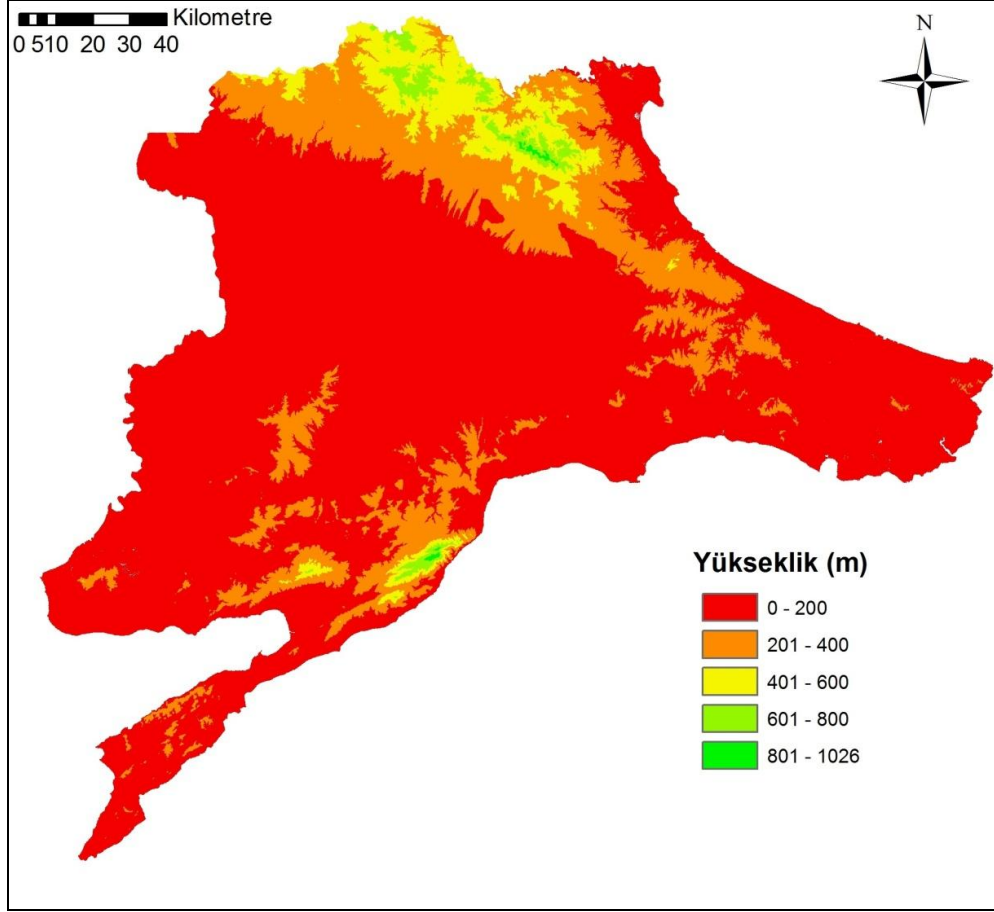


Şekil 4.27. Araştırma alanı arazilerinin eğim özellikleri

#### 4.3.3. Yükseklik

Sıcaklığın yüksekliğin artması birlikte azalması, yüksekliğin fazla olduğu yerlerde buharlaşmanın daha az olmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle kuraklık hassasiyet hesaplamalarına yükseklik faktörü de eklenmiştir. Araştırma alanının 200 m'lik katmanlar halinde ayrılmış yükseklik haritası Şekil 4.28'de verilmiştir.

Şekil 4.28'de görüldüğü gibi araştırma alanının çok büyük kısmının yüksekliği 200 m'nin altında bulunmaktadır. Kuzey kesimlerde Bulgaristan sınırına yaklaşıldıkça yükseklik artmaktadır. Yüksekliğin artması ile birlikte bu alanlarda yüksek boylu ve sık ormanlar bitki örtüsü olarak bulunmaktadır.



**Şekil 4.28.** Araştırma alanı arazilerinin yükselti özellikleri

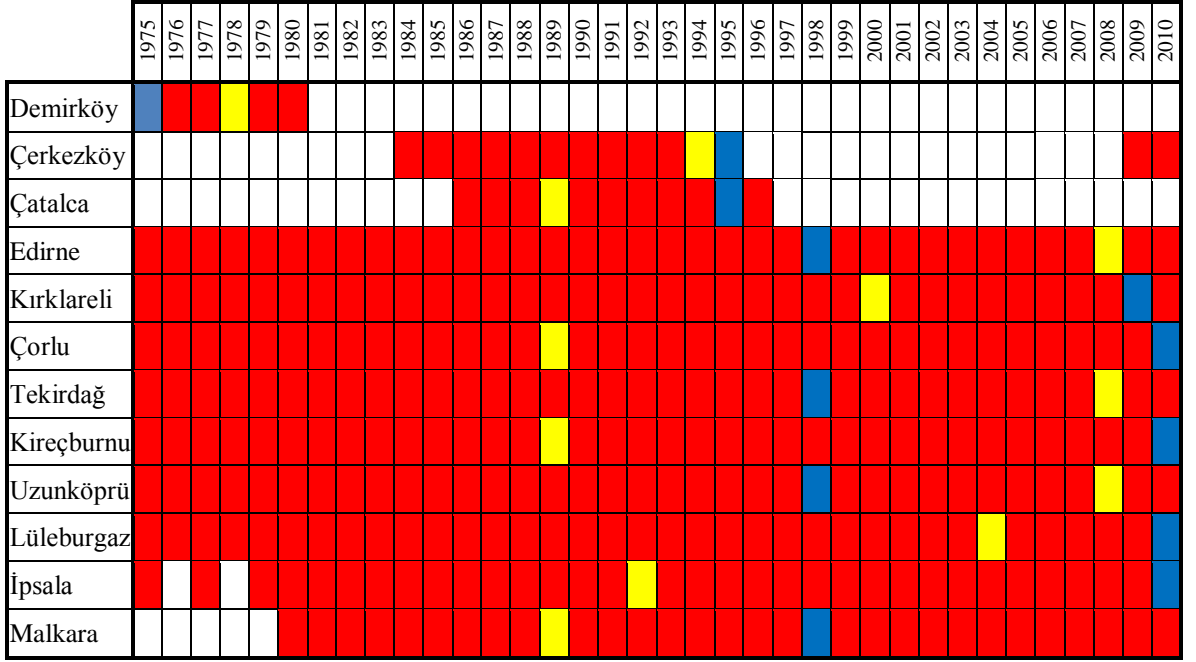
#### 4.4. Yağış

##### 4.4.1. Ortalama yıllık toplam yağışlar

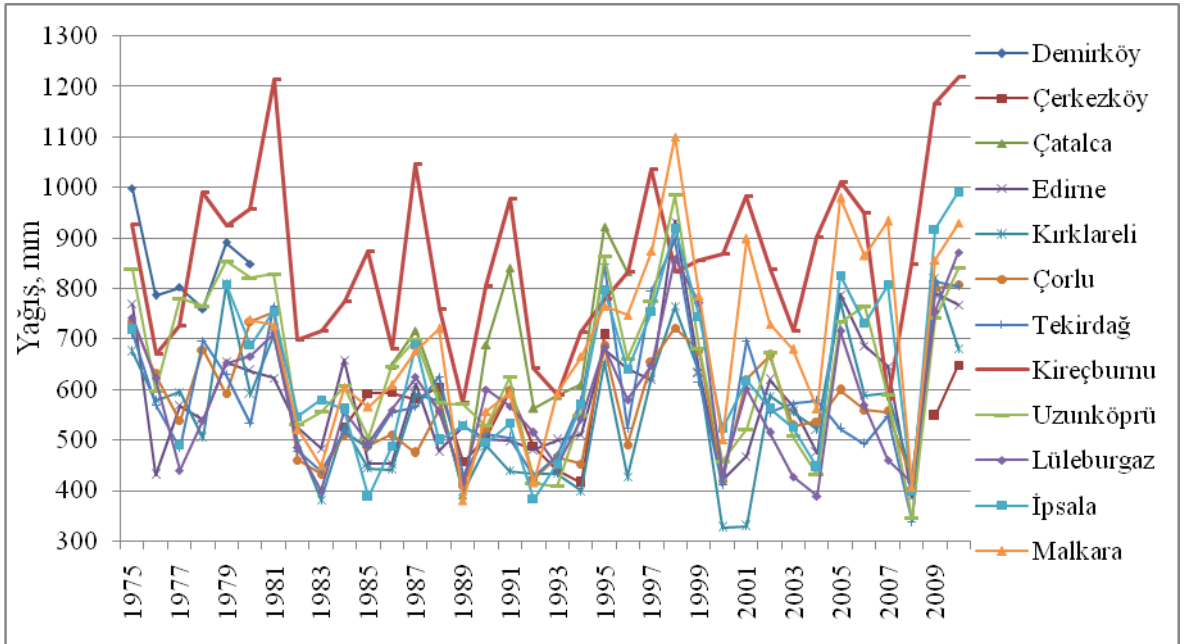
Araştırma alanının yağış karakteristiğinin belirlenmesi için Trakya içerisinde bulunan MGM'ne ait istasyonların uzun yıllık verilerinden (1975-2010) faydalanılmıştır. Kullanılan meteoroloji istasyonlarının isimleri ve hesaplamalarda kullanılan kayıt yılları Şekil 4.29'da görülmektedir. Kayıt yılları içerisindeki en düşük yağış değerine sahip yılın hücresi sarı ve en yüksek yağışın düştüğü yılın hücresi mavi renk ile tanımlanmıştır. 1989 ve 2008 yıllarında yağışların düşük olduğu, 1998 ve 2010 yıllarında ise yağış değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışma alanındaki tüm meteoroloji istasyonlarının yıllık yağış toplamaları Şekil 4.30'da verilmiştir. İstasyonların yağış değerlerindeki artış ve azalışlar birbirlerine benzemektedir. Ancak araştırma alanı geneline düşen yağış miktarları farklılıklar göstermektedir. 1998 ve 2010 yılı yağışlarında bütün istasyonların değerlerinin arttığı görülmektedir. 1982 ve 1994 yılları arasındaki dönemde yağışlar ortalama değerlerin altında seyretmektedir. 1994-1999 yılları arasında yağışlarda bir artış eğilim gerçekleşmiş ancak

2000 yılında tekrar bir düşüş gözlemlenmiştir. 2000 yılından başlayarak yağışlarda yeniden bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Bu dönem içerisinde yalnızca 2008 yılında yağışlarda bir azalma gerçekleşmiştir.



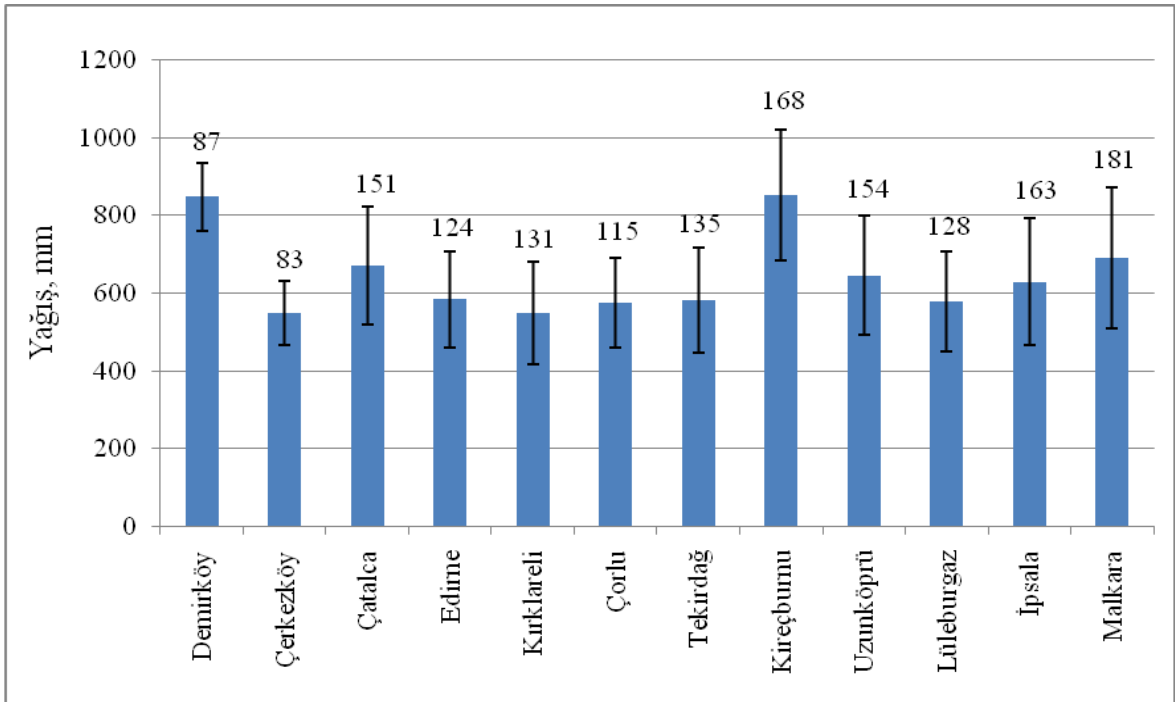
Şekil 4.29. Araştırma alanında bulunan MGM istasyonlarının hesaplamalarda kullanılan kayıt süreleri



Şekil 4.30. Araştırma alanındaki meteoroloji istasyonlarının yıllık toplam yağış değerleri

MGM istasyonlarının yıllık ortalama yağış toplamları ve standart sapmaları Şekil 4.31’de verilmiştir. Karadeniz sahiline yakın istasyonlar olan Demirköy ve Kireçburnu (Sarıyer) ortalama yıllık yağışları 800 mm’nin üzerindeki değerleri ile en çok yağış alan noktalar. Çatalca, Uzunköprü, İpsala ve Malkara istasyonları 700 mm’nin üzerindeki yağış değerleri ile onları takip etmektedir.

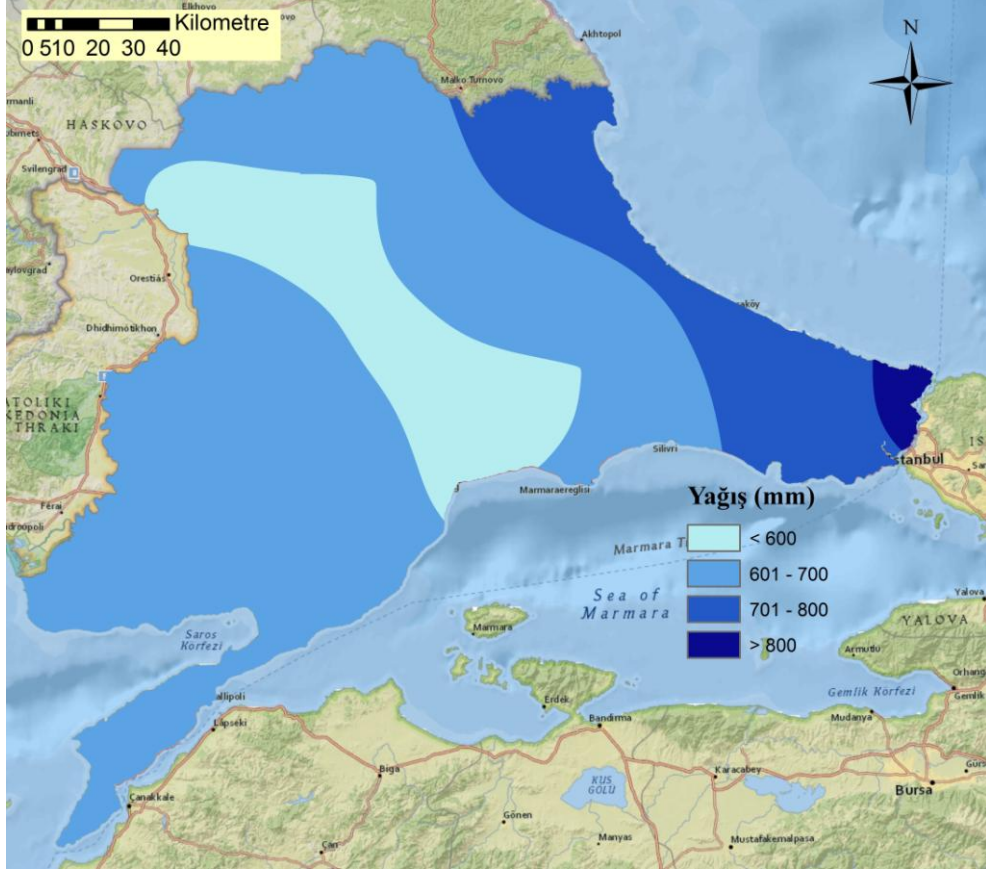
MGM’ne ait araştırma alanındaki 12 adet meteoroloji istasyonu ve Gelibolu Yarımadası’nı temsilen Çanakkale Meteoroloji İstasyonu’nun ortalama yıllık yağış değerlerinin ordinary krigging enterpolasyon yöntemi ile hazırlanan yağış dağılım haritası Şekil 4.32’de verilmiştir.



Şekil 4.31. Meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama yağış toplamları ve standart sapmaları

Aydınöz (2010) araştırmasında Gelibolu MGM İstasyonu kayıtları uzun dönemli olmadığı için bölgeyi temsilen Çanakkale MGM İstasyonu’nun verilerini kullanmıştır. Bu çalışmada da benzer yöntem izlenmiştir. Gelibolu Yarımada’sını temsil etmesi için Çanakkale MGM İstasyonu’nun verileri kullanılmıştır.





**Şekil 4.32.** Araştırma alanındaki MGM istasyonu verileri kullanılarak hazırlanmış yağış dağılımı haritası

Trakya’da yıllık ortalama yağış miktarının iç kesimlerde ve Karadeniz sahilince uzanan hatlar dışında 600-700 mm arasında olduğu görülmektedir (Şekil 4.32). Kurter (1977) Trakya içerisindeki yağış miktarının değiştiği hatları, yağışın 500 mm’nin altına düştüğü Hasköy’den Silivri’ye ve Enez’den Meriç’e kadar uzanan alanlar ve yağışın 800 mm’nin üzerine çıktığı Istranca dağları ile Çatalca Yarımadası’nın kuzey kesimleri olarak tanımlamıştır. Bu tanımlama Enez ile Meriç arasında kalan alan dışında, Şekil 4.32’de verilmiş olan yağış dağılımına benzerlikler göstermektedir. Edirne-Tekirdağ arasında yağışın 600 mm’nin altında düştüğü bir alan ve Karadeniz sahili boyunca uzanan ve yağışın 800 mm’lere yaklaştığı ve üzerine geçtiği bir şerit görülmektedir.

Erlat (2000) araştırmasında günlük yağış verilerini kullanarak Trakya’nın yağış şiddetini incelemiştir. Bu amaçla MGM’nün Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Uzunköprü, İpsala, Lüleburgaz, Çorlu, Florya ve Kumköy istasyonlarının verilerini kullanmıştır. Yıllık yağış miktarı seviyelerinin Çatalca Yarımadası’nın kuzeyi ile Karadeniz kıyılarında Trakya’nın diğer kısımlarına göre daha yüksek ve yıllar arası yağış değişiminin düşük

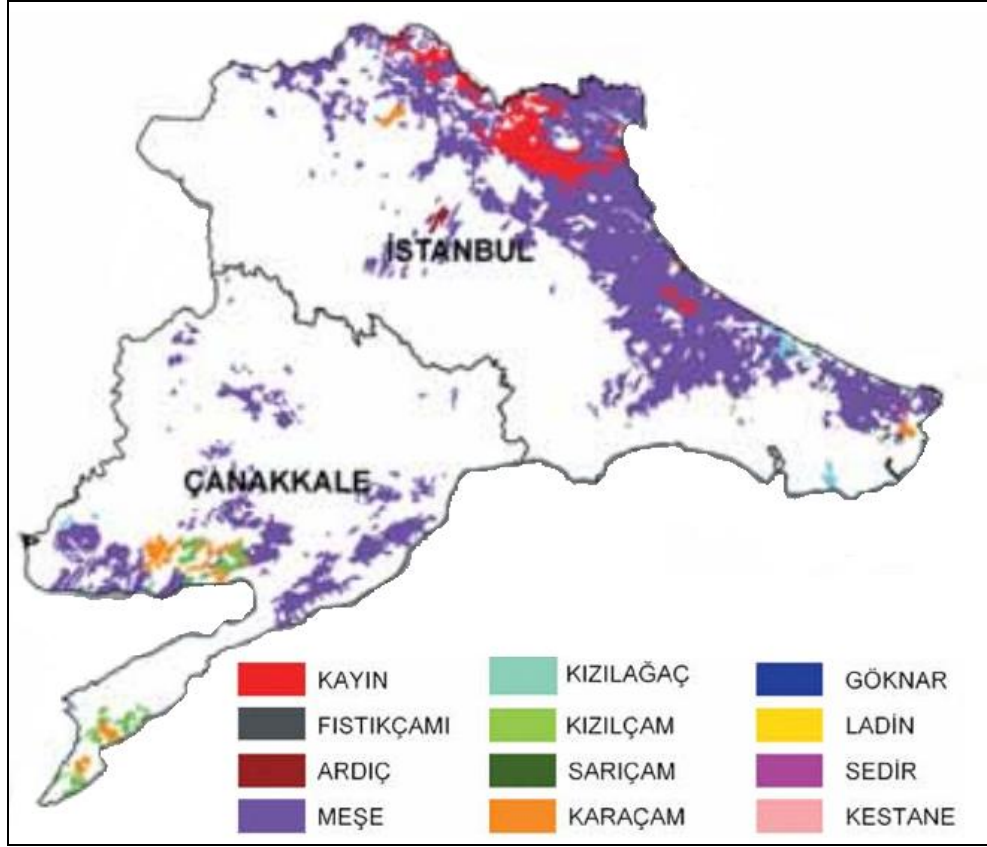
olduğunu belirtmiştir. 10 mm'nin altında düşen yağışların yıllık yağış toplamalarının % 30-40'ını oluşturduğunu ve yağış şiddeti açısından baskın olduğunu bildirmiştir.

Araştırma alanı içerisindeki yağış gözlem istasyonları, yağışın alansal dağılımının ayrıntılı şekilde tespit edilebilmesi için yeterli sayıda değildir. Karadeniz'in yağışlı iklim özelliklerinin iç kesimlere ne ölçüde ilerlediği, iç kesimlerde Akdeniz ve karasal iklim özelliklerinin dönemsel olarak baskın olduğu alanlardaki yıllık yağış ortalamalarının alansal dağılımı, Saroz körfezinin Gelibolu Yarımadası ve Edirne'nin Ege Denizi sahillerince uzanan kısımlarını nasıl etkilediği, Marmara Denizi'nin etkileri gibi soruların yanıtlarına, mevcut meteoroloji istasyonlarının verileri ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yapılan jeo-istatistik yöntemlerle ulaşmak oldukça güçtür.

Şekil 4.32'de oluşturulan harita, Trakya'nın iç kesimlerinde yağış dağılımının daha iyi bir şekilde gözlemlenebilmesi için Kırklareli'nin Pınarhisar ve Pehlivan köy ilçelerine kurulacak yağış gözlem istasyonu verilerinin faydası olacağını göstermektedir. 23,764 km<sup>2</sup> alana sahip Marmara Bölgesi Trakya bölümü topraklar için mevcut yağış gözlem istasyonu sayısı oldukça az sayıdadır.

Şekil 4.34'de oluşturulan yağış dağılım haritasının güvenilirliğinin test edilmesi için bitki örtüsü ile karşılaştırılmıştır. Bitki örtüsü doğrudan iklimsel özelliklerden etkilenmektedir. Yağış ise yetişen bitki türü için en önemli iklimsel özelliktir. Bu amaçla oluşturulan yağış dağılım haritası, Şekil 4.2'de verilen araştırma alanı topraklarının arazi kullanım grupları haritası ve Şekil 4.33'de (OGM, 2007) araştırma alanı içerisinde kalan ormanlık alanlar ve ağaç türlerini gösteren haritalar ile karşılaştırılmıştır.

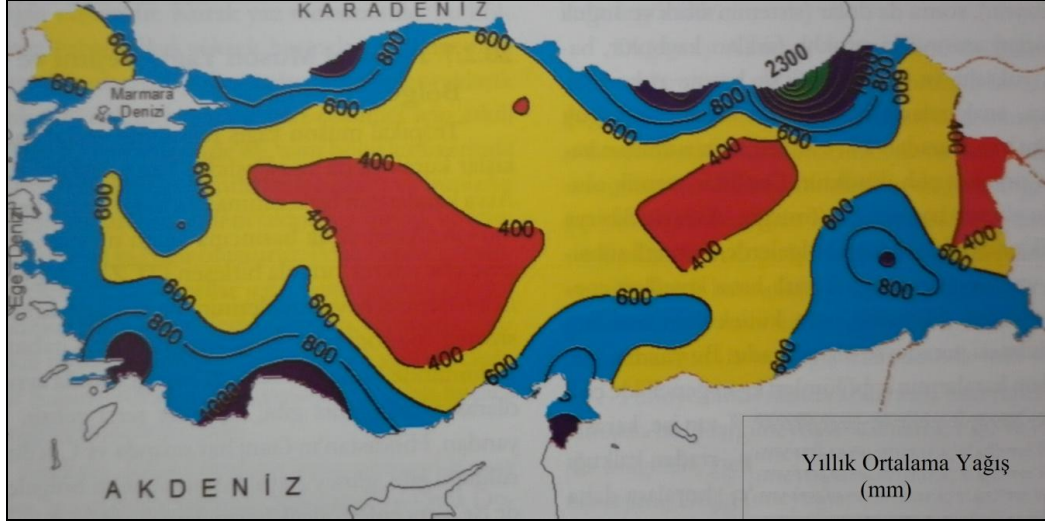
Günel (2013) iklimin bitki örtüsü üzerinde etkisini incelediği araştırmasında Marmara Bölgesinde Karadeniz'e uzanan dağlarda nem isteği yüksek ağaç türlerinin oluşturduğu nemli ormanların kuzey yamaçlarda konumlandığını, güney yamaçlarda ise kurakçıl ağaç türlerinin hakim olduğunu belirtmektedir. Araştırmasında Dönmez (1990)'a atıfta bulunarak Istranca Dağlarının kuzey yamaçlarını kaplayan doğu kayını oranlarının güney yamaçlarda 500-600 m'ye kadar indiğini ve Ganos Dağı'nın Kuzey yamacında 300-400 m yükseklikten başlayan nemli ormanların bulunduğunu bildirmiştir.



**Şekil 4.33.** Araştırma alanındaki ormanların ağaç türleri (OGM, 2007)

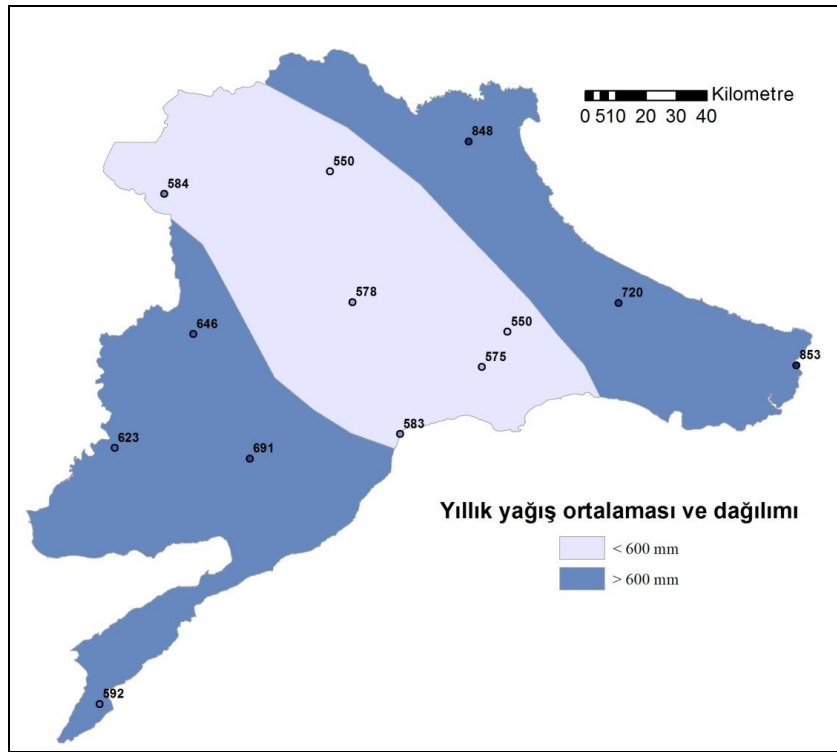
Ganos Dağı'nın hemen kuzey batısında bulunan Malkara'nın yıllık yağış ortalaması 691 mm'yi bulmaktadır ve Trakya'nın iç kesimleri için yüksek bir yağış değerine sahiptir. İpsala ile Uzunköprü arasındaki hattın yağış değerleri de iç kesimlerin ortalama değerinin üzerindedir. Ayrıca, Saroz Körfezinin kuzey kısımlarındaki ormanlık alanlar da Trakya'nın iç kesimlerine oranla daha nemli bir iklime sahip olduğunu göstermektedir. Buradaki bölgede karasal iklim özelliklerine oranla Akdeniz-Marmara ikliminin etkisinin daha baskın olduğu görülmektedir.

Kuraklık hassasiyet analizi için yağışın 600 mm'nin altında olduğu alanların belirlenmesi gerekmektedir. 600 mm yağış ortalaması tarımın susuz yapıldığı Trakya için ortalama yıllık yağış toplamı değeri olup, bu miktarın altındaki yağışlar verim azalmasına sebebiyet vermektedir. Türkeş (2010) Klimatoloji ve Meteoroloji kitabında Türkiye'nin yıllık ortalama yağış toplamalarının coğrafi dağılımını verdiği haritada (Şekil 4.34), Trakya'da yağışın 600 mm'nin altına düştüğü alanları göstermiştir.



**Şekil 4.34.** Türkiye'nin yıllık ortalama yağış toplamalarının coğrafi dağılımı (Türkeş, 2010)

Trakya'da 550 mm'nin altında ortalama yıllık yağış toplam değeri bulunmamaktadır ancak iç kesimlerinde bu değer 600 mm'nin altına düşmektedir. Kuraklık hassasiyet analizlerinde kullanılan bu değer aralığının alansal dağılımının oluşturulmasında Şekil 4.2, 4.32, 4.33 ve 4.34'den faydalanılmıştır. Düzenlenen yağış dağılımı haritası Şekil 4.35'de verilmiştir.

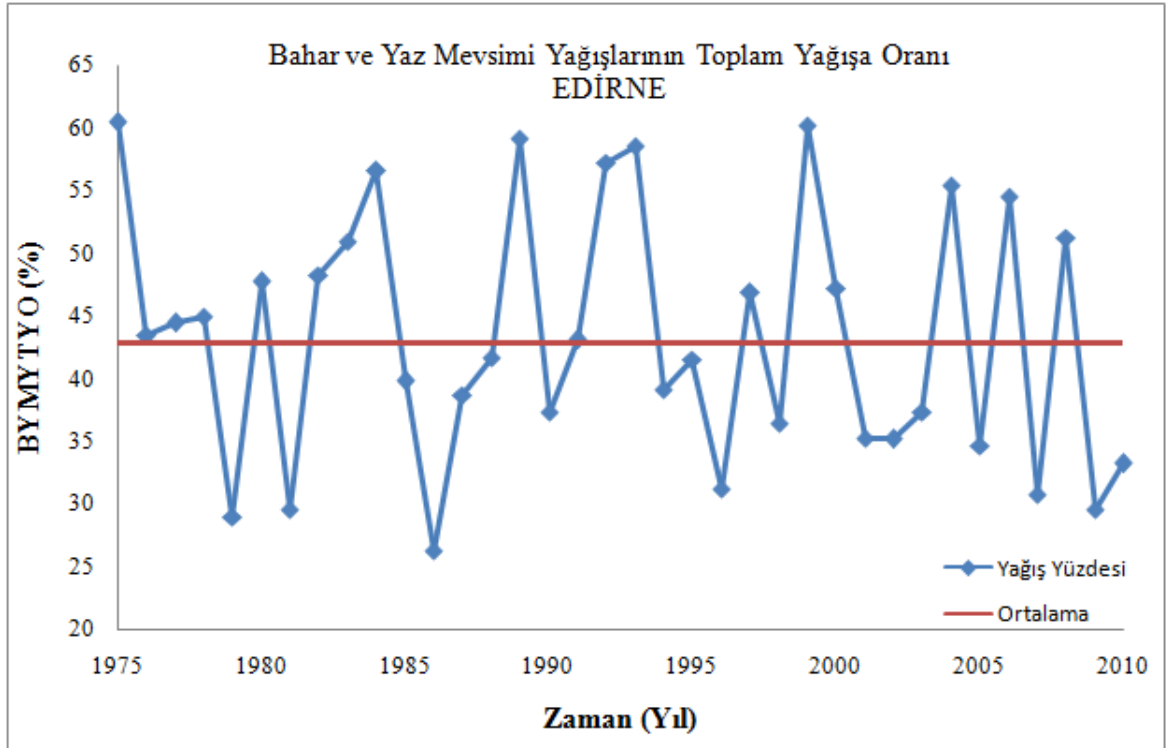


**Şekil 4.35.** Araştırma alanı düzenlenmiş yağış dağılım haritası

#### 4.4.2. Bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı (BYMYTYO)

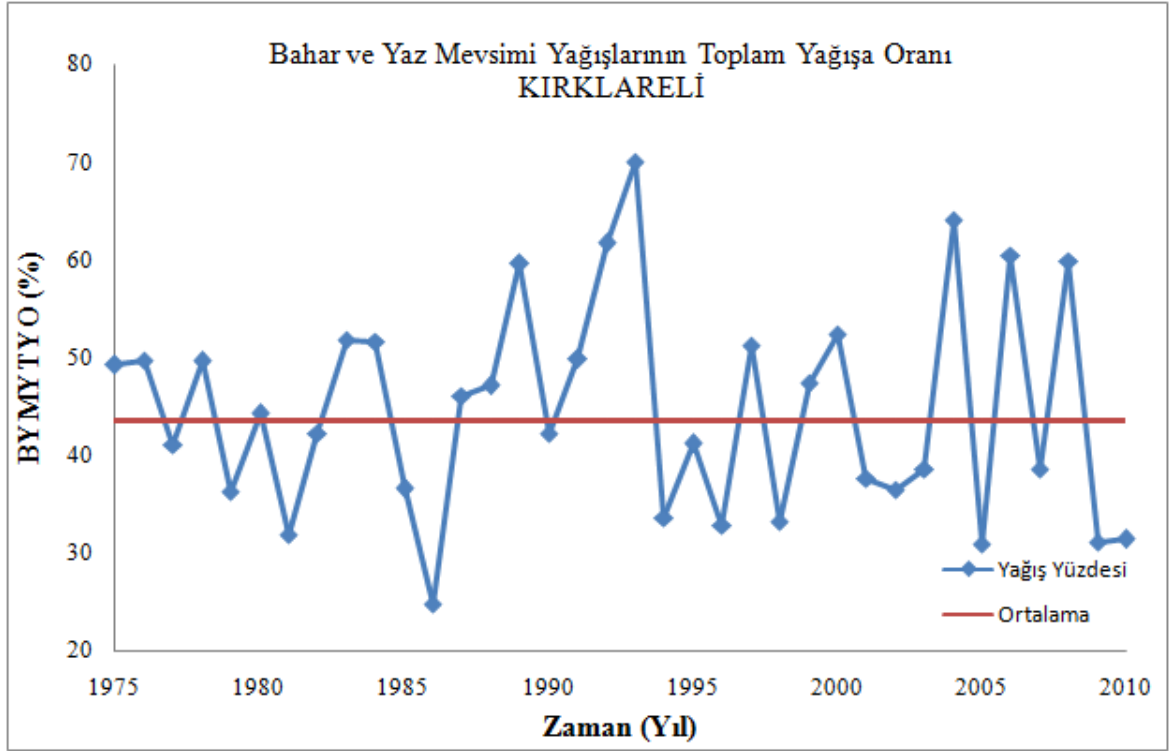
Bitkisel üretimde yağışa en çok ihtiyaç duyulan dönem yaz mevsimidir. Yaz dönemi yetiştiriciliği yapılan bitkiler için ilkbahar yağışları ile toprakta tutulan su ve yaz mevsimi yağışları, ayçiçeği gibi susuz tarımı yapılan ürünlerde verimi tayin eden etkidir. Bu sebeple ilkbahar ve yaz mevsimi yağışlarının yıllık toplam yağış içerisindeki oranları, yaz mevsimi kuraklıklarının tanımlanmasında kullanılabilir bir kriterdir.

Araştırma alanında bulunan MGM istasyonlarının kayıtları ile bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranları hesaplanmıştır. Edirne MGM İstasyonu yağış verileri ile hesaplanan BYMYTYO oranı yıllara göre Şekil 4.36'da verilmiştir. 1975-2010 yılları arasında kalan dönemde bu değerlerin ortalaması %43 olarak hesaplanmıştır. BYMYTYO yıldan yıla ortalamanın altına ve üzerine çıktığı görülmektedir. Ancak 1985-1988 yılları arasındaki 4 yıllık süreçte bu değerler arka arkaya ortalamanın altında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.36. Edirne bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

Kırklareli istasyonunun bahar ve yaz mevsimi yağış toplamalarının yıllık yağış toplamına oranları yıllara göre Şekil 4.357'de verilmiştir. 1975-2010 yıllarını içeren dönemde bahar ve yaz yağışlarının, yıllık toplam yağışa oranının ortalama değeri %44 olarak hesaplanmıştır.

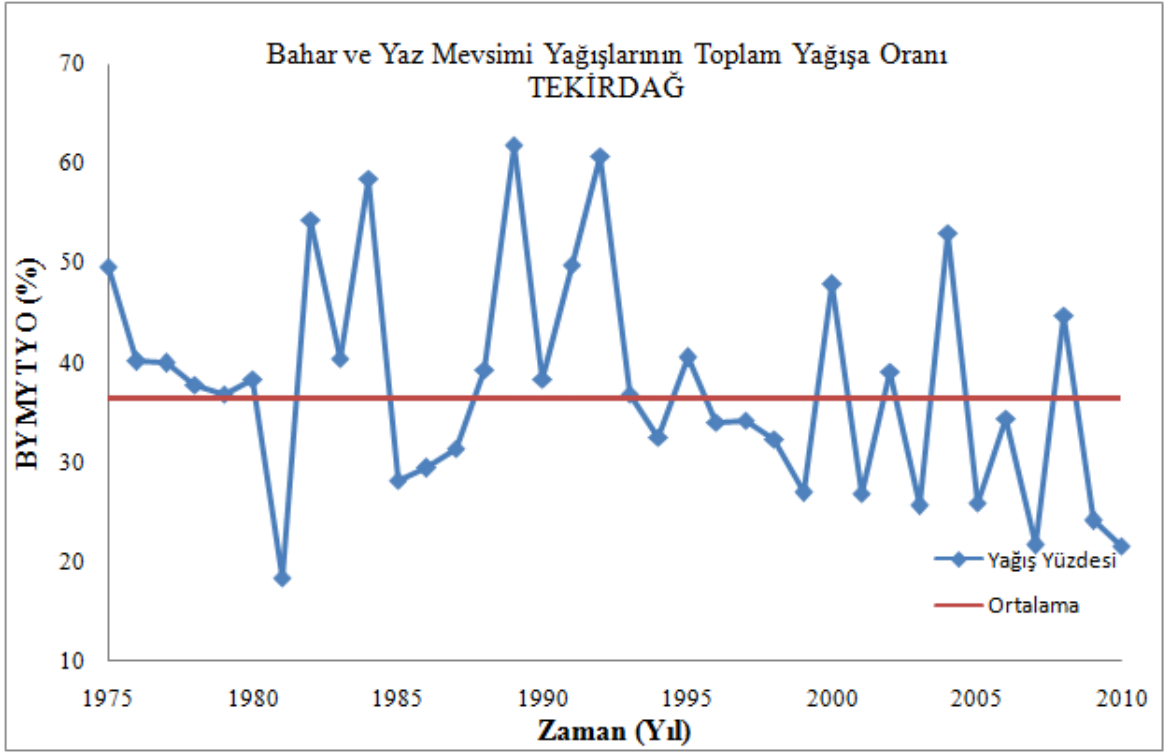


Şekil 4.37. Kırklareli bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

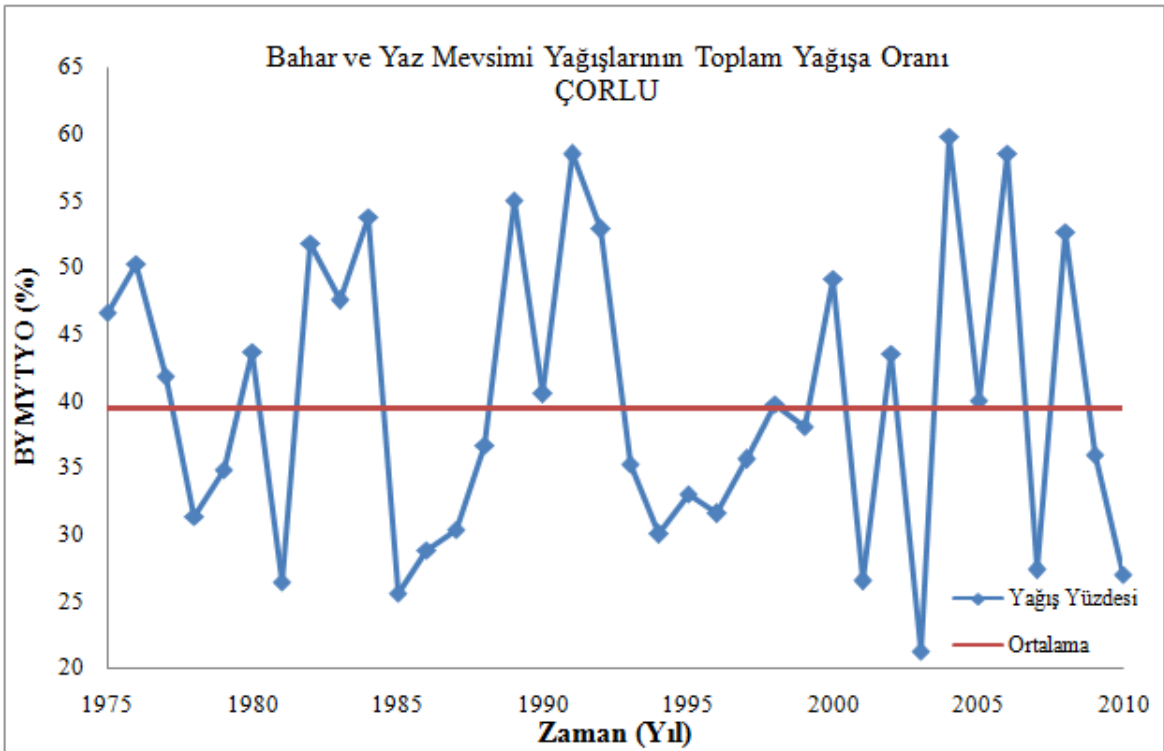
BYMYTYO Edirne’de olduğu gibi yıldan yıla ortalamasının altında ve üzerinde seyretmiştir. 1987-1993 yılları arasındaki dönemde ise bu değer yalnızca 1990 yılında ortalamaya yakın, diğer yıllarda ise ortalamasının üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. Edirne ve Kırklareli istasyonlarının BYMYTYO değerinin en düşük olduğu yıl 1986’dır.

Tekirdağ ve Çorlu MGM İstasyonu BYMYTYO değerleri sırasıyla Şekil 4.38 ve 4.39’da verilmiştir. Tekirdağ’ın BYMYTYO ortalama değeri %36.4’tür. BYMYTYO değerlerinin 1982-1992 yılları arasındaki dönemde yüksek değerlere ulaştığı ve bu dönemin ortalama değeri arttırdığı görülmektedir. 1999 yılından başlayarak BYMYTYO’nı yıllar içerisinde ortalamasının bir üzerinde ve bir altında seyretmektedir. Çorlu MGM İstasyonu’nun BYMYTYO’sı verilerinin gidişi Tekirdağ’a benzemektedir. Sadece 1981 yılı öncesinde, 1995 ve 2006 yılı değerlerinde farklılık görülmektedir. En düşük BYMYTYO Çorlu’da 2003 yılında ve 1981 yılında Tekirdağ’da hesaplanmıştır. 1975-2010 yılları arasında Çorlu’nun BYMYTYO’nı ortalama değeri (%39.5) Tekirdağ’ın ortalama değerinden biraz daha fazla hesap edilmiştir.



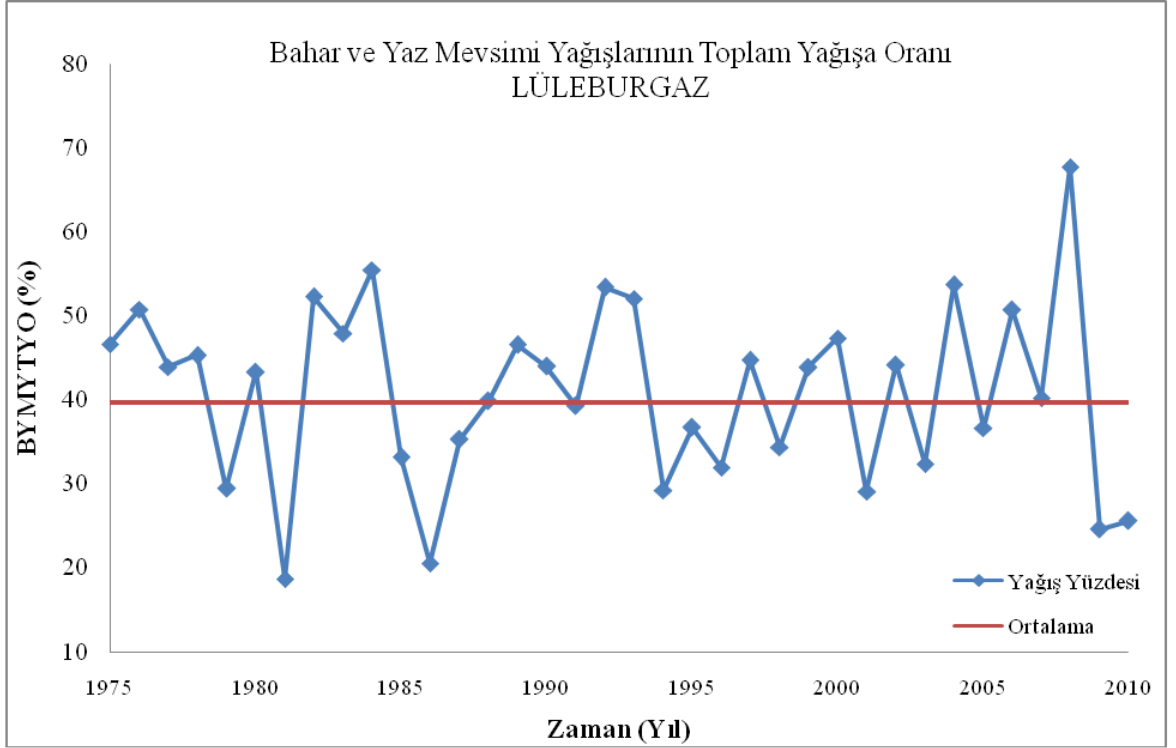


Şekil 4.38. Tekirdağ bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı



Şekil 4.39. Çorlu bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

Lüleburgaz MGM İstasyonu'na ait 1975-2010 yılları içeren dönemin BYMYTYO değerleri Şekil 4.40'da verilmiştir. Bu dönemi çerisindeki ortalama BYMYTYO değerleri yaklaşık %40'tır. Bayar ve yaz yağışlarının mevsimlik yağış oranlarında en düşük olduğu yıllar 1981 ve 1986'dır. Bu yıllarda BYMYTYO değeri %20'ye düşmüştür. En yüksek değere ise, veri seti içerisinde 415 mm ile en düşük yıllık yağış toplamına sahip yıl olan 2008'de %68 ile ulaşmıştır.

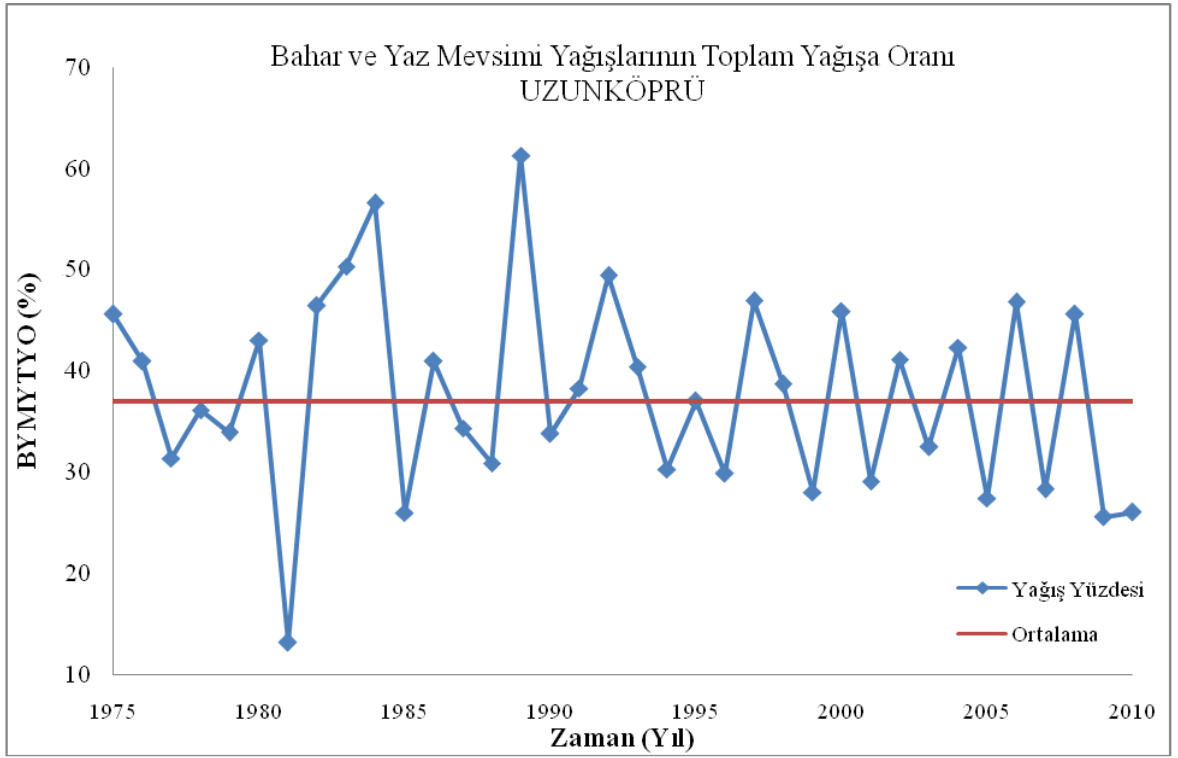


**Şekil 4.40.** Lüleburgaz bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

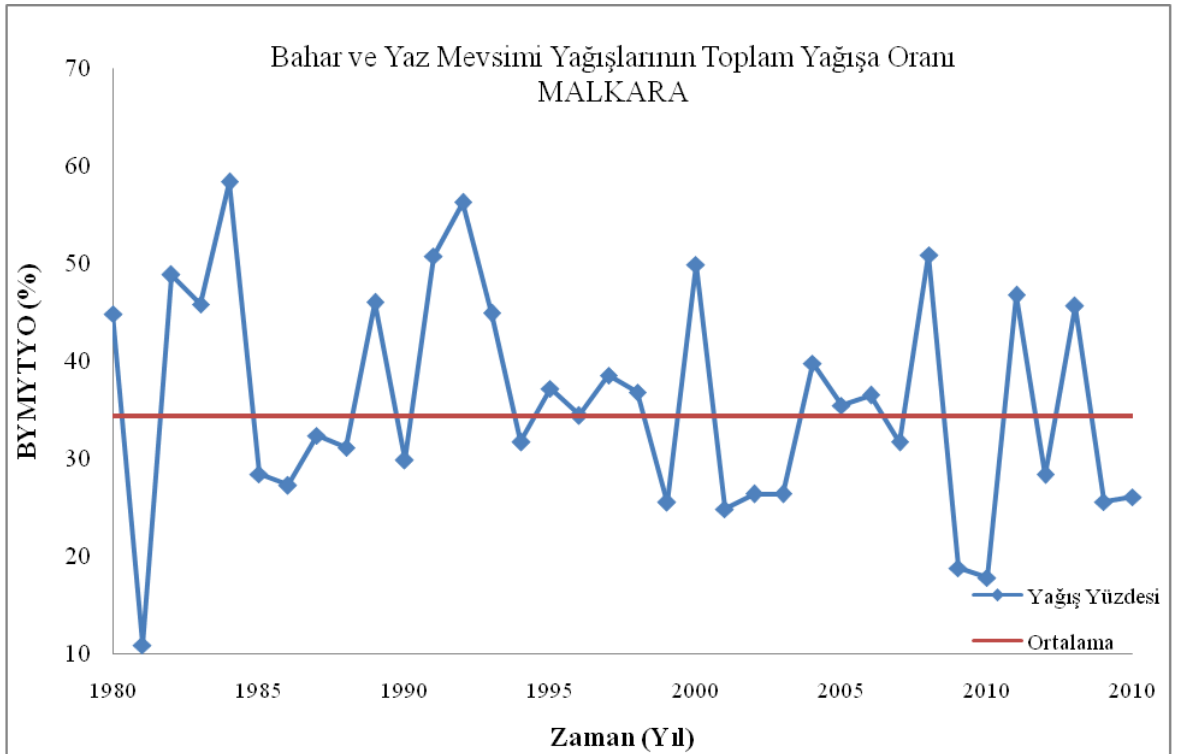
Uzunköprü MGM İstasyonu'na ait 1975-2010 yıllarını içeren dönemin BYMYTYO değerleri Şekil 4.41'de verilmiştir. 1981 yılında en düşük ve 1989 yılında en yüksek BYMYTYO değerleri hesaplanmıştır. Zaman serisi bu yıllar içerisinde çalkantılı olsa da 1990 yılından başlayarak BYMYTYO değerleri ortalamanın değerinin (% 37) bir altında ve bir üstünde seyretmiştir.

Malakara MGM İstasyonu'na ait 1980-2010 yıllarını içeren dönemin BYMYTYO değerleri Şekil 4.42'de verilmiştir. Bu yılları kapsayan ortalama BYMYTYO değeri %34.3'tür. Bahar ve yaz mevsimi yağışlarının en düşük olduğu yıl 1981'dir ve bu yıl içerisinde toplam 727 mm yağış gerçekleşmiştir.



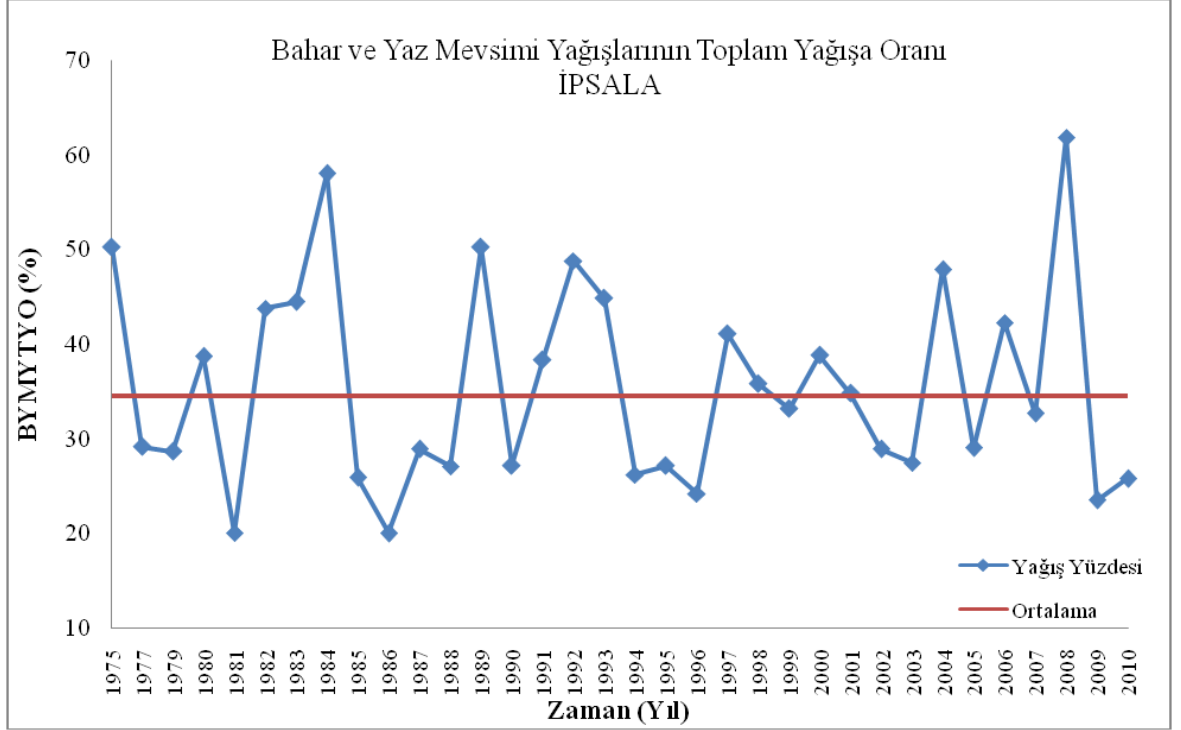


**Şekil 4.41.** Uzunköprü bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı



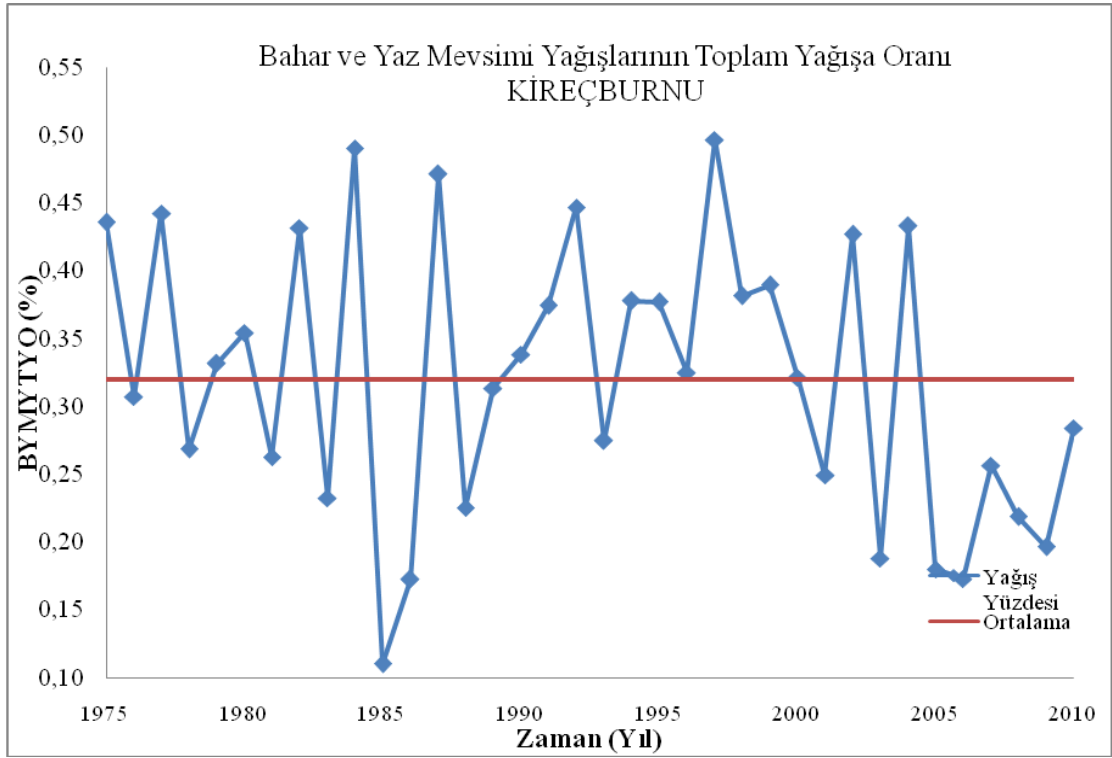
**Şekil 4.42.** Malkara bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

İpsala MGM İstasyonu'na ait 1975-2010 yıllarını içeren dönemin BYMYTYO değerleri Şekil 4.43'de verilmiştir. Bu dönem içerisindeki 1976 ve 1978 yılı kayıtlarında bazı ayların verilerinin eksik olması nedeniyle bu yıllar hesaplamalara katılmamıştır. 34 yıllık zaman serisinin ortalama BYMYTYO değeri %34.5 olarak hesaplanmıştır. Bu oran 1984 ve 2008 yıllarında %60'a kadar çıkmıştır.



Şekil 4.43. İpsala bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

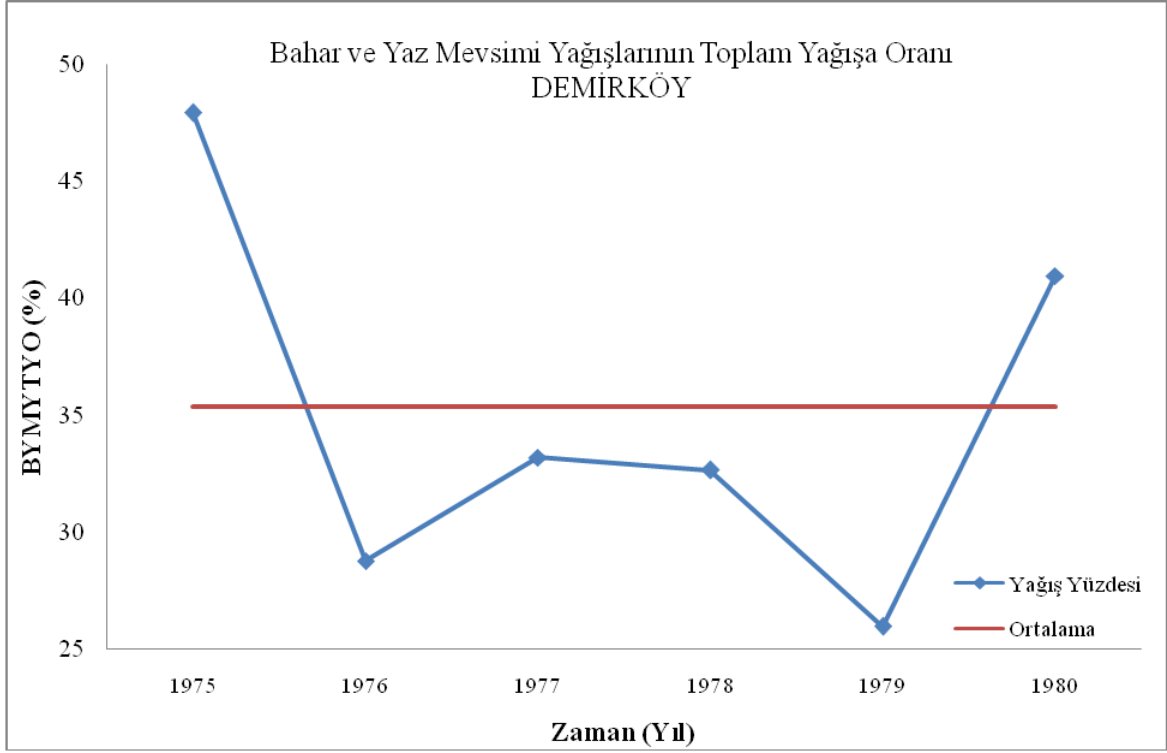
İstanbul Boğazı Sarıyer sahilinde bulunan Kireçburnu MGM İstasyonu'na ait 1975-2010 yıllarını içeren dönemin BYMYTYO değerleri Şekil 4.44'de verilmiştir. Zaman serisinin ortalama BYMYTYO değeri %32 olarak hesaplanmıştır. Bu istasyona ait yıllık ortalama yağış toplamı değeri 852 mm'dir. En düşük BYMYTYO değerine sahip olmasına karşın bahar ve yaz mevsimi yağışlarının ortalama yıllık toplamı 273 mm'dir ve bu yağış 6 yıllık yağış kayıtlarına sahip Demirköy MGM İstasyonu'ndan sonraki en yüksek değerdir. Kireçburnu'nun en düşük BYMYTYO değeri 1985 yılında gerçekleşmiştir. 1985 yılında toplamda 874 mm yağış düşmesine karşın, Mart-Ağustos döneminde sadece 96 mm yağış gerçekleşmiştir. 1984 ve 1998 yılları yağış toplamından, bahar ve yaz ayları %50'ye yakın bir paya sahip olmuştur. 2005 yılından başlayarak BYMYTYO'nun ortalama değerlerin altında seyrettiği bir dönem başlamıştır.



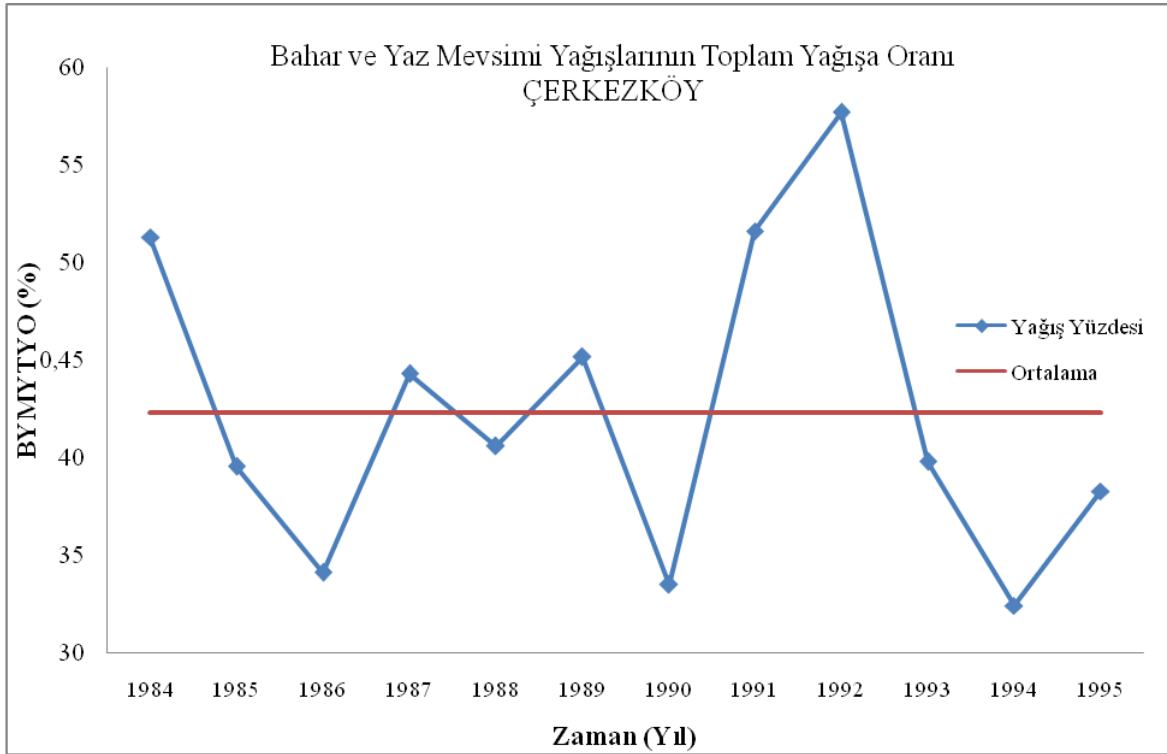
**Şekil 4.44.** Kireçburnu bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

Kırklareli'nin kuzey doğusunda, Karadeniz'e en yakın MGM İstasyonu olan Demirköy'ün sadece 6 yıllık kayıt süresine sahip olmasına karşın, Karadeniz'in yağış gücünü yansıtması için hesaplamalara katılmıştır. 1975-1980 yılları arasına ortalama yıllık toplam yağış 848 mm ve bahar-yaz ortalama toplam yağışları 300 mm olarak kaydedilmiştir. 300 mm, 12 adet yağış istasyonu kayıtları içerisinde en yüksek bahar ve yaz mevsimi ortama toplam yağış değeridir. Ortalama BYMYTYO değerleri %35,4'tür ve 6 yıllık kayıt süresi içerisinde sadece ilk ve son yıllarda ortalama değer üzerine çıkmıştır. Bu istasyona ait BYMYTYO çizelgesi şekil 4.45'de verilmiştir.

Çerkezköy MGM İstasyonu'na ait 1984-1995 yıllarını içeren dönemin BYMYTYO değerleri Şekil 4.46'da verilmiştir. 12 yıllık zaman serisinin ortalama BYMYTYO değeri %42,4 olarak hesaplanmıştır. En yüksek BYMYTYO değerlerine 1991 ve 1992 yıllarında ulaşılmıştır. 1992 yılından sonra son 3 yılın kayıtlarında, BYMYTYO değerleri ortalamanın altında gerçekleşmiştir. Çerkezköy'ün ortalama yıllık yağış toplamı 542 mm'dir. Bahar ve yaz mevsimi yağış toplamının en düşük olduğu yıl olan 1994'te, BYMYTYO'nun %32,5 ve bahar-yaz mevsimi yağış toplamı 135 mm olarak kaydedilmiştir. En yüksek bahar ve yaz mevsimi yağış toplamı 307 mm ile 1991 yılında ölçülmüştür.

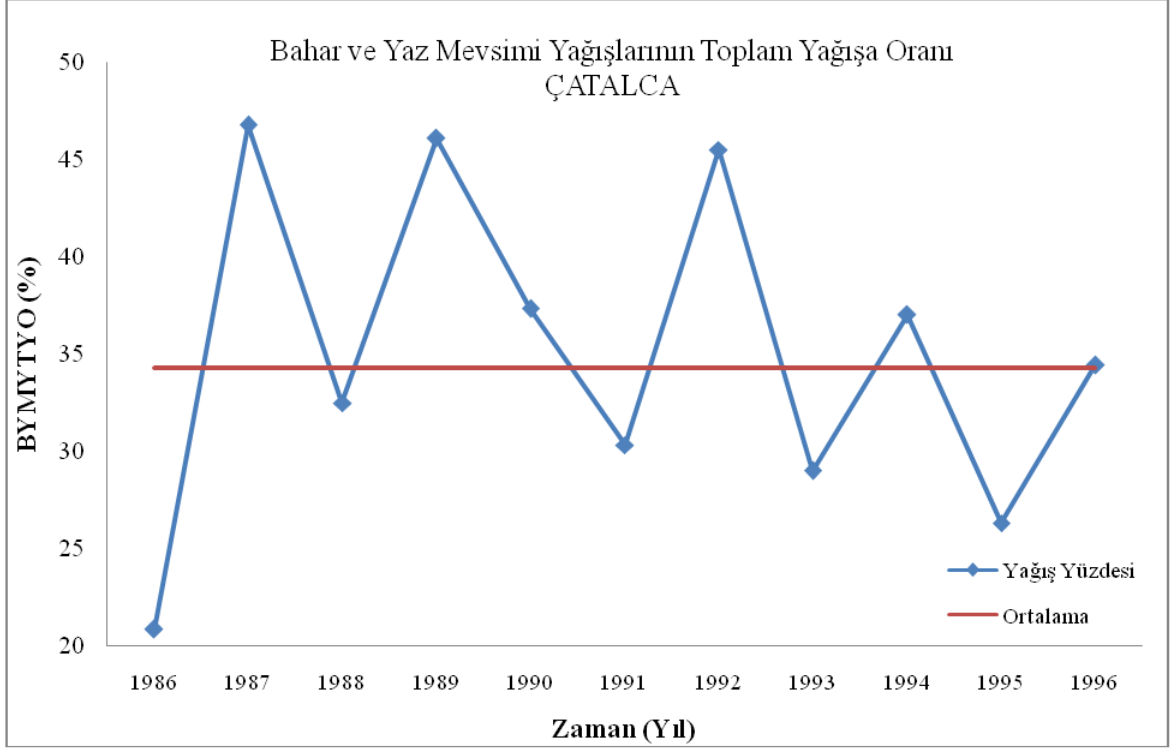


**Şekil 4.45.** Demirköy bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı



**Şekil 4.46.** Çerkezköy bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

Çatalca MGM İstasyonu'na ait 1986-1996 yıllarını içeren 11 yıllık zaman serisinin BYMYTYO değerleri Şekil 4.47'de verilmiştir. BYMYTYO değerleri 1987, 1989 ve 1992 yıllarında %45'i aşarak en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Bu yıllar içerisinde bahar-yaz mevsimi yağışlarının toplamı sırasıyla 335, 181 ve 256 mm'dir. Zaman serisi süresince BYMYTYO değerleri yıldan yıla ortalama değerlerin bir altında ve bir üstünde seyretmiştir.



**Şekil 4.47.** Çatalca bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

BYMYTYO değerlerinin hesap edilmesinde 12 adet meteoroloji istasyonu kullanılmıştır. Bu istasyonların ortalama (Ort), en yüksek (EY) ve en düşük (ED) BYMYTYO değerleri ile en düşük bahar-yaz mevsimi yağış toplamı (BYMYT) ve en yüksek bahar-yaz mevsimi yağış toplamları Çizelge 4.5'te özet halinde verilmiştir. Araştırma alanı genelinde yıllar içerisinde gerçekleşen en yüksek bahar ve yaz ayları yağış toplamlarının yaklaşık 400 mm ve en düşük değerlerin yaklaşık 100-120 mm arasında değiştiği görülmektedir. En düşük BYMYTYO değerlerine sahip istasyonlar Kireçburnu ve Malkara, en yüksek BYMYTYO değerlerine sahip istasyonlar ise Kırklareli ve Lüleburgaz'dır.

**Çizelge 4.5.** MGM İstasyonlarının bazı mevsimlik yağış değerleri

Mevsimlik Değerler	MGM İstasyonları												
	Edirne	Tekirdağ	Kırklareli	Lüleburgaz	Çorlu	Uzunköprü	Malkara	İpsala	Kireçburnu	Demirköy	Çerkezköy	Çatalca	
BYMYTYO, Ort.	42.3	36.5	43.6	39.7	39.5	37.1	34.4	34.5	32.0	35.4	42.4	34.3	
% EY.	60.5	61.9	70.0	67.7	59.8	61.3	58.3	61.9	49.7	47.9	57.7	46.8	
ED.	26.2	18.3	24.8	18.7	21.2	13.2	10.9	20.0	11.0	26.0	32.5	20.9	
BYMYT, EY	465.2	353.7	356.2	345.8	351.2	382.1	405.4	360.7	515.2	478.5	307.3	335.2	
mm ED	118.6	118.3	109.0	114.8	112.0	109.5	79.5	97.5	96.4	226.4	134.8	135.2	

Aydınözü (2010) Trakya’da bulunan 9 adet MGM İstasyonu’nun 1929-2006 dönemi yağış verilerini, vejetasyon devresinde düşen yağış oranını belirlemek amacıyla kullanmıştır. Vejetasyon devresindeki yağışların yıllık yağışa oranını Edirne’de %60.5, Lüleburgaz’da %56.2, Kırklareli’nde %58.9, Çorlu’da %57.2, Tekirdağ’da %59.1, Florya’da %58.5, Kumköy’de %66.2, Göztepe’de %61.4 ve Çanakkale’de %57.6 olarak hesaplamıştır. Bu oranların, Trakya’nın iç kesimlerinde yağışın nispeten bölge genelinden azaldığı alanlarda bile ormanların yetişebilmesine olanak sağladığını belirtmiştir.

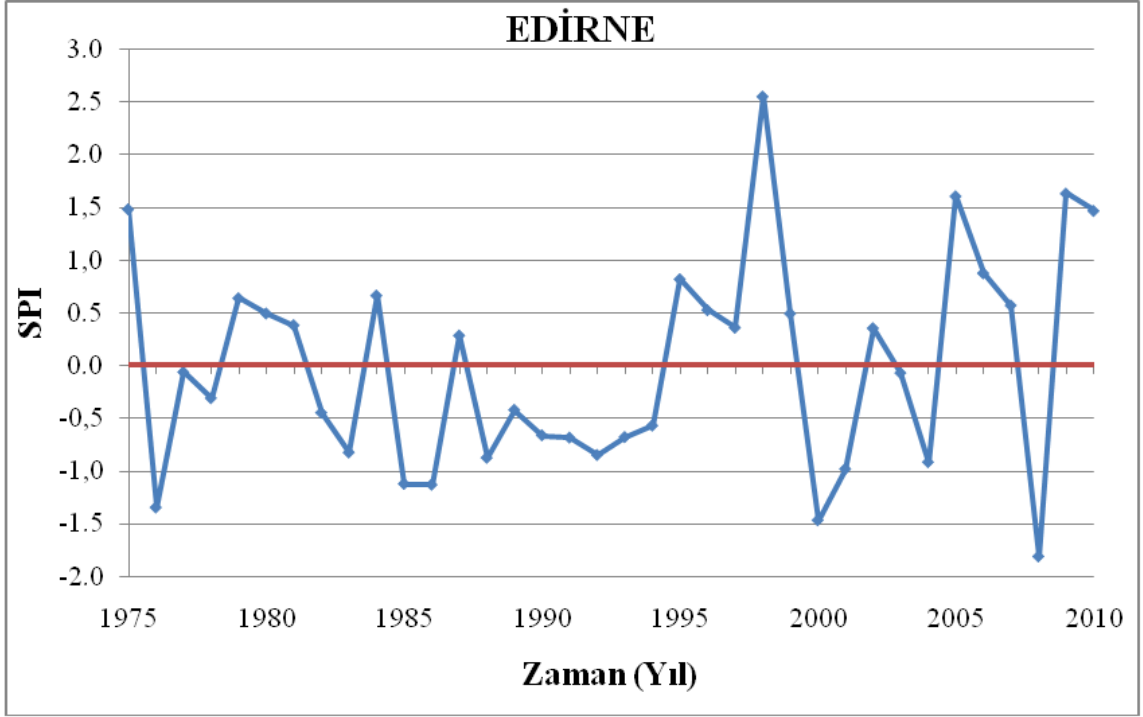
Bahar ve yaz mevsimi yağışları, bitki su tüketiminin arttığı ve topraktaki nemin azaldığı dönemde gerçekleşen yağışlardır. Buğday bitkisi gibi vejetasyon dönemleri sonbahar, kış ve bahar mevsimlerinde gerçekleşen bitkiler için de bahar ve yaz yağışları verim artışı için oldukça önem taşımaktadır.

#### 4.4.3. Standartlaştırılmış yağış indisi

Çalışma alanındaki MGM istasyonların ortalama yağış verilerinden ortalama yıllık toplam yağışların ve bahar-yaz mevsimi yağışlarının yıllık yağışlara oranının hesaplanmasında faydalanılmıştır. Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Çorlu, Uzunköprü, Lüleburgaz, İpsala, Malkara ve Kireçburnu meteoroloji istasyonlarının kayıtları ile SPI hesaplamaları yapılmıştır.

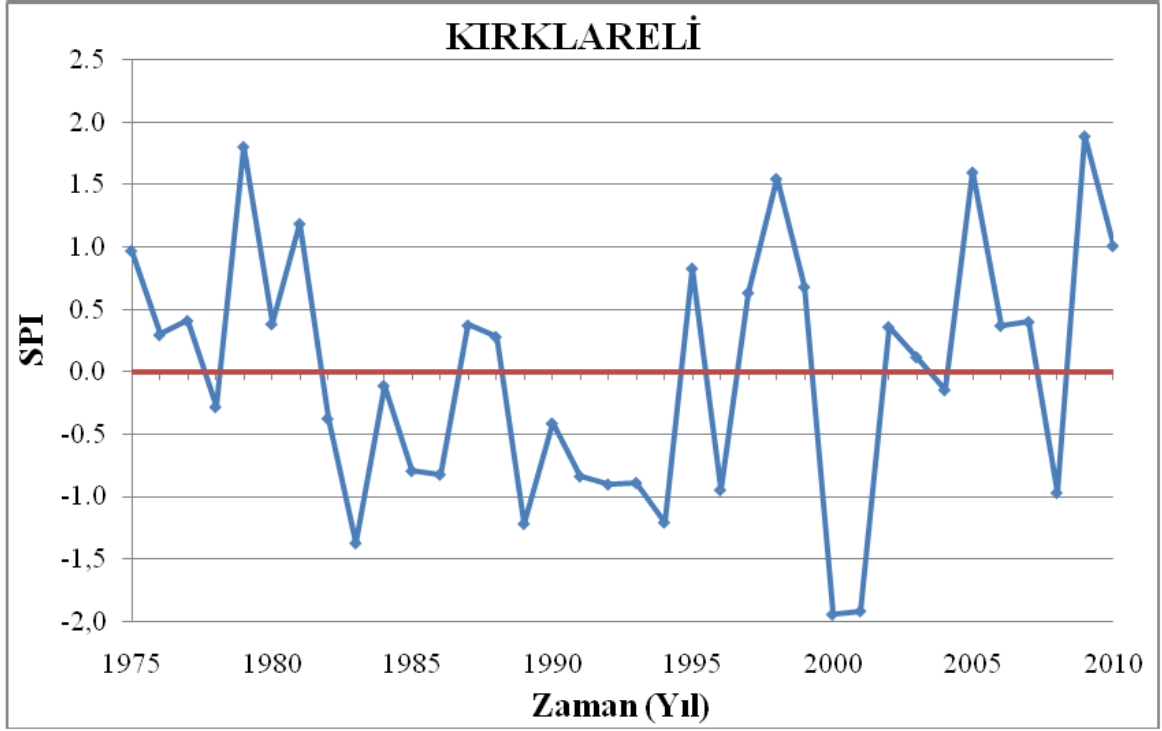
MGM Edirne İstasyonu’nun yıllık yağış toplamı verileri ile hesaplanan yıllık SPI değerleri Şekil 4.48’de verilmiştir. SPI değerleri 1977-1997 yılları arasındaki dönemde normale yakın düzeyde hesaplanmıştır. 1998 yılı SPI değeri aşırı nemli bulunmuştur ve yıllık yağış toplamı 933 mm’dir. 1976, 1985, 1986 ve 2000 yılları kuraklık şiddeti orta

düzye de kurak sınıfındadır. Yağışların 400-450 mm arasında gerçekleşmesi durumunda kuraklık şiddeti orta düzye de hesaplanmaktadır. En kurak geçen yıl olan 2008 de toplam 387 mm yağış dūřmūř ve SPI sınıfı şiddetli kurak bulunmuştur. 1975-2010 yılları için hesaplanan SPI değerleri, Edirne’de yıllık yağışın 400 mm’nin altında dūřmesiyle birlikte şiddetli kuraklık başlamaktadır. Yıllık yağış toplamının yaklaşık 750 mm’nin üzerine çıkmasıyla SPI sınıfı çok nemli olarak hesaplanmaktadır.



**şekil 4.48.** MGM Edirne İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları

MGM Kırklareli İstasyonu’nun 1975-2010 yıllara arasını dōnemi içerisinde yıllık yağış toplamı verileri ile hesaplanan yıllık SPI değerleri şekil 4.49’da verilmiştir. 1979, 1981, 1998, 2005, 2009 ve 2010 yılları nemli seviyelerde gerçekleşmiştir. 2009 yılında SPI değerinin 2.0’a yani aşırı nemli düzye nin başlangıç düzye yine yaklaştığı gōr÷lmektedir. 2009 yılının toplam yağış değeri 821 mm’dir. En kurak geçen yıllar 2000 ve 2001’dir, bu yıllarda yağış 330 mm’nin altına dūřmūřtur.

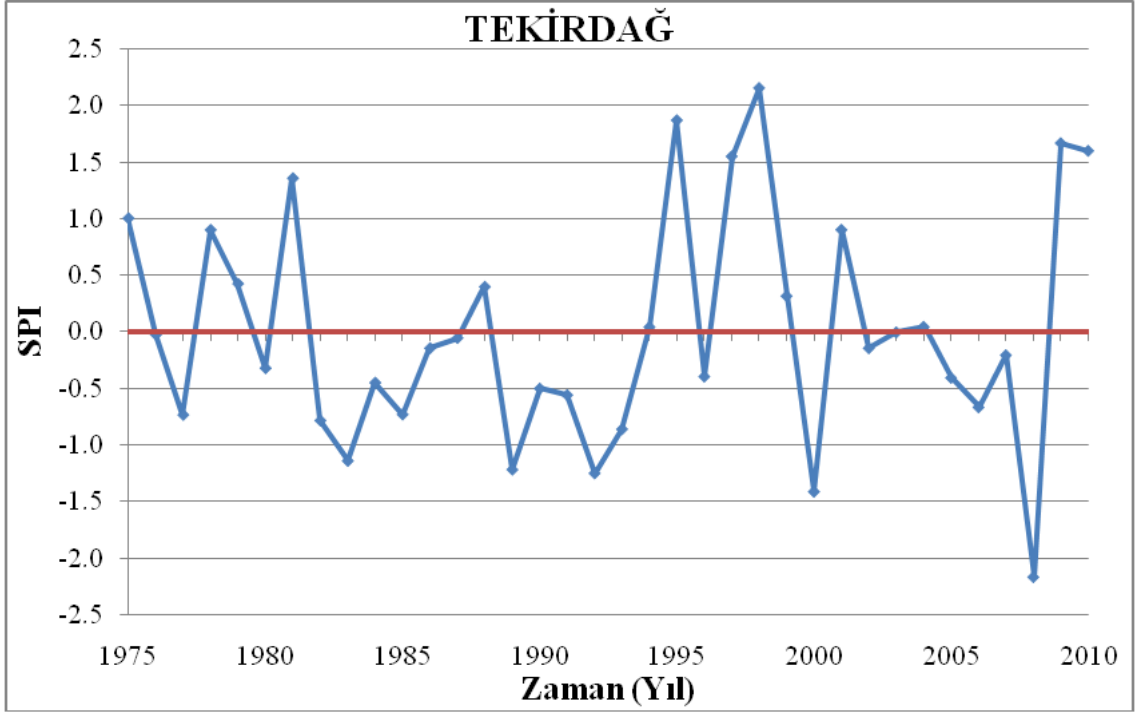


**Şekil 4.49.** MGM Kırklareli İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları

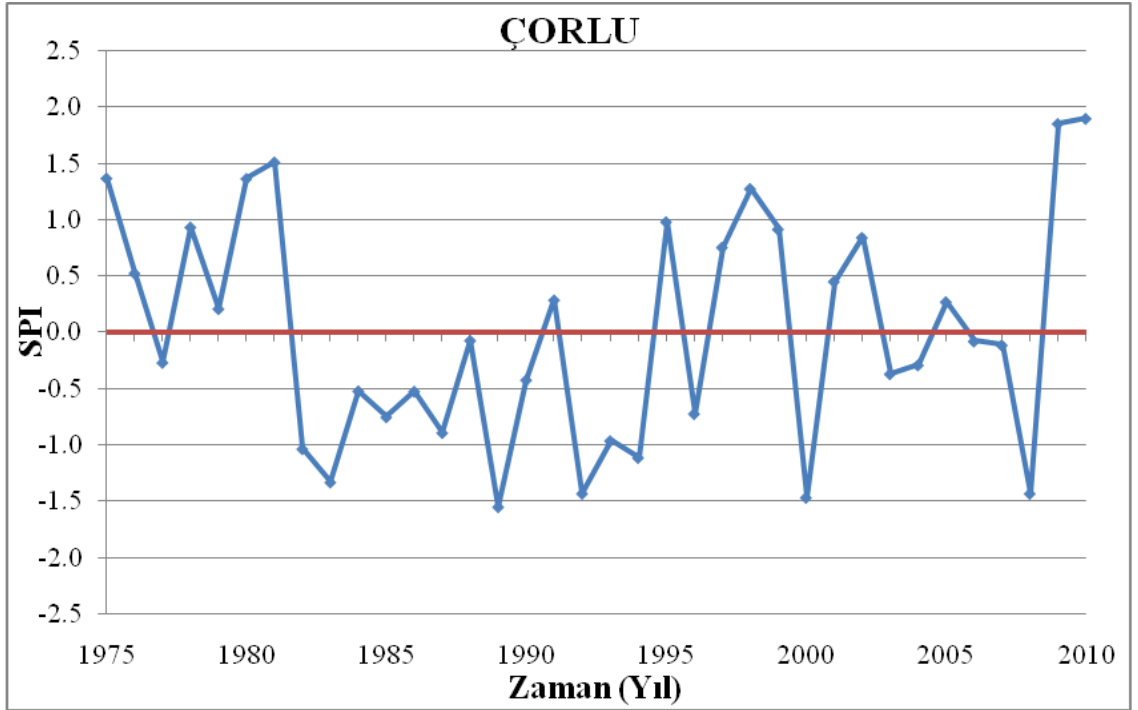
MGM Tekirdağ İstasyonunun toplam yıllık yağışlarla hesaplanan SPI analizi Şekil 4.50’de verilmiştir. 1995, 1998, 2009 ve 2010 yıllarının nemli geçtiği görülmektedir. 1998 yılında düşen yaklaşık toplam 900 mm yağış, SPI sınıfının aşırı nemli olarak tanımlanmasına sebep olmuştur. Edirne’ye benzer şekilde 2008 yılı aşırı kurak geçmiştir. Bu yılın yağış toplamı 338 mm’dir, bir sonraki yıl ise çok nemli olarak sınıflandırılmıştır. Tekirdağ’da yağışların 1995 yılından başlanarak çok nemli ve çok kurak olarak geçtiği yılların arttığı görülmektedir.

MGM Çorlu İstasyonu için hesaplanan SPI analizi Şekil 4.51’de verilmiştir. Tekirdağ’ın SPI analizi sonuçlarına benzer bir şekil çıkmıştır. Birbirine yakın olan bu iki istasyonunun ortalama yıllık yağış toplamları yaklaşık 580 mm’dir. Ancak Çorlu’da yıllık yağış toplamları, Tekirdağ’da 1995 ve 1998 gerçekleşen yüksek yağışların 150-200 mm altında kalmıştır. SPI sınıflandırılması hesaplamalarda kullanılan yıllar içerisinde aşırı nemli düzeye çıkmamıştır. Yalnızca 1989 yılında sınır değerinde bir şiddetli kurak yıl gerçekleşmiş, bu yıl dışında kayıt süreleri içerisinde şiddetli kurak bir yıl görülmemiştir.





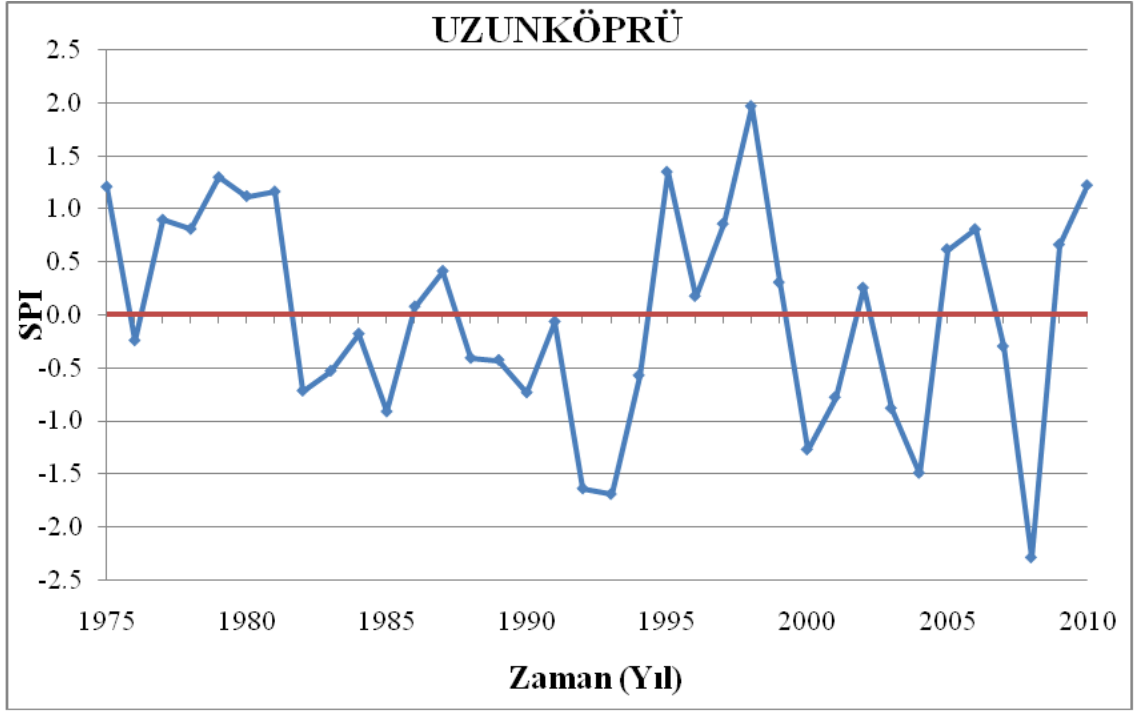
Şekil 4.50. MGM Tekirdağ İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları



Şekil 4.51. MGM Çorlu İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları

MGM Uzunköprü İstasyonun yıllık yağış toplamı verileri ile hesaplanan yıllık SPI değerleri Şekil 4.52'de verilmiştir. 1975-2010 yılları arasında aşırı nemli bir yıl

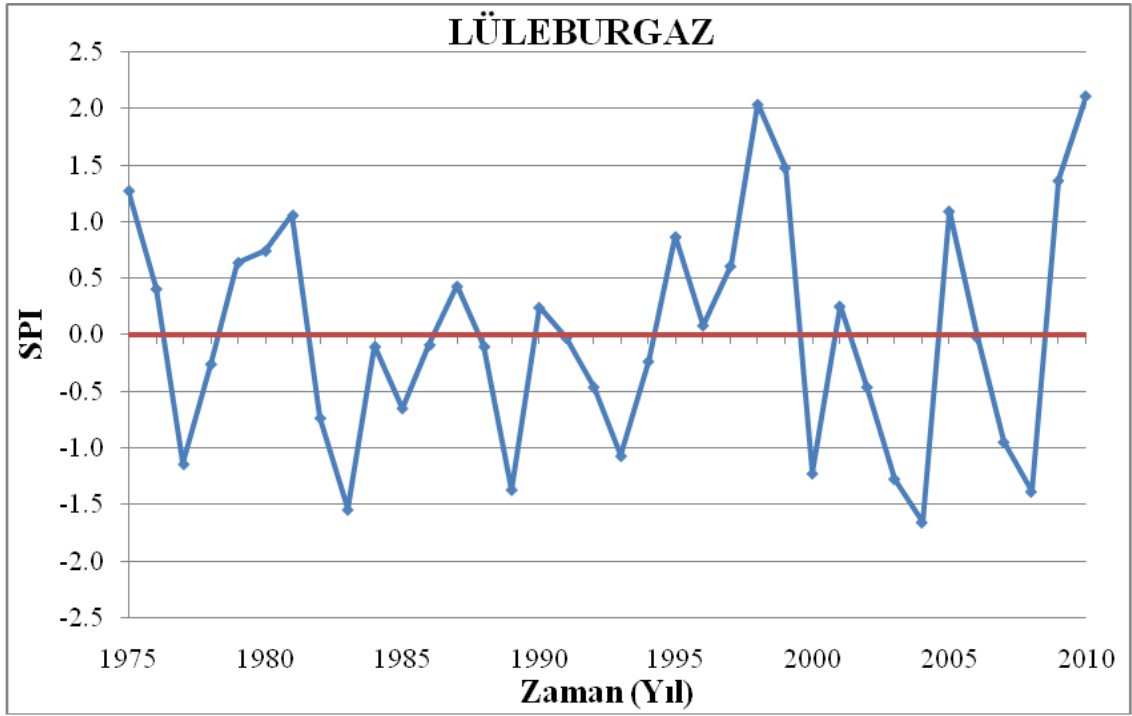
bulunmamaktadır. Uzunköprü'nün ortalama yıllık yağış toplamının çevresindeki istasyonlardan yüksek olması nedeniyle, yağış toplamının 1,000 mm'ye yaklaştığı 1998 yılında SPI değeri 1.97 olarak hesaplanmıştır. 1992 ve 1993 yılları yaklaşık 400'er mm yağış toplamı ile şiddetli kurak ve sadece 344 mm yağışın düştüğü 2008 yılı aşırı kurak olarak tanımlanmıştır



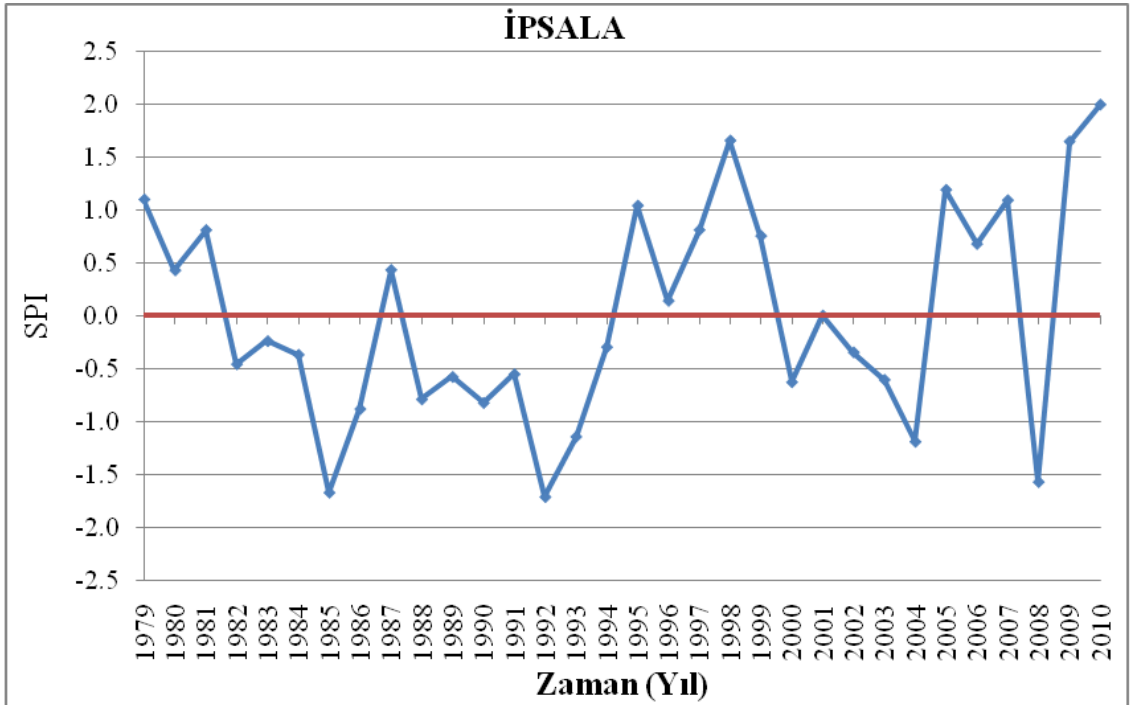
**Şekil 4.52.** MGM Uzunköprü İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları

MGM Lüleburgaz İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI analizi Şekil 4.53'de verilmiştir. 1983 ve 2004 yıllarında toplam yağışların 400 mm'nin altında düştüğü ve SPI sınıfının şiddetli kurak olarak tanımlandığı görülmektedir. Orta düzeyde kuraklık, yağışın 400-450 mm arasında düştüğünde gerçekleşmektedir. Lüleburgaz'da çok nemli bir yıl gerçekleşmezken, 1998 ve 2010 yıllarında yağışın 850 mm'nin üzerine çıkması ile SPI sınıfı aşırı nemli şeklinde hesaplanmıştır.

MGM İpsala İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI analizi için 1979-2010 yıllarını kapsayan zaman dilimi kullanılmıştır (Şekil 4.54). İpsala'da analiz süresi içerisinde aşırı nemli veya aşırı kurak bir yıl tespit edilmemiştir. 1985, 1992 ve 2008 yılları şiddetli kurak olarak sınıflanırken 1998, 2009 ve 2010 yılları da çok nemli olarak sınıflanmıştır.



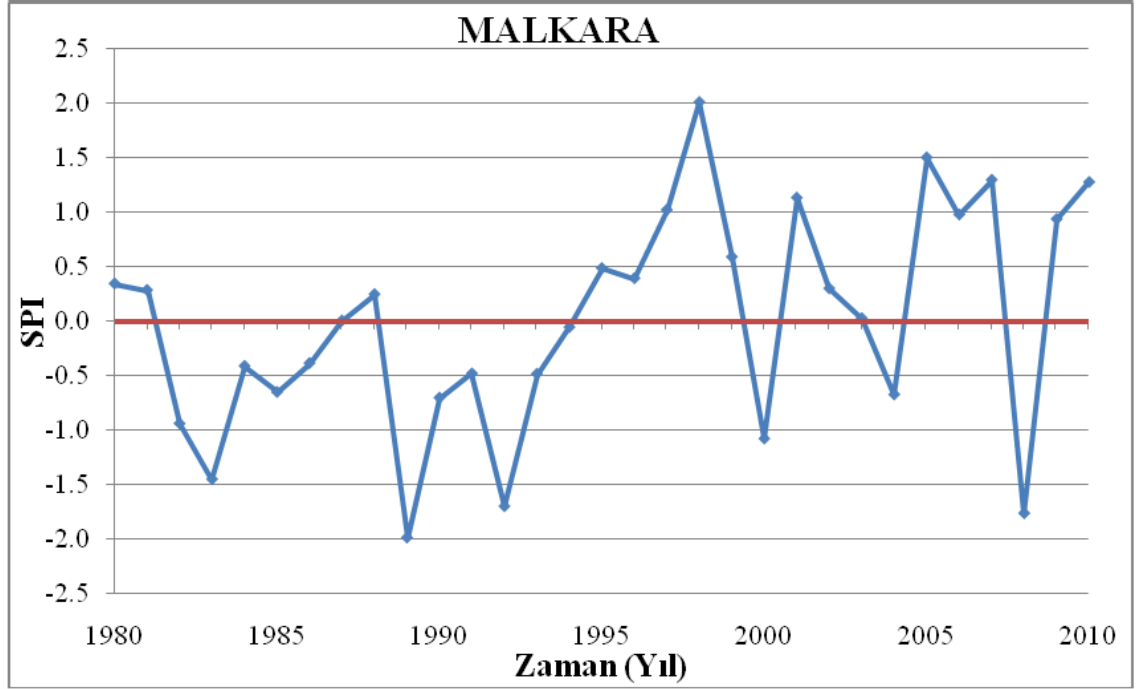
Şekil 4.53. MGM Lüleburgaz İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları



Şekil 4.54. MGM İpsala İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları

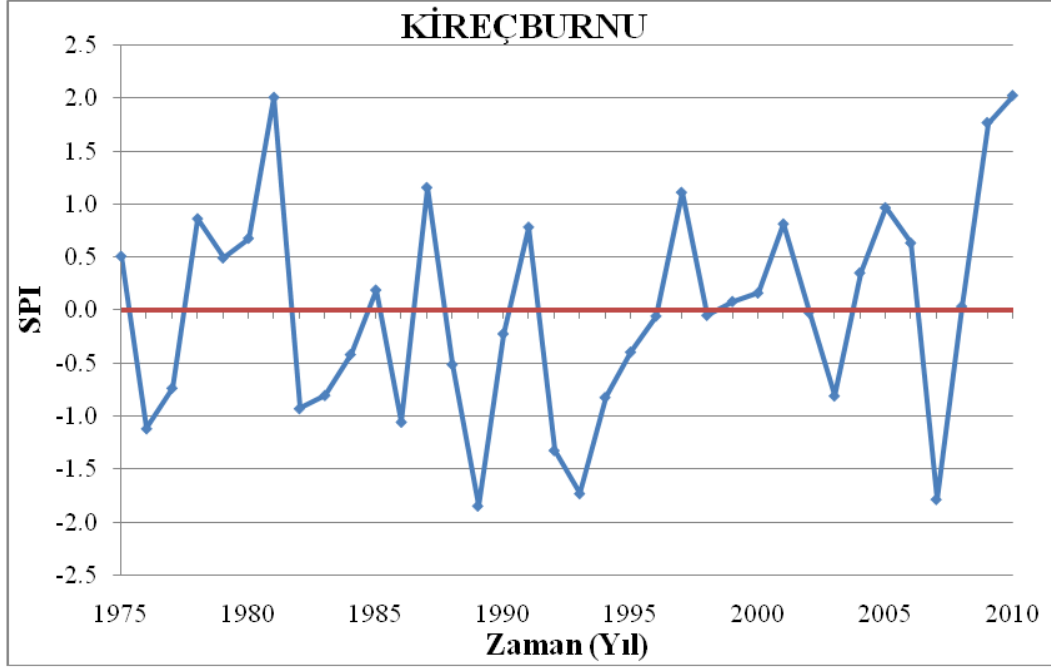
MGM Malkara İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI analizinde 1980-2010 yılı kayıtları kullanılmıştır. 1989, 1992 ve 2008 yıllarının SPI değeri şiddetli kurak olarak

sınıflandırılmıştır. Bu yıllarda gerçekleşen toplam yağış yaklaşık olarak 400 mm'dir. Çok nemli SPI sınıflandırmasının alt ve üst sınırları ise yaklaşık 820-920 mm'dir. Bu değerlere 1998 ve 2005 yıllarında ulaşılmıştır (Şekil 4.55).



Şekil 4.55. MGM Malkara İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları

MGM Kireçburnu İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI analizi Şekil 4.56'da verilmiştir. Kireçburnu, araştırma alanında ortalama yıllık yağış toplamı en yüksek olan istasyondur. Toplam yıllık yağışın 1,200 mm'ye ulaştığı 1981 ve 2010 yıllarında SPI değeri aşırı nemliye çıkmıştır ve bu yağış toplamı değeri aşırı nemli SPI sınıfının alt değeridir. 1989, 1993 ve 2007 yılları şiddetli kurak yıllar olarak tespit edilmiştir. Bu yılların yaklaşık ortalama yıllık yağış toplamı 580 mm civarındadır ve değer araştırma alanının iç kesimlerinde kalan istasyonların ortalama değerine yakındır. Kireçburnu İstasyonu yağışlı Karadeniz ikliminin Trakya üzerindeki etki alını gösteren istasyonlardan bir tanesidir.



Şekil 4.56. MGM Kireçburnu İstasyonu yıllık toplam yağışlarının SPI sonuçları

#### 4.4.3. 1. Klimatolojik kuraklık olasılıkları

Marmara Bölgesi Trakya Bölümündeki 9 adet MGM istasyonunun aylık yağış verileri ile SPI hesaplamaları yapılmıştır. Bu sayede istasyonların zaman serileri içerisindeki, değişik SPI kuraklık sınıflarındaki ayların sayıları belirlenmiştir. Bu sayılar ile SPI kuraklık sınıflarının olasılıkları hesaplanmıştır. Kuraklık olasılıkları, kuraklık hassasiyet modeli içerisinde kuraklığın tekrarlanma sıklığını gösterdiği için eklenmiştir.

SPI yönteminde, aylık indis değerlerinin -1 ve 1 sınır değerleri nemlilik ve kuraklık durumunun eşik seviyesidir. SPI indis değerinin “y” ile ifade edilmesi durumunda, SPI kuraklık sınıfı  $-1 < y < +1$  aralığında normal olarak tanımlanmaktadır. Aylık toplam yağış verilerindeki normalin üzerinde olması ( $y \geq 1$ ) ile nemli SPI sınıfları ve normalin altında olması ( $y \leq -1$ ) ile kurak SPI sınıfları tespit edilmektedir. Tüm MGM istasyonlarının aylık kuraklık sınıfları SPI yöntemi ile belirlenmiştir ve kuraklık sınıflarının klimatolojik kuraklık olasılıkları Ek Şekillerde verilmiştir. Çizelge 4.6’da aylık SPI kuraklık sınıflarının kurak, nemli ve normal olma olasılıkları görülmektedir.

Normal olma olasılıklarının %63-69 aralığında olduğu görülmektedir. Türkeş ve Tatlı (2008) SPI olasılık dağılımlarına göre, Karadeniz, Marmara Geçiş, Akdeniz Geçiş, Karasal İç Anadolu ve Karasal Doğu Anadolu yağış bölgelerinde normal olma olasılıklarının yaklaşık %70 olduğunu belirtmiştir. Tatlı ve Türkeş (2011) Türkiye genelinde bu oranının %60-70 arasında olduğunu bildirmiştir.

**Çizelge 4.6.** SPI kuraklık sınıflarının aylık klimatolojik kuraklık olasılıkları

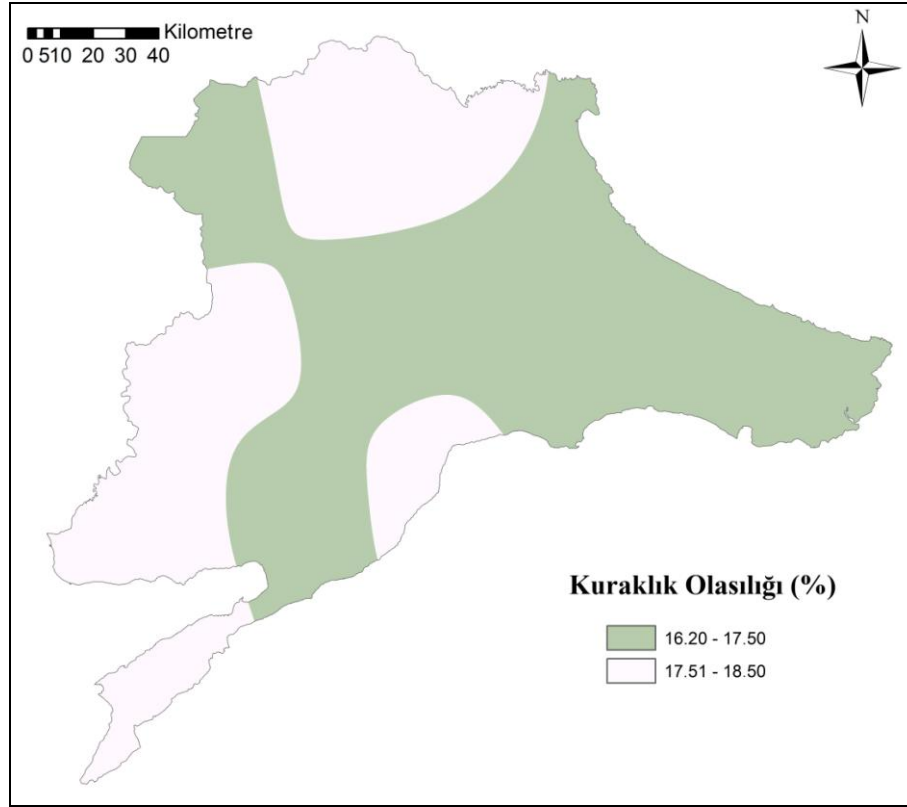
MGM İstasyonu	SPI kuraklık sınıfı olasılıkları (%)		
	Kurak ( $-y \leq -1$ )	Normal ( $-1 < y < 1$ )	Nemli ( $y \geq 1$ )
Çorlu	16.9	65.7	17.4
Edirne	16.9	67.6	15.5
İpsala	18.0	67.2	14.8
Sarıyer	16.4	68.3	15.3
Kırklareli	18.5	66.4	15.1
Lüleburgaz	16.2	67.6	16.2
Malkara	17.2	65.9	16.9
Tekirdağ	18.1	65.7	16.2
Uzunköprü	18.1	63.6	18.3

Aylık SPI sınıfının kurak olma olasılığı %16.2-18.5 arasında değişmektedir ve nemli olma olasılığı ise %14.8-18.3 arasındadır (Çizelge 4.6). Aşırı kurak olma olasılıkları ise %2.3-3.5 arasındadır (Ek Şekiller). Klimatolojik kuraklık olasılıkları bölgede tarımı yoğun yapılan ayçiçeği üretim sezonu için değerlendirildiğinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 4.7’de ayçiçeği üretim dönemi olan nisan-eylül ayları arasını kapsayan süre içerisindeki SPI sınıflarının olasılıkları verilmiştir.

**Çizelge 4.7.** SPI kuraklık sınıflarının nisan-eylül aylarını içeren aylık klimatolojik kuraklık olasılıkları

MGM İstasyonu	SPI kuraklık sınıfı olasılıkları (%)		
	Kurak ( $-1 \geq y$ )	Normal ( $-1 < y < 1$ )	Nemli ( $y \geq 1$ )
Çorlu	17.1	67.1	15.8
Edirne	16.2	68.1	15.7
İpsala	19.8	67.2	13.0
Sarıyer	16.2	67.1	16.7
Kırklareli	19.4	64.4	16.2
Lüleburgaz	16.7	65.7	17.6
Malkara	18.8	64.0	17.2
Tekirdağ	18.5	63.4	17.1
Uzunköprü	17.6	64.3	18.1

Bahar ve yaz mevsimi içeren dönem içerisinde dahi meteorolojik kuraklık olasılığı %20'nin üzerine çıkmamaktadır (Çizelge 4.7). Yağışın yıl içerisinde aylara dağılması, yıllar içerisinde yıllık yağış toplamlarının çok büyük değişiklik göstermemesi gibi sebepler kuraklık olasılığının yükselmesini engellemiştir. SPI yaklaşımı ile klimatolojik kuraklık olasılığının dağılımını gösteren harita Şekil 4.57'de verilmiştir.



Şekil 4.57. SPI sınıflarının klimatolojik kuraklık ( $-1 \geq y$ ) olasılığı haritası

#### 4.4.4. Su bütçesi

Kurak dönemlerin tanımlanması ve kuraklık şiddetinin belirlenmesinde SPI yöntemi kullanılmıştır. Düşen yağışın bitki su tüketimini ne kadar karşıladığının belirlenmesi için ise topraktaki nemin artmasına ve azalmasına sebep olan değişkenler ile hesaplanan su bütçesi yaklaşımı kullanılmıştır.

Yağış, toprak suyunun artmasını sağlarken bitki su tüketimi bu nem miktarının azalmasına sebep olmaktadır. Düşen yağışın toprak tarafından depolanabilmesi, toprağın sahip olduğu mevcut nem, tarla kapasitesi, toprağın su alma hızı, yağışın miktarı ve şiddeti gibi etkenlere bağlıdır. Toprakların tutabilecekleri su, tarla kapasitesi değeri ile sınırlıdır. Düşen yağış, toprağı tarla kapasitesine çıkartacak miktarın üzerine çıkması suyun derine

sızmasına neden olmaktadır. Yağış şiddetinin toprağın su alma hızından fazla olması durumunda ise su toprak yüzeyinde akışa geçmektedir.

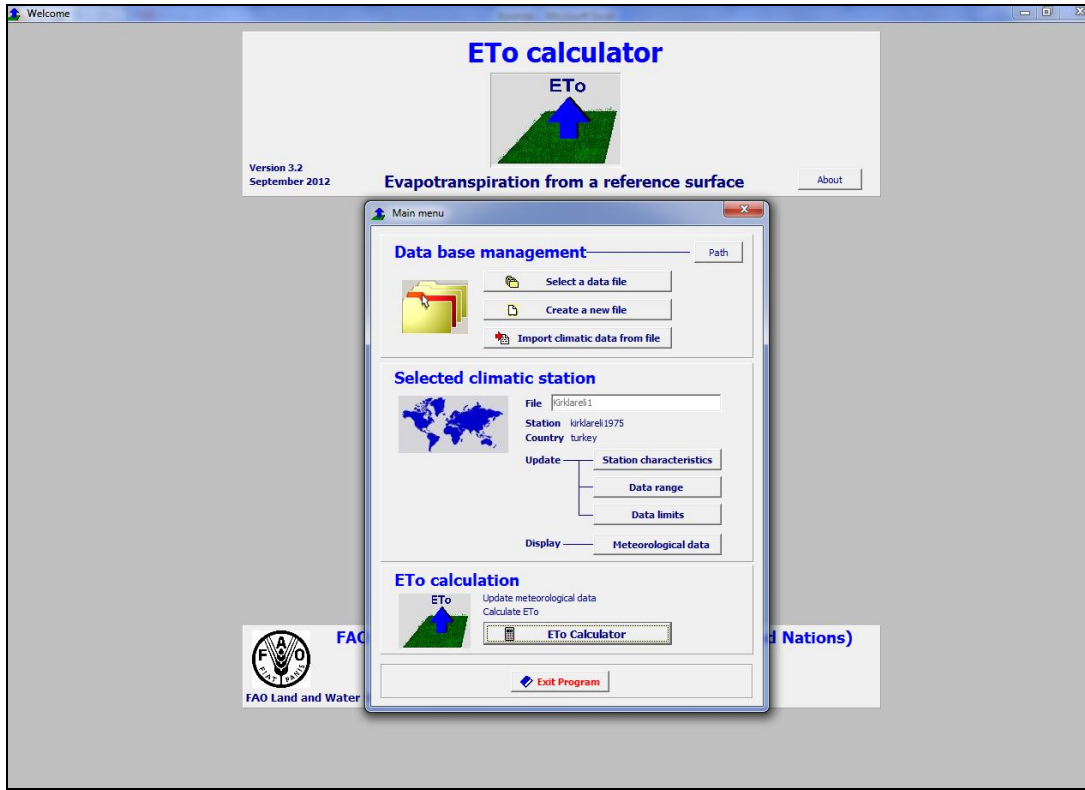
Su bütçesi yöntemi ile bitkilerin mevsimlik su tüketimleri hesaplanabilmektedir. Bitkinin mevsimlik olarak kullandığı bu su miktarı aktüel ET'nu göstermektedir. Sulamanın yapılmaması, derine sızma ya da yüzey akışın gerçekleşmemesi durumunda mevsimlik ET değeri düşen yağış ve bitkinin topraktaki mevcut nemden faydalandığı suyun toplamı kadar olmaktadır. Potansiyel ET (PET) ise toprağın sürekli nemli olduğu ilkesiyle, tüm bitki üretim sezonu boyunca gerçekleşebilecek bitki su tüketimini ifade etmektedir. Jensen ve ark. (1989) PET'yi "toprak yüzeyinin tamamının aynı boyda, kısa ve yeşil bitkiler ile örtüldüğü ve su stresinin oluşmadığı koşullarda gerçekleşen bitki su tüketimi" şeklinde tanımlamışlardır. PET için referans bitki olarak tüm toprak yüzeyini örten ve kısa boylu bitkiler olan çim ve yonca kullanılmaktadır.

PET atmosfer koşulları ve aktüel yüzey sıcaklığındaki doygun buhar basıncı tarafından kontrol edilmektedir ve nemli toprak-su yüzeyinden gerçekleşebilecek ET'nunu üst limitidir (Haque, 2003). Bu nedenle aktüel ET, PET'den daha küçüktür.

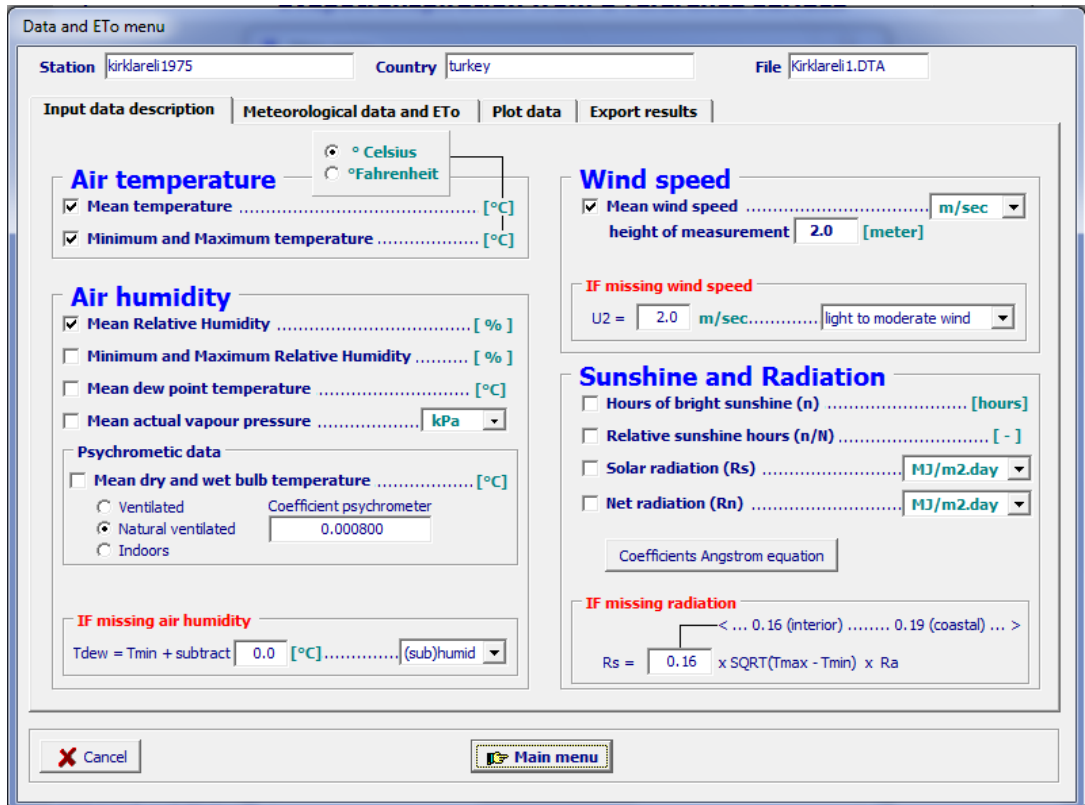
Araştırmada toprak nem değişiminin geçmiş yılların meteorolojik verileri ile aylık olarak tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Meteorolojik kuraklık yıl ölçeğinde SPI yöntemi ile analiz edilmiş ve 9 adet meteoroloji istasyonuna ait kurak yıllar ve olasılıklar belirlenmiştir. Kurak geçen yıllarda, sulamanın yapılmadığı buğday ve ayçiçeği bitkileri esas alınarak topraktaki nem azalımı incelenmiştir. Bu yıllardaki bitkilerin su tüketimlerinin belirlenmesinde, referans ET ( $ET_0$ ) FAO (2012)'nin geliştirmiş olduğu  $ET_0$  Calculator 3.2 programı ile hesaplanmış ve gerekli bitki katsayılarının bulunmasında Allen ve ark. (1998)'nin hazırladığı bitki su tüketimi rehberinden (FAO 56) faydalanılmıştır.  $ET_0$  Calculator 3.2 programı ile meteorolojik verilerin girildiği dosyalar oluşturulabilmekte ve mevcut veriler sayesinde  $ET_0$  hesaplanabilmektedir (Şekil 4.58).

$ET_0$  Calculator 3.2 programı hava sıcaklığı ( $^{\circ}C$ ), bağıl nem (%), rüzgar hızı (m/s), güneşlenme süresi (saat) ve güneş radyasyonu ( $MJ/m^2gün$ ) verilerini kullanmaktadır. Programda tüm bu verilerin birimlerinin girildiği bir ara yüz bulunmaktadır (Şekil 4.59). Bu kısımda sahip olunan meteorolojik veriler seçilmektedir. Şekil 4.60'da meteorolojik verilerin girişinin yapıldığı ekran görülmektedir

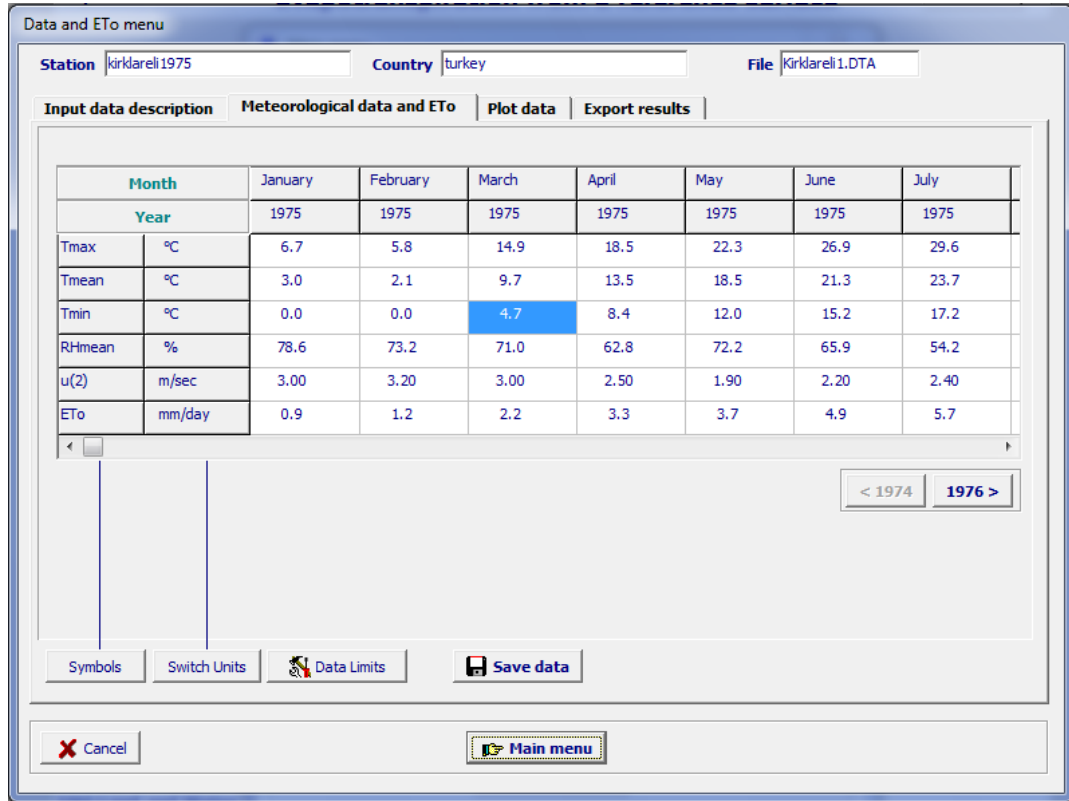




Şekil 4.58. ET<sub>0</sub> Calculator 3.2 programı



Şekil 4.59. ET<sub>0</sub> Calculator 3.2 programının ara yüzü



Şekil 4.60. ET<sub>0</sub> Calculator 3.2 programında veri girişi

MGM Kırklareli İstasyonu'nun verileri ile hesaplanan ET<sub>0</sub> değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Ortalama ET<sub>0</sub> değerleri yıl içerisindeki en yüksek seviyesine temmuz ayında ulaşmaktadır. En düşük değerler ise aralık ve ocak aylarında hesaplanmıştır.

Çizelgedeki değerler incelendiğinde ayçiçeği tarımının yapıldığı Mayıs-Eylül ayları arasındaki 130 günlük dönemde, ortalama değerler ile hesaplanan toplam ET<sub>0</sub> yaklaşık 550 mm'yi bulmaktadır. Bu değer Kırklareli'nin ortalama yıllık yağış toplamı ile eşittir. Kırklareli'nin yıllık yağış toplamı ayçiçeğinin potansiyel bitki su ihtiyacını karşılamaktadır. Ancak aktüel ET, PE'dan daha düşüktür. Bölge için uygun bitki katsayılarının FAO 56'dan başlangıç dönemi için 0.35, bitki gelişim dönemi için 0.75, orta dönem için 1.15 ve son dönem için 0.35 alınması durumunda mevsimlik aktüel su tüketimi 420 mm bulunur. Bahar ve yaz ayları toplamında düşen ortalama toplam yağış ise yaklaşık 240 mm'dir. Bu rakamlar, su stresine karşı dayanıklı olan ayçiçeğinin Kırklareli'nde susuz koşullarda üretilmesi durumunda verim değerinin düşeceğini göstermektedir. Bitkiyi su stresine sokmamak için yaklaşık 200 mm sulama suyunun gerektiği görülmektedir.

**Çizelge 4.8.** MGM Kırklareli İstasyonu verileri ile hesaplanan ET<sub>0</sub> değerleri

Yıllar	Aylar ve ET <sub>0</sub> Değerleri (mm/gün)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1975	0.8	1.1	2.1	3.1	3.6	4.7	5.4	4.5	3.9	1.8	1.0	0.7
1976	0.8	1.1	1.7	3.1	4.1	4.7	5.1	3.9	3.1	1.8	1.0	0.7
1977	0.6	1.2	1.9	3.0	4.0	4.7	5.1	4.8	3.4	2.0	1.2	0.8
1978	0.7	1.0	1.7	2.5	3.5	4.8	4.8	4.3	2.8	1.9	1.1	0.6
1979	0.7	1.1	1.9	2.6	3.8	5.5	4.7	4.4	3.7	1.9	1.1	0.7
1980	0.7	1.0	1.6	3.3	3.5	4.5	5.4	4.4	3.2	2.4	1.0	0.7
1981	0.7	1.0	1.8	3.0	3.5	5.1	4.8	4.2	3.3	2.0	0.9	0.7
1982	0.7	1.0	1.7	2.5	4.1	4.9	4.8	4.5	3.5	1.8	1.1	0.7
1983	0.7	1.2	2.1	3.2	4.1	4.4	4.6	4.1	3.3	1.9	1.0	0.7
1984	0.7	0.9	1.3	2.5	4.0	4.7	5.0	4.0	3.6	2.2	1.0	0.7
1985	0.7	0.9	1.4	2.9	4.1	4.5	4.7	4.5	3.2	1.7	0.9	0.5
1986	0.7	0.9	1.5	3.2	3.9	4.5	4.7	4.7	3.3	1.6	0.8	0.6
1987	0.6	1.0	1.4	2.5	3.5	4.5	5.0	3.9	3.2	1.5	0.8	0.5
1988	0.6	0.9	1.5	2.5	3.6	4.4	5.0	4.4	3.0	1.5	0.6	0.5
1989	0.5	1.1	1.8	3.3	3.6	4.0	4.5	4.1	2.7	1.7	0.8	0.5
1990	0.5	1.0	2.1	2.7	3.7	4.5	4.9	4.1	2.8	1.6	0.9	0.5
1991	0.5	0.8	1.4	2.2	3.1	4.6	4.7	3.9	2.9	1.5	0.7	0.4
1992	0.5	0.9	1.5	2.6	3.5	4.2	4.3	4.3	2.9	1.7	0.7	0.4
1993	0.5	0.8	1.5	2.6	3.2	4.4	4.9	4.2	3.0	1.7	0.7	0.5
1994	0.5	1.0	1.8	2.9	4.0	4.8	4.9	4.5	3.4	1.6	0.7	0.5
1995	0.6	1.0	1.6	2.6	3.9	4.8	4.6	4.1	2.8	1.5	0.7	0.6
1996	0.6	0.8	1.2	2.5	4.0	5.0	5.1	4.0	2.5	1.4	0.8	0.5
1997	0.5	1.0	1.5	2.2	4.1	4.4	4.5	3.6	2.6	1.5	0.6	0.5
1998	0.5	1.0	1.4	2.7	3.2	4.3	4.8	4.2	2.5	1.4	0.8	0.4
1999	0.4	0.9	1.6	2.7	3.7	4.5	4.5	4.1	2.6	1.4	0.7	0.6
2000	0.5	0.9	1.5	2.8	3.8	4.6	5.3	4.1	3.0	1.5	0.8	0.5
2001	0.7	1.0	2.0	2.6	3.9	4.8	4.9	4.3	3.0	1.6	0.9	0.5
2002	0.5	1.1	1.7	2.4	3.9	4.5	4.6	3.5	2.4	1.5	0.7	0.7
2003	0.6	0.9	1.5	2.5	4.1	4.7	4.8	4.3	2.7	1.5	0.7	0.5
2004	0.5	0.9	1.5	2.6	3.5	4.1	4.4	3.7	2.8	1.6	0.9	0.5
2005	0.6	0.9	1.7	2.7	3.7	4.1	4.4	3.9	2.6	1.5	0.7	0.5
2006	0.6	0.9	1.6	2.7	3.7	4.3	4.3	4.1	2.6	1.5	0.7	0.4
2007	0.8	0.9	1.8	3.0	4.1	5.0	5.6	4.5	2.9	1.4	0.8	0.4
2008	0.4	0.9	1.7	2.4	3.7	4.5	4.8	4.4	2.7	1.4	0.7	0.6
2009	0.5	0.7	1.4	2.6	4.0	4.9	4.8	4.1	2.6	1.4	0.7	0.4
2010	0.4	0.8	1.4	2.4	4.0	4.0	4.5	4.0	2.7	1.2	1.1	0.5
Ort	0.6	1.0	1.6	2.7	3.8	4.6	4.8	4.2	3.0	1.6	0.8	0.6

Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinin dekara ayçiçeği verimi 234 kg'dır ve bu değer Türkiye ortalama veriminin 30 kg/da altındadır. Buna karşın Türkiye ayçiçeği üretiminin %39'unu bu üç il sağlamaktadır (Anonim, 2014f). Yakan ve Kamburoğlu (1989) araştırmalarında Kırklareli'nde susuz koşullarda yetiştirdikleri ayçiçeğinden 167 kg/da verim alırken, yaklaşık 200 mm sulama suyu uyguladıklarında verim değeri 296 kg/da'a ve yaklaşık 600 mm sulama suyu verdiklerinde ise ayçiçeği verimi 410 kg/da'a yükselmiştir.

Buğday bitkisi, referans evapotranspirasyon hesaplamaları için tarif edilen bitkiye uymaktadır ve bu nedenle bitki katsayısı 1 olarak alınarak aktüel evapotranspirasyon hesaplanmıştır. Bu şekilde mevsimlik potansiyel evapotranspirasyon ve aktüel evapotranspirasyon eşit olmuş ve 470 mm hesaplanmıştır. Ortalama yıllık toplam yağış miktarının buğday tarımı için yeterli olduğu görülmektedir.

Su bütçesinin, drenaj ve yüzey akışın ihmal edilerek aylık yağış ortalamaları ve buğday bitkisi için hesaplanan aylık aktüel evapotranspirasyon miktarları ile hesaplaması durumunda aylık toprak nemi değişimi Çizelge 4.9'da görülmektedir. Başlangıç toprak nemi değeri bilinmemektedir. Bu değer için, yaz mevsimi sonunda toprağın yaklaşık solma noktası değerinde olacağı düşünülerek 286 mm kullanılmıştır

**Çizelge 4.9.** MGM Kırklareli İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar											
	T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
Yağış, mm	29	24	32	48	71	65	52	43	46	42	49	51
ET, mm					24	19	19	28	50	81	114	138
Toprak Nemi, mm			286	334	381	427	460	475	471	433	368	281

Kırklareli'nden alınan toprak örneklerinin ortalama hacim ağırlığı değeri 1.43 gr/cm<sup>3</sup> ve ortalama tarla kapasitesi değeri ise %30'dur. Toprak derinliği ise tarım alanlarında 120 cm'den daha derindir. 120 cm toprak derinliği için toprakta tutulabilecek nem miktarı 515 mm'dir. Bu değer Çizelge 4.9'da bulunan toprak nem değerlerinden daha yüksektir, bu sayede toprakta derine sızma olması beklenmemektedir. Ancak solma noktası değeri %17 olarak saptanmıştır ve toprak nem içeriği miktarı 120 cm toprak derinliğinde 286 mm'ye

denk gelmektedir. Buğday üretim döneminin sonu olan haziran ayı sonunda, toprak nem değeri solma noktasının altına düşmektedir. Buğdayın hemen sonrasında tarım yapılması durumunda sulama gereksinimi görülmektedir.

Araştırma alanında ayçiçeği – buğday münavebesi sıklıkla yapılmaktadır. Aynı toprak değerleri ve yağış miktarları kullanılarak, ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi Çizelge 4.10’da verilmiştir. Toprak nem değerinin başlangıç değeri bilinmemektedir. Ancak buğday tarımı sonrasında haziranda solma noktasına düşen toprak nem değerinin kış mevsimi yağışlarıyla tarla kapasitesine çıkacağı öngörülmektedir. Toprak nemi mayıs ayı yağışlarıyla birlikte tarla kapasitesine çıktığı ve mayıs ayı bitki su tüketiminin bu nemi düşürdüğü düşünülerek toprağın başlangıç nemi hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.10.** MGM Kırklareli İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar					
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Yağış, mm	42	49	51	29	24	32
ET, mm		21	75	142	145	28
Toprak Nemi, mm	515	494	470	357	236	240

MGM Kırklareli İstasyon verileri ile hesaplanan su bütçesi senaryolarında, buğday tarımında olduğu gibi ayçiçeğinde de bitki üretim döneminin sonunda toprak nemi değeri solma noktasının altına düşmektedir. Sulama ile birlikte her iki ürünün de verimlerinin artacağı açıkça görülmektedir

Kırklareli’nin ilçesi Lüleburgaz için hesaplanan 1975-2010 yıllarını kapsayan dönemin aylık PET değerlerini gösteren çizelge Ek Çizelge 1’de verilmiştir. Kırklareli ili için yapılan su bütçesi hesaplamalarına benzer şekilde, MGM Lüleburgaz İstasyonu verileri ile buğday ve ayçiçeği için toprak nem değişimi hesaplanmıştır. PET ortalaması, FAO 56’dan faydalanılarak tanımlanan bitki katsayısı değerleri (kc) ile çarpılarak aylık ortalama bitki su tüketimleri hesaplanmıştır. Bu şekilde buğdayın mevsimlik su tüketimi 611 mm ve ayçiçeğinin mevsimlik bitki su tüketimi 463 mm hesaplanmıştır.

Başlangıç toprak nemi değeri Kırklareli’nde yapılan hesaplamalar ile benzer yaklaşımla tahmin edilmiştir. Toprakların tarla kapasitesi ve solma noktası nem içeriği

hesaplanırken Kırklareli'nden alından toprak örneklerinin ortalama hacim ağırlık, tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri kullanılmıştır. Bu veriler ile su bütçesi yaklaşımı kullanılarak, buğday için hesaplanan toprak nem değişimi değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

**Çizelge 4.11.** MGM Lüleburgaz İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar											
	T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
Yağış, mm	34	16	34	60	75	77	60	48	54	45	43	41
ET, mm					52	39	39	47	72	106	122	142
Toprak Nemi, mm			286	346	370	408	429	430	412	351	272	171

Lüleburgaz'ın sıcaklık ortalamaları Kırklareli'nden daha yüksektir. Bu nedenle PET ve AET değerleri yüksek bulunmuştur. Buğday tarımının ardından toprak nem içeriğinin solma noktası (286 mm) değerinin oldukça altına düştüğü görülmektedir. Ayçiçeği için hesaplanan toprak nem içeriği değişimi ise Çizelge 4.12'de görülmektedir.

**Çizelge 4.12.** MGM Lüleburgaz İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar					
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Yağış, mm	45	43	41	34	16	34
ET, mm		21	88	150	169	35
Toprak Nemi, mm	515	494	447	331	178	178

MGM Lüleburgaz İstasyonunun aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri yardımıyla hesaplanan buğday ve ayçiçeği tarımlarında meydana gelebilecek toprak nem değişimi değerleri her iki bitkisel üretimde de toprak nem düzeylerinin hasat zamanında solma noktasının oldukça altına düştüğünü göstermiştir.

Edirne il genelinden toplamda 76 noktadan alınan toprak örneğinin ortalama hacim ağırlık değeri 1.40 gr/cm<sup>3</sup>, tarla kapasitesi %30 ve solma noktası %18'dir. Toprak derinliği Edirne kuzey kesimleri hariç genellikle derin topraklardır. Toprak derinliğinin 120 cm olması durumunda tarla kapasitesi bu derinlik için 507 mm ve solma noktası 308 mm'dir.

MGM Edirne İstasyonunun verileri ile su bütçesi yaklaşımı hesaplanan toprak nem değişimi buğday ve ayçiçeği için sırasıyla Çizelge 4.13 ve 4.14'te görülmektedir. Başlangıç toprak nem değerleri Kırklareli için yapılan hesaplamalarda olduğu gibidir ve tüm istasyonlar için benzer düşünce kullanılmıştır.

**Çizelge 4.13.** MGM Edirne İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar											
	T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
Yağış, mm	34	28	38	53	72	68	54	49	50	45	55	39
ET, mm					26	17	19	30	57	91	126	153
Toprak Nemi, mm			308	361	407	457	493	511	505	459	388	274

MGM Edirne İstasyonu'nun aylık ortalama değerleri ile su bütçesi yaklaşımı ile hesaplanan toprak nem içeriği değerleri, buğday ve ayçiçeği tarımının üretim sezonu sonunda toprak nem değerinin solma noktasının altına düştüğünü göstermektedir. Buğday üretiminin son ayında solma noktasının altına düşen toprak nemi, ayçiçeği üretiminin ortasında solma noktasına düşmektedir.

**Çizelge 4.14.** MGM Edirne İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar					
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Yağış, mm	45	55	39	34	28	38
ET, mm		22	95	160	166	29
Toprak Nemi, mm	507	485	429	303	165	174

Edirne'nin İpsala ve Uzunköprü ilçelerindeki MGM İstasyonu verileri ve Edirne il genelinin toprak verileri yardımıyla su bütçesi hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan potansiyel ET değerleri İpsala için Ek Çizelge 3 ve Uzunköprü için Ek Çizelge 4'te verilmiştir.

İpsala'daki susuz koşullarda tarımı yapılan buğday ve ayçiçeğinin su bütçesi yaklaşımı ile saptanan toprak nem değişimleri sırasıyla Çizelge 4.15 ve 4.16'da verilmiştir. İpsala'nın mevsimlik bitki su tüketimi buğday için 585 mm ve ayçiçeği için 537 mm olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.15.** MGM İpsala İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar											
	T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
Yağış, mm	21	13	33	67	94	95	63	63	70	45	35	33
ET, mm					34	24	24	36	61	96	138	172
Toprak Nemi, mm			308	375	436	507	546	574	583	531	429	290

**Çizelge 4.16.** MGM İpsala İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar					
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Yağış, mm	45	35	33	21	13	33
ET, mm		24	106	182	191	34
Toprak Nemi, mm	507	483	410	249	72	71

İpsala'da buğday tarımının sonunda toprak neminin solma noktasına düştüğü ancak ayçiçeği üretiminde ise temmuz ve ağustos aylarında sulamanın zorunlu olduğu görülmektedir. İpsala'da su kaynaklarının bol ve sulama sistemlerinin kurulu olması sayesinde çeltik ve sulu tarım yapılabilmektedir. Susuz tarım yapılması durumunda ayçiçeği yerine buğday tarımının yapılmasının uygun olacağı görülmektedir.



Uzunköprü'nün su bütçesi yaklaşımı ile hesaplanan mevsimlik buğday ve ayçiçeği su tüketimi değerleri sırasıyla 544 ve 504 mm olarak hesaplanmıştır. Yine sırasıyla bu bitkilerin tarımının yapılması durumunda topraktaki nem değişimleri Çizelge 4.17 ve 4.18'de verilmiştir.

**Çizelge 4.17.** MGM Uzunköprü İstasyonu için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar											
	T	A	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H
Yağış, mm	26	22	33	66	92	89	67	59	69	45	39	42
ET, mm					32	21	23	33	57	90	128	161
Toprak Nemi, mm			308	374	434	502	546	572	585	540	450	332

**Çizelge 4.18.** MGM Uzunköprü İstasyonu için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri

	Aylar					
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Yağış, mm	45	39	42	26	22	33
ET, mm		22	99	172	179	32
Toprak Nemi, mm	507	485	428	283	125	127

Uzunköprü'nün bitkisel üretimle birlikte gerçekleştirilecek olası toprak nem değişimleri İpsala'ya benzer şekilde saptanmıştır. Ayçiçeği tarımının yapılması durumunda sulamaya ihtiyaç duyulacağı görülmektedir. Bu bölgede de sulama olanakları bulunmaktadır, ancak sulama yapılamayacak ise bitki çeşidi olarak buğdayın seçilmesinin kuraklık riskine karşı daha uygun olacağı görülmektedir.

Tekirdağ il sınırları içerisindeki 3 MGM istasyonunun (Tekirdağ, Malkara ve Çorlu) ortalama aylık verileri kullanılarak su bütçesi yaklaşımı ile buğday ve ayçiçeğinin su tüketimleri ve toprak neminin değişimi hesaplanmıştır. Tekirdağ il genelinden alınan 83 adet toprak örneğinin ortalama hacim ağırlık, tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri yardımıyla toprak nem sabiteleri derinlik cinsinden hesaplanmıştır. Hacim ağırlık 1.49

gr/cm<sup>3</sup>, tarla kapasitesi %32 ve solma noktası %19 hesaplanmış ve 120 cm toprak derinliği için tarla kapasitesi 569 mm ve solma noktası 348 mm bulunmuştur.

Bu değerler üç istasyon için aynı olarak kullanılmıştır. Bitki katsayıları, ekim ve hasat tarihleri bölge genelinde aynı kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Tekirdağ'ın aylık PET hesaplamalarının sonuçları Ek Çizelge 5'te, Malkara'nın Ek Çizelge 6'da ve Çorlu'nun Ek Çizelge 7'de verilmiştir. MGM Tekirdağ, Çorlu ve Malkara İstasyonları'nın verileri hesaplanan buğday ve ayçiçeği bitki su tüketimi değerleri sırasıyla Çizelge 4.19 ve 4.20'de verilmiştir.

**Çizelge 4.19.** MGM Tekirdağ, Çorlu ve Malkara İstasyonları için hesaplanan buğday tarımında toprak nem değişimi değerleri

İstasyon	Aylar										
	E	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	
Tekirdağ	Yağış, mm	39	63	76	79	63	53	54	43	38	36
	ET, mm			30	23	23	30	50	76	105	134
	Toprak Nemi, mm	348	411	457	513	553	575	580	546	479	382
Çorlu	Yağış, mm	34	57	73	76	58	51	50	45	46	37
	ET, mm			29	21	21	29	50	80	112	140
	Toprak Nemi, mm	348	405	449	504	541	563	563	527	461	359
Malkara	Yağış, mm	42	62	102	109	76	66	74	48	43	42
	ET, mm			35	25	26	33	56	87	120	148
	Toprak Nemi, mm	348	410	477	560	610	643	661	622	545	438

Tekirdağ, Çorlu ve Malkara arasında en yüksek yağışa Malkara sahiptir ve buğday üretim sezonu sonunda en yüksek toprak nem içeriği değeri burada hesaplanmıştır. Her üç istasyonda da toprak nem düzeyi solma noktasının altına düşmemiştir, bu üç istasyon verileri Tekirdağ ilinin susuz koşullarda yapılacak buğday tarımı için uygun iklim şartlarına sahip olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 4.20.** MGM Tekirdağ, Çorlu ve Malkara İstasyonları için hesaplanan ayçiçeği tarımında toprak nem değişimi değerleri

		Aylar					
		Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Tekirdağ	Yağış, mm	43	38	36	28	18	39
	ET, mm		18	83	144	150	27
	Toprak Nemi, mm	569	551	504	389	257	269
Çorlu	Yağış, mm	45	46	37	32	21	34
	ET, mm		20	87	152	153	28
	Toprak Nemi, mm	569	549	499	379	247	253
Malkara	Yağış, mm	48	43	42	27	12	42
	ET, mm		21	91	157	171	30
	Toprak Nemi, mm	569	548	499	368	209	221

Ayçiçeği tarımında Tekirdağ istasyonlarının solma noktasına ağustos ayında düştüğü görülmektedir. Su kısıtına dayanıklı ayçiçeği çeşitlerinin rahatlıkla susuz şekilde yetiştirilebileceği, ancak verim değerlerinde düşüş gerçekleşebileceği görülmektedir. Tekirdağ'da yapılan ayçiçeği üretiminde sulama yapılmasının verimi önemli ölçüde arttıracığı ortaya konulmaktadır.

Meriç-Ergene havzası içerisindeki MGM İstasyonlarının ortalama aylık verileri hesaplanan ayçiçeği üretimindeki toprak nem düzeyinin en büyük ölçüde İpsala'da düştüğü tespit edilmiştir. Tekirdağ'da ise toprak nem içeriği ayçiçeği üretimi sonunda en yüksek seviyede bulunmuştur. Bu nem düzeylerine yağış ve sıcaklığın ortalama düzeylerde gerçekleşmesi durumunda ulaşılmaktadır. PET, sıcaklığın artması ve nemin düşmesi ile yükselmektedir. Ayrıca düşen yağış seviyesi de yıllar içerisinde farklılık göstermektedir. Buğday ve ayçiçeği için yapılan bu hesaplamalar havza içerisindeki genel durum hakkında bir fikir vermesi amacıyla yapılmıştır.

Meriç-Ergene Havzası içerisindeki 8 adet MGM İstasyonu'nun ortalama değerleri ile su bütçesi hesaplamaları yapılmış ve yukarıdaki tablolarda verilmiştir. Hesaplanan en yüksek ve en düşük potansiyel ET değerleri, düşen yağış ile Çizelge 4.21'de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 4.21.** MGM İstasyonları'nın hesaplanan yıllık PET ve yıllık yağış toplamı değerleri

İstasyon	Yıllık yağış toplamı, mm			Yıllık PET, mm		
	En düşük	Ortalama	En yüksek	En düşük	Ortalama	En yüksek
Tekirdağ	337	583	896	846	911	1,002
Malkara	380	691	1,100	858	1020	1,179
Çorlu	412	575	807	846	935	1,118
Edirne	387	584	933	928	995	1,194
İpsala	383	630	992	1,002	1,134	1,307
Uzunköprü	344	646	985	945	893	998
Kırklareli	327	550	821	815	893	998
Lüleburgaz	398	578	871	1,010	1,126	1,343

Yıllık PET ortalama değerlerine göre en yüksek potansiyel bitki su tüketimi ihtiyacı İpsala'da, ikinci sırada ise Lüleburgaz'dadır. Lüleburgaz'da ortalama yıllık yağış toplamı, ortalama PET'yi ancak %51 oranında karşılamaktadır. Bu oran yağışın PET'yi en düşük karşılama oranıdır. En yüksek orana ise %72 ile Uzunköprü sahiptir. Malkara en yüksek yağış miktarına sahip olmasına karşın PET'yi ancak %68 oranında karşılamaktadır.

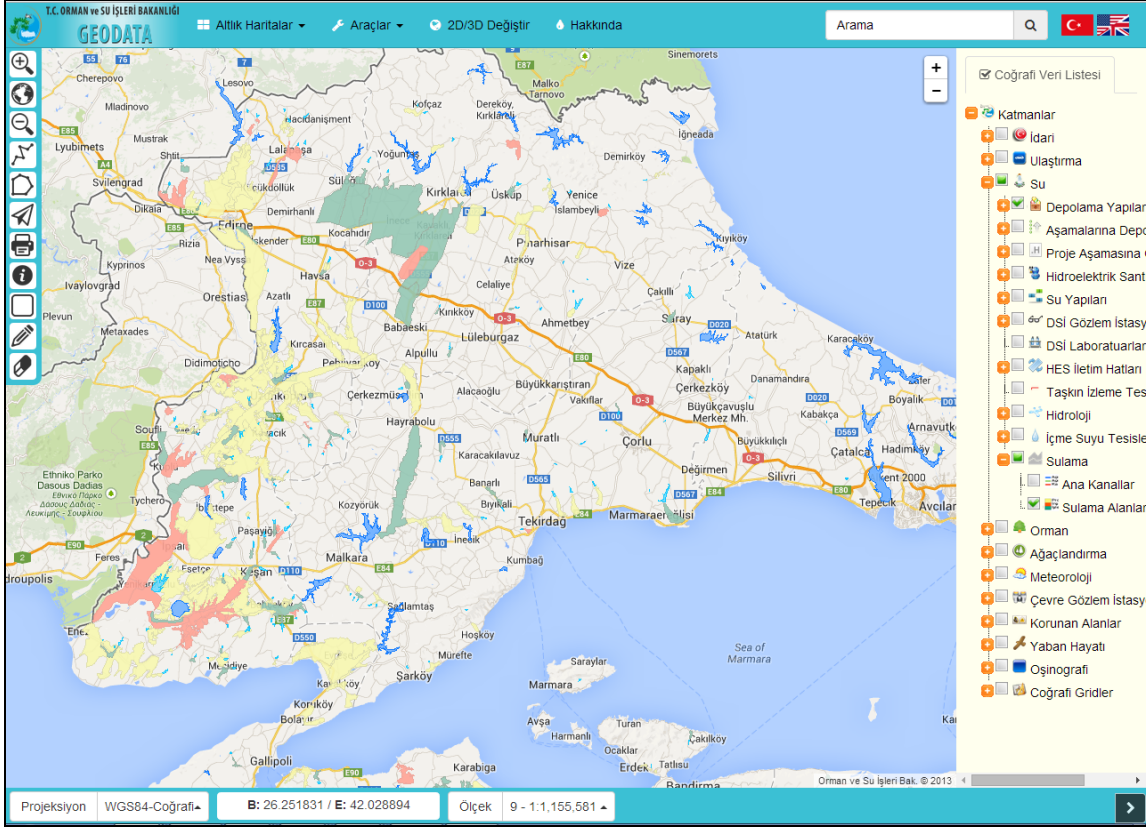
Verileri incelenen 8 istasyon içerisinde PET en yüksek Lüleburgaz'da ve en düşük Kırklareli'nde hesaplanmıştır. Birbirleri arasında sadece 45 km mesafe bulunmasına karşın Kırklareli'nin düşük değerlere sahip olması, karasal iklimden biraz uzaklaşıp Karadeniz'in daha ılıman ikliminin etkilerinin bu bölgede daha yoğun hissedilmesiyle açıklanabilir.

#### **4.5. Sulama Sistemleri**

Kurak geçen dönemlerde, düşen yağış miktarı bitkisel üretim için gerekli olan su miktarını karşılayamamakta ve verimi olumsuz etkilemektedir. Bitkiler ve verim miktarı kuraklığın şiddetine ve bitki türüne bağlı olarak değişik oranlarda etkilenmektedir. Kurak geçen dönemlerde, doğal koşullarla karşılanmayan su ihtiyacının bitkilere sulama ile verilmesi gerekmektedir. Ancak su depolama ve sulama sistemleri her yerde bulunmamaktadır. Ülkemize 28.05 milyon ha tarım arazisinin sadece 5.50 milyon ha'ı sulanmaktadır (Anonim, 2014g).

Kuraklık geçişlerinde sulanabilir tarım alanlarının kuraklığa karşı hassasiyeti daha düşük olmaktadır. Bu nedenle kuraklık hassasiyet analizine sulanan alanların eklenmesi gerekmektedir. T.C. Orman ve Su İşleği Bakanlığının internet sitesi altında bulunan GEODATA bağlantısında birçok bilgi haritalar üzerinde gösterilmektedir. Araştırma

alanındaki su depolama yapıları ve sulama sistemlerine ait bilgilere ve koordinatlara bu sistemden ulaşılmıştır. Şekil 4.61’de internet sayfasından bir alıntılama görülmektedir. Bu harita üzerinde işletmedeki sulama sistemleri yeşil, yapım aşamasındakiler sarı ve planlama aşamasındakiler ise kırmızı renk ile gösterilmektedir.



Şekil 4.58. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığının GEODATA portalı

Araştırma alanında, işletmedeki en geniş sulama sistemi Kırklareli’nde bulunmaktadır ve üç farklı sulama sisteminden oluşmaktadır. Kırklareli ile Babaeski arasında uzanan Kırklareli Sulaması kooperatif tarafından işletilmekte ve 8,500 ha net alana hizmet etmektedir. Kayalıköy Barajı Sulaması 13,500 ha ve Süloğlu Barajı Sulaması 3,500 ha alana hizmet vermektedir. Üç barajdan beslenen ve kooperatifler tarafından işletilmesi yapılan bu sistemler açık kanaletler ile su iletimini sağlamaktadır. Su iletim randımanları düşük olan bu sistemler, 15-30 yıllık işletme süresine sahiptir. Su rezervlerinin havzadan yüksekte bulunması, sadece su yükünün oluşturacağı basınç sayesinde herhangi bir enerji gideri sarf etmeden havza içerisinde basınçlı sulama sistemlerinin çalışmasını sağlayabilecek enerjiyi oluşturabilecektir.

Henüz sulamanın yaygınlaşmadığı bu alanda, su iletim ve uygulama randımanı yüksek sulama sistemlerinin ve yöntemlerinin kullanılması suyun tasarruflu kullanımı ve aynı anda daha geniş alanların sulanması için ilk yatırım masrafı yüksek, ancak ülke tarımı ve ekonomisi açısından kendini kolayca karşılayacak yatırımlar olacaktır.

Araştırma alanındaki diğer büyük sulamalar 7,720 ha net sulama alanına sahip Hayrabolu Sulaması, 6,550 ha net sulama alanına sahip Meriç ilçesi yanındaki Altınyazı-Karasaz Sulaması ve Keşan ilçesindeki 3,750 ha net sulama alanına sahip Kadıköy Barajı Sulaması'dır. Ayrıca, irili ufaklı 50'nin üzerindeki gölet küçük alanların sulanmasında kullanılmaktadır.

DSİ Genel Müdürlüğü 11. Bölge Müdürlüğü (Edirne)'nün inşaat halindeki ve planlaması tamamlanmış projeleri sayesinde daha geniş alanların sulanması sağlanacaktır. Tarımsal kuraklıkla savaşımın kazanılması için en önemli silah suya sahip olmaktır. Marmara Bölgesi Trakya bölümü topraklarının çok az bir kısmı bu avantaja sahiptir, ancak kuraklık tehlikesinin kendini hissettirmesi devletin yeni yatırımlara maddi olanaklar ayırmasını sağlamıştır.

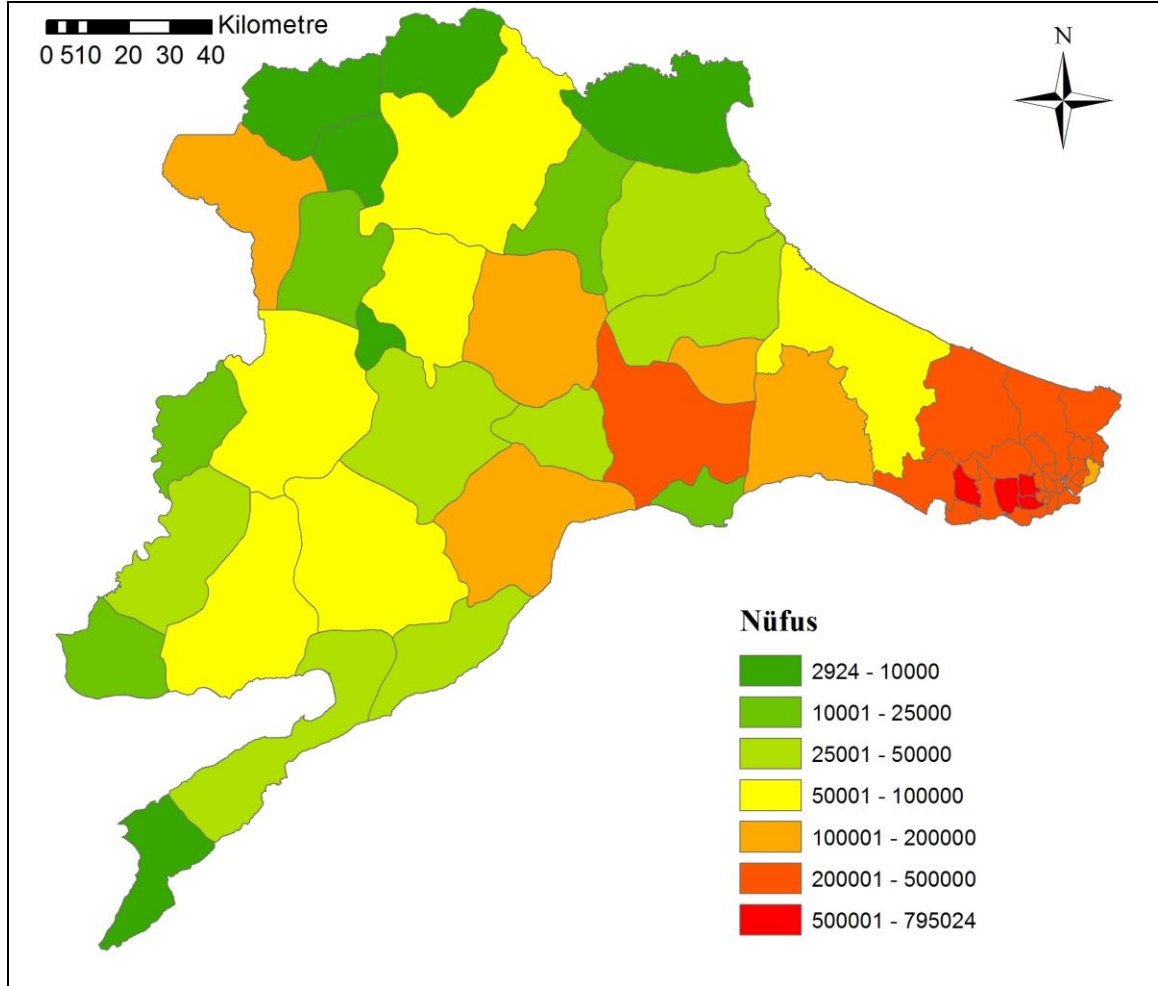
Trakya'nın su kaynakları sadece tarımsal kuraklık için değil kuraklığın sosyal boyutu için de çok büyük önem taşımaktadır. Küçük ve az nüfuslu ilçelere sahip Kırklareli, Edirne ve Tekirdağ'ın kuraklığın sosyal boyutundan büyük ölçüde etkilenmeyeceği açıktır. Buna karşın Türkiye'nin büyük şehri İstanbul'un su talebinin karşılanması için kendi kaynakları yetersiz kaldığında, Trakya'nın tüm su kaynakları İstanbul'un hizmetine sunulacaktır. Kuraklık ile savaşımında en önemli adımın ön hazırlık olduğu bilinmektedir. Bu durum araştırma alanındaki su kaynakları üzerindeki baskıyı ve su yönetiminin çok iyi bir şekilde planlanması gerektiğini göstermektedir.

#### **4.6. Sosyo-Ekonomik Göstergeler**

Kuraklığın, su kaynakları üzerindeki etkilerinden tüm su kullanıcıları etkilenmektedir. İnsanlar su kullanımı konusunda, tüm kullanıcılar içerisinde yönetici görevindedir. Tarımsal üretim ve insanlarla birlikte su kaynakları üzerindeki baskılardan bir tanesi de hayvancılık faaliyetleri oluşturmaktadır. Hassasiyet analizlerinde amaç ile ilgili tüm değerlendirme ölçütlerinin hesaba katılması gerekmektedir. Bu amaçla kuraklık hassasiyet analizine su kaynakları üzerine etkileri olan insan ve hayvancılık faaliyetlerinin de katılması hassasiyet analizine önemli bilgiler eklemektedir.

#### 4.6.1. Nüfus sayısı

Nüfus yoğunluğu, kuraklıktan etkilenen insan sayısı ve kentsel su kullanım miktarını arttırması nedeni ile önemli bir hassasiyet belirleme elemanıdır. Kuraklık hassasiyet analizinde kullanılan nüfus bilgileri ilçe ölçeğinde değerlendirmeye katılmıştır. Araştırma alanındaki ilçelerin nüfus sayıları ile ilgili harita Şekil 4.62’de verilmiştir.

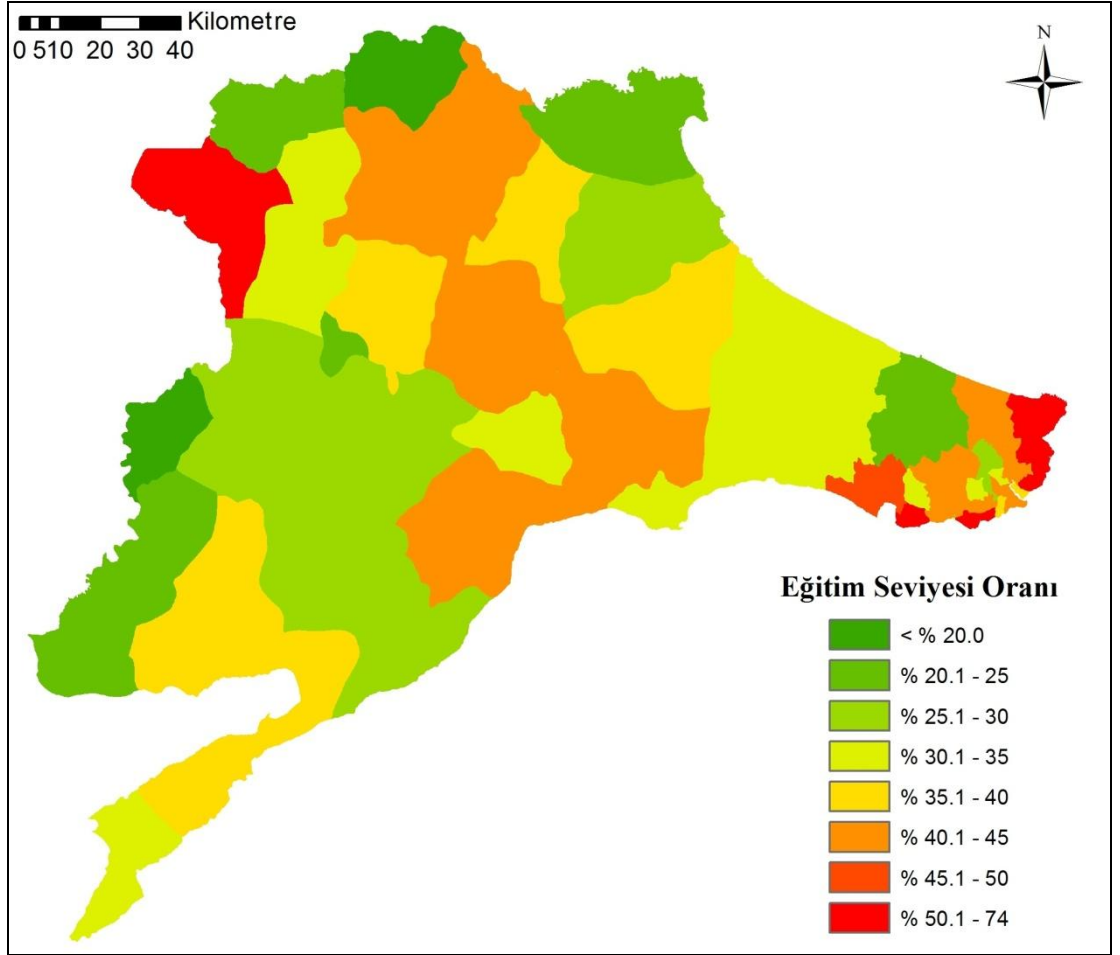


Şekil 4.62. Araştırma alanı ilçelerinin nüfusu

#### 4.6.2. Eğitim düzeyi

İnsanların eğitim düzeyi oranı, su kullanımını konusunda bilinçli davranma açısından değerlendirmeye alınmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu verileri hesaplanan bu oranlamada, eğitim düzeyinin belirlenmesi için 15 yaş üstü ortaokul veya dengi ve üzeri okul mezunlarının sayısının toplam nüfusa bölünmesi ile elde edilen oran kullanılmıştır. İlçe düzeyinde elde edilen eğitim düzeyi oranları Şekil 4.63’de verilmiştir.

Marmara Bölgesi Trakya bölümü ilçelerinde bu oran en yüksek olarak %74 ile Beşiktaş ilçesinde hesaplanmıştır. Beşiktaş ilçesinin eğitim seviyesi verilerinde bulunan yaklaşık 10,000 yüksek lisans ve 2,900 doktora mezunu, Trakya içerisindeki en yüksek lisansüstü eğitim sayılarıdır. En düşük eğitim düzeyi oranı (%18) ise Kırklareli'nin Kofçaz ilçesinde bulunmuştur. Eğitim seviyesinin il merkezlerinde ilçelere oranla daha yüksek olduğu görülmektedir.



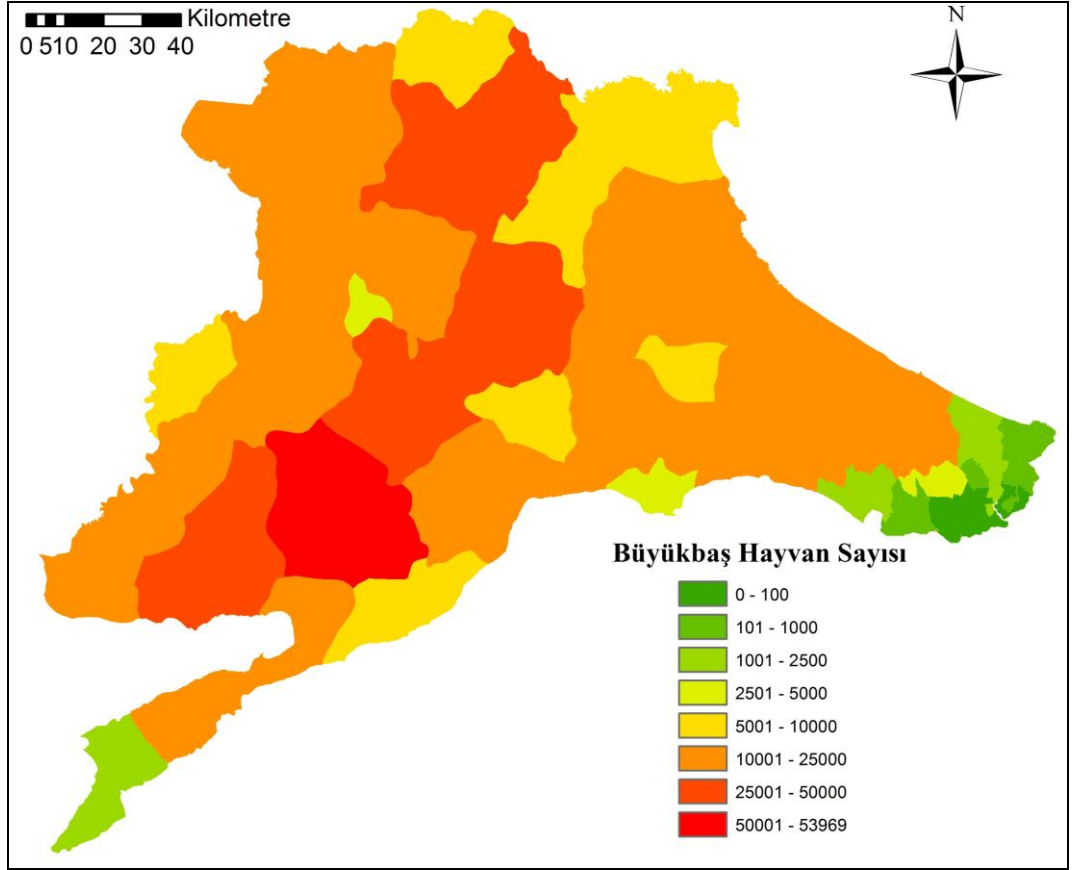
Şekil 4.63. 15 yaş üstü nüfusun orta öğretim veya dengi ve üzeri okul mezunu oranı

#### 4.6.3. Hayvancılık

Hayvancılık ile ilgili verilere ilçe düzeyinde Türkiye İstatistik Kurumu'nun kayıtlarından ulaşılmıştır. Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının sayıları kuraklık hassasiyet analizinde kullanılmıştır. Hayvan sayıları hayvancılıkta kullanılan su miktarını arttırmakta ayrıca, kuraklıktan etkilenebilecek hayvan düzeyini tanımlamaktadır. Büyükbaş hayvan sayılarını gösteren harita Şekil 4.64'de verilmiştir. Araştırma alanı ilçelerinde

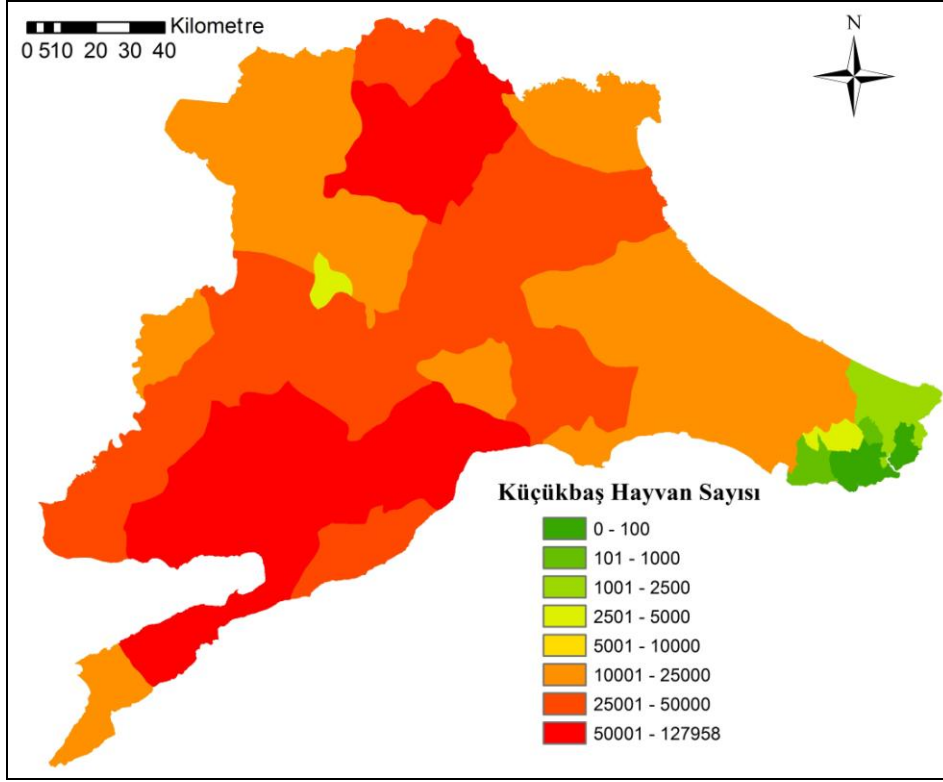


büyükbaş hayvan sayılarının çoğunlukla 10,000-25,000 arasında değiştiği görülmektedir. Keşan büyükbaş hayvancılığın en yoğun yapıldığı ilçedir.

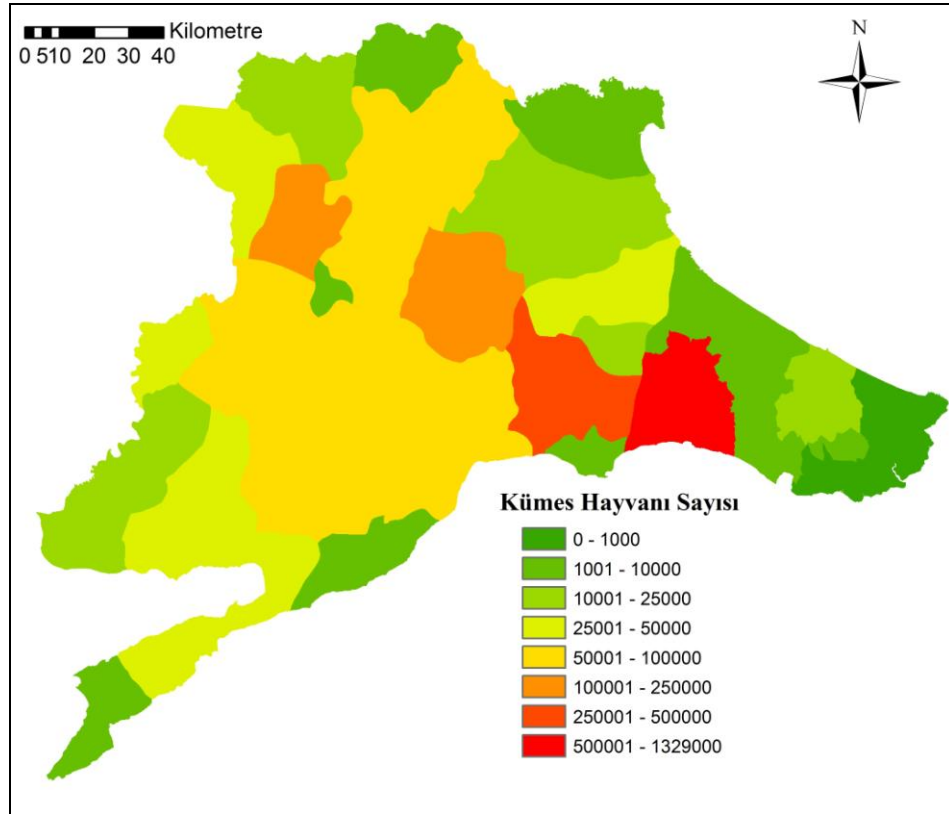


Şekil 4.64. Araştırma alanı ilçelerinin büyükbaş hayvan sayıları

Marmara Bölgesi Trakya bölümünde kalan ilçelerin küçükbaş ve kümes hayvanları sayılarını gösteren haritalar sırasıyla Şekil 4.65 ve Şekil 4.66'da verilmiştir. Küçükbaş ve kümes hayvanı yetiştiriciliğinin Tekirdağ'ın ilçelerinde yaygın yapıldığı görülmektedir.



Şekil 4.65. Araştırma alanı ilçelerinin küçükbaş hayvan sayıları



Şekil 4.66. Araştırma alanı ilçelerinin kümes hayvanı sayıları

#### 4.7. Analitik Hiyerarşinin Oluşturulması

Kuraklık hassasiyetinin belirlenmesi için analitik hiyerarşi oluşturulmadan önce, kullanılacak değerlendirme kriterleri için ön planlamalar yapılmış ve hiyerarşik ağacın bir taslağı oluşturulmuştur. Yapılan arazi çalışmaları, laboratuvar analizleri, devlet kurumlarından veri talepleri ve paylaşımındaki verilere ulaşıldıktan sonra analitik hiyerarşik yapının son hali oluşturulmuştur.

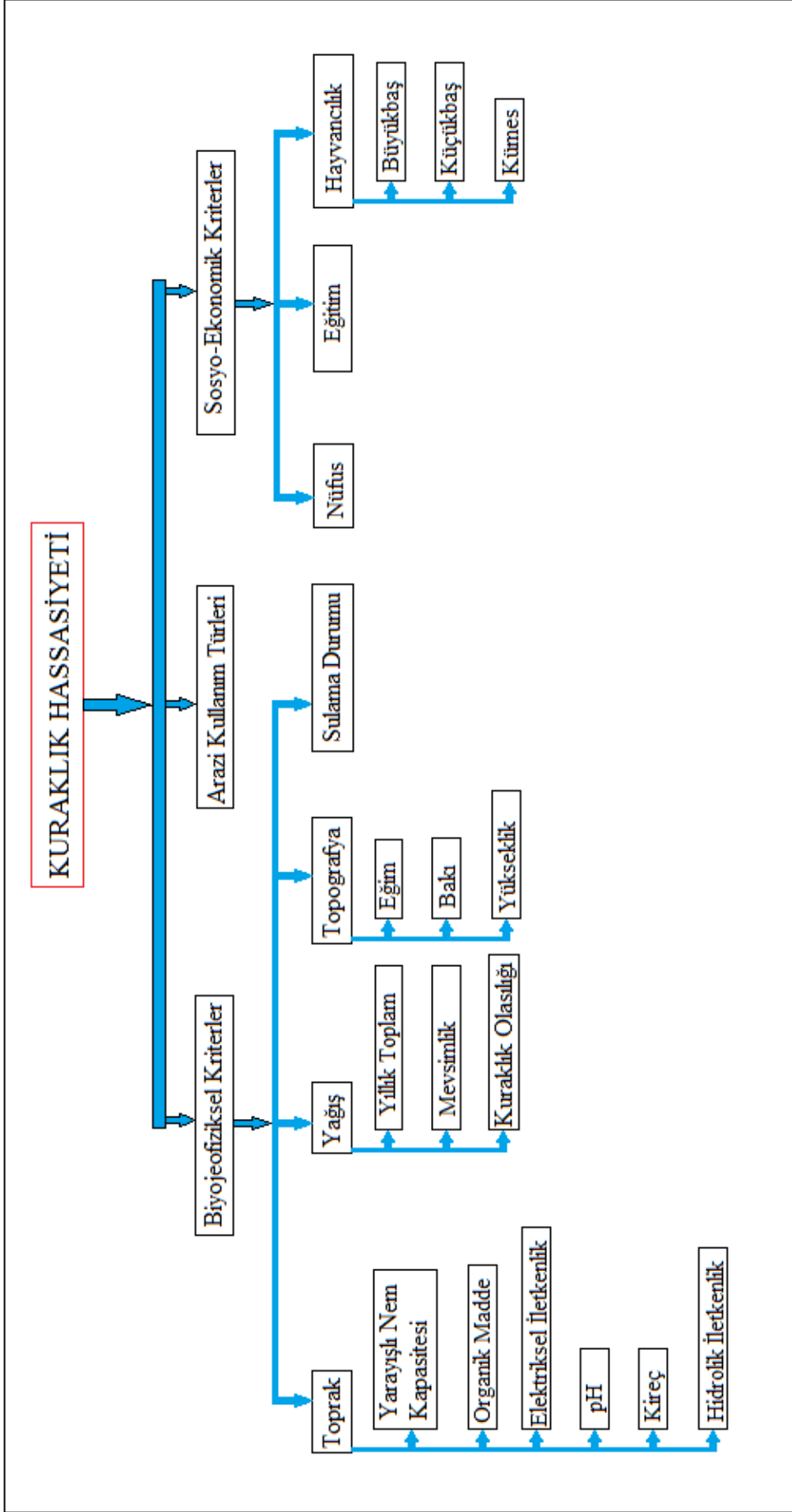
Kuraklık hassasiyetini hesaplanmasında 19 farklı değerlendirme kriteri kullanılmıştır. Tüm bu kriterler 3 başlık altında gruplandırılmıştır. Toprak özellikleri, topografya, yağış ve sulamanın varlığıyla ilgili olan veriler biyojeofiziksel özellikler altında gruplandırılmıştır. Toprak özellikleri 6 alt kritere (yarayışlı nem kapasitesi, pH, elektriksel iletkenlik, kireç, hidrolik iletkenlik ve organik madde içeriği), yağış 3 alt kritere (yıllık toplam yağış, bahar yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı ve kuraklık olasılığı) ve topografya 3 alt (bakı, eğim ve yükseklik) değerlendirme kriterine sahiptir.

Arazi kullanım türleri hiyerarşik ağaç içerisinde alt değerlendirme kriterlerine ayrılmamıştır. Arazi kullanım türleri olan orman, çayır-mera, bağ-bahçe, susuz tarım alanları ve sulu tarım alanları arazileri kendi aralarında kuraklıktan etkilenebilirlik derecelerine göre puanlandırılmıştır.

Sosyo-ekonomik değerlendirme kriterleri 3 alt değerlendirme kriterine sahiptir. Nüfus yoğunluğu, eğitim düzeyi ve kendi 3 alt değerlendirme kriterine sahip hayvan sayısı kriteri. Hayvancılık için küçükbaş, büyükbaş ve kümes hayvanlarının sayısı değerlendirme kriteri olarak seçilmiştir.

Gelir seviyesi, işsizlik, tarımsal işgücü gibi bazı değerlendirme ölçütleri hesaplamalara eklenmek istenmişse de TÜİK'in mevcut verileri il bazında olup, bu verilerin alansal dağılımlarının yapılması oldukça güçtür. Bu nedenle ön hiyerarşik düzen planlamalarında bu verilerin kullanılması düşünülmüş olsa da uygulanabilirlik açısından mümkün olmamıştır.

Hiyerarşik ağaç oluşturulurken tüm değerlendirme kriterlerinin hesaplamalara katılması, oluşturulan değerlendirme modelinin karar verme gücünü arttırmaktadır. Ancak model içerisindeki kriterler arasında ilişkilerin aralarında etkileşim bulunmaması gerekmektedir. Analitik hiyerarşik analizin bu özelliği dikkate alınarak yukarıda açıklanan değerlendirme kriterleri Şekil 4.67'de verilen hiyerarşik yapı içerisindeki yerlerini almışlardır.



Şekil 4.67. Kuraklık hassasiyeti için oluşturulan hiyerarşik düzen

#### 4.8. Kuraklık Hassasiyet Analizi

Kuraklık hassasiyetinin belirlenmesi amacıyla birçok farklı alandan, değişik birimlere sahip veriler toplanmıştır. Bu verilerin bir araya getirilip değerlendirilmesi için analitik hiyerarşik süreç yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde değerlendirme kriterleri bir hiyerarşi ile düzenlenmekte ve kriterlerin analiz içerisindeki ağırlık puanları kendi aralarındaki ikili karşılaştırmalar ile hesaplanmaktadır. Birinci kademedeki değerlendirme kriterleri olan biyojeofiziksel özellikler, arazi kullanım tipi ve sosyo-ekonomik ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.22’de verilmiştir.

**Çizelge 4.22.** Analitik hiyerarşinin birinci kademe elemanlarının ikili karşılaştırma matrisi

	Biyojeofiziksel	Arazi kullanım	Sosyo-ekonomik
Biyojeofiziksel	1	2	3
Arazi kullanım	1/2	1	2
Sosyo-ekonomik	1/3	1/2	1

Karşılaştırma matrisinin özvektöründen, değerlendirme kriterlerinin ağırlık puanları bulunmaktadır. Bu amaçla karşılaştırma matrisi normalize edilir ve normalize matrisin değerlendirme kriterine karşılık gelen satır değerlerinin ortalaması ile hesaplanan özvektör, kriterlerin ağırlık puanını vermektedir. Bu hesaplama Şekil 4.68’de verilmiştir. Biyojeofiziksel (BF) özelliklerin ağırlık puanı 0.5390, arazi kullanım (AK) tipinin ağırlık puanı 0.2973 ve sosyo-ekonomik (SE) ölçütlerin ağırlık puanı 0.1637 olarak hesaplanmıştır.

Karşılaştırma Matrisi			Normalize Matris			Özvektör		
	BF	AK	SE		BF	AK	SE	
BF	1	2	3	→	0.5456	0.5714	0.5000	[ 0.5390 0.2973 0.1637 ]
AK	1/2	1	2	→	0.2728	0.2851	0.3333	
SE	1/3	1/2	1	→	0.1817	0.1429	0.1667	

**Şekil 4.68.** Analitik hiyerarşinin birinci kademe elemanlarının ağırlık puanları

Hiyerarşi içerisindeki ağırlık puanlarının test edilmesi için Tutarlılık Oranı hesaplaması yapılmaktadır. Karşılaştırma matrisinin özvektör matrisi ile çarpımından yeni

bir vektör (B) bulunur. Bu vektörün özvektöre bölünmesi ile tutarlılık oralarının hesaplanmasında kullanılan bir vektör (C) elde edilir. Karşılaştırma matrisinden çıkartılan C vektörü değerlerinin aritmetik ortalaması ile karşılaştırmaya ilişkin temel değer ( $\lambda$ ) hesaplanır. Karşılaştırmaya ilişkin temel değer ( $\lambda$ ) hesaplandıktan sonra Tutarlılık İndeksi (CI) bulunur. Tutarlılık oranı (CI), tutarlılık indeksinin rastgele indeks (RI) ile tanımlanan standart düzeltme değerine bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Rastgele indeks değerleri Saaty (1980) tarafından belirtilmiştir ve Çizelge 3.12’de verilmiştir. Tutarlılık oranının hesaplamaları Şekil 4.69’da görülmektedir.

Karşılaştırma Matrisi	Özvektör	B Vektörü	Özvektör	C Vektörü
$\begin{matrix} & \text{BF} & \text{AK} & \text{SE} \\ \text{BF} & \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{AK} & & & \\ \text{SE} & & & \end{matrix}$	$\times \begin{bmatrix} 0.5390 \\ 0.2973 \\ 0.1637 \end{bmatrix}$	$= \begin{bmatrix} 1.6247 \\ 0.8942 \\ 0.4918 \end{bmatrix}$	$/ \begin{bmatrix} 0.5390 \\ 0.2973 \\ 0.1637 \end{bmatrix}$	$= \begin{bmatrix} 3.0143 \\ 3.0080 \\ 3.0039 \end{bmatrix}$
$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} = 3.0087 \quad CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = 0.0044 \quad CR = \frac{CI}{RI} = 0.01$				

**Şekil 4.69.** Birinci kademe elemanlarının karşılaştırma matrisinin tutarlılık testi

Birinci kademe değerlendirme kriterlerinin ikili karşılaştırmaları ile oluşturulan matrisle elde edilen ağırlık puanları için yapılan tutarlılık oranı testinde hesaplanan 0.01 değeri 0.10’den küçük bir değer olduğu için ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu görülmektedir.

Biyojeofiziksel değerlendirme kriterleri 4 ölçütten meydana gelmektedir. Bu ölçütler, analitik hiyerarşik düzende ikinci kademe yer almaktadır. Toprak özellikleri (T), yağış (Y) miktarı, topografya (TO) ve sulama (S) varlığından oluşan biyojeofiziksel değerlendirme kriterleri birbirleri arasında eşit öneme sahip oldukları için ağırlık puanları eşit dağılmıştır ve tutarlılık oranı sıfır bulunmuştur. Dört değerlendirme kriterinin de ağırlık puanı 0.25 olarak kuraklık hassasiyet hesaplamalarına katılmıştır.

Analitik hiyerarşi içerisinde ikinci kademe yer alan bir diğer karşılaştırma grubu sosyo-ekonomik göstergeler altında bulunmaktadır. Nüfus, eğitim seviyesi ve hayvancılık alt kriterleri, sosyo-ekonomik göstergelerin altında yer almıştır. Bu kriterlerin ikili

karşılaştırmaları oluşturulan matris, birinci kademe elemanlarının ikili karşılaştırma matrisi ile aynı oluşmuştur. Karşılaştırma matrisi Çizelge 4.23’de verilmiştir, ancak tutarlılık oranı hesaplamaları Şekil 4.69 ile aynı olduğu için verilmemiştir. Sosyo-ekonomik göstergeler altında nüfusun ağırlık puanı 0.5390, hayvancılığın ağırlık puanı 0.2973 ve eğitim seviyesinin ağırlık puanı 0.1637 şeklinde hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.23.** Sosyo-ekonomik göstergenin alt kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi

	Nüfus	Eğitim seviyesi	Hayvancılık
Nüfus	1	3	2
Eğitim seviyesi	1/3	1	1/2
Hayvancılık	1/2	2	1

Toprak özellikleri, analitik hiyerarşik düzen içerisinde biyojeofiziksel özellikler ve toprak alt kriterinin altında üçüncü kademe de bulunmaktadır. Toprak özelliklerinin ikili karşılaştırma matrisi ve tutarlılık oranı hesaplamaları Şekil 4.70’de verilmiştir.

Karşılaştırma Matrisi						Normalize Matris						Özvektör		
YN	pH	EC	K	OM	Hİ	YN	pH	EC	K	OM	Hİ			
YN	1	7	7	7	7	3	YN	.525	.500	.500	.500	.500	.563	0.5146
pH	1/7	1	1	1	1	1/3	pH	.075	.071	.071	.071	.071	.063	0.0705
EC	1/7	1	1	1	1	1/3	EC	.075	.071	.071	.071	.071	.063	0.0705
K	1/7	1	1	1	1	1/3	K	.075	.071	.071	.071	.071	.063	0.0705
OM	1/7	1	1	1	1	1/3	OM	.075	.071	.071	.071	.071	.063	0.0705
Hİ	1/3	3	3	3	3	1	Hİ	.175	.214	.214	.214	.214	.188	0.2033

Karşılaştırma Matrisi						Özvektör	B Vektörü	Özvektör	C Vektörü	
YN	1	7	7	7	7	3	0.5146	3.0994	0.5146	6.0231
pH	1/7	1	1	1	1	1/3	0.0705	0.4234	0.0705	6.0028
EC	1/7	1	1	1	1	1/3	0.0705	0.4234	0.0705	6.0028
K	1/7	1	1	1	1	1/3	0.0705	0.4234	0.0705	6.0028
OM	1/7	1	1	1	1	1/3	0.0705	0.4234	0.0705	6.0028
Hİ	1/3	3	3	3	3	1	0.2033	1.2212	0.2033	6.0078

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n} = 6.0070 \quad CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = 0.0014 \quad CR = \frac{CI}{RI} = 0.001$$

**Şekil 4.70.** Toprak özelliklerinin ikili karşılaştırmaları ve tutarlılık oranı hesaplamaları

Toprak özelliklerinin ikili karşılaştırmaları ile yarayışlı nem kapasitesinin (YN) içerisinde bulunduğu gruptaki ağırlık puanı 0.5146; hidrolik iletkenliğin (Hİ) ağırlık puanı 0.2033; organik madde (OM), tuzluluk (EC), kireç (K) ve pH'ın ağırlık puanları ise 0.0705 olarak hesaplanmıştır.

Yağış kriterinin alt ölçütleri, ortalama yıllık yağış toplamı, bahar ve yaz mevsimi yağışlarının yıllık toplama yağış oranı ve SPI yaklaşımı ile hesaplanan klimatolojik kuraklık olasılığı birbirlerine eşit önemlilikte olduğu için bu değerlendirme kriterlerinin buldukları grup içerisindeki ağırlık puanı 0.3333'tür.

Topografya başlığı altındaki yükseklik (Y), eğim (E) ve bakı (B) özelliklerinin birbirlerine karşı önemlilik dereceleri ile oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi, ağırlık puanı ve tutarlılık oranı hesaplamaları Şekil 4.71'de verilmiştir. Topografya değerlendirme kriteri altında eğimin ağırlık puanı 0.6806, bakının ağırlık puanı 0.2014 ve yüksekliğin ağırlık puanı 0.1180 olarak hesaplanmıştır.

Karşılaştırma Matrisi			Normalize Matris			Özvektör		
	E	B	Y		E	B	Y	
E	1	4	5	E	0.6897	0.7273	0.6250	0.6806
B	1/4	1	2	B	0.1724	0.1819	0.2500	0.2014
Y	1/5	1/2	1	Y	0.1379	0.0910	0.1250	0.1180

Karşılaştırma Matrisi	Özvektör	B Vektörü	Özvektör	C Vektörü
$\begin{matrix} & E & B & Y \\ E & \begin{bmatrix} 1 & 4 & 5 \end{bmatrix} \\ B & \begin{bmatrix} 1/4 & 1 & 2 \end{bmatrix} \\ Y & \begin{bmatrix} 1/5 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$	$\begin{bmatrix} 0.6806 \\ 0.2014 \\ 0.1180 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2.0760 \\ 0.6075 \\ 0.3548 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.6806 \\ 0.2014 \\ 0.1180 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 3.0501 \\ 3.0161 \\ 3.0080 \end{bmatrix}$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} = 3.0247 \quad CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = 0.0124 \quad CR = \frac{CI}{RI} = 0.02$$

**Şekil 4.71.** Eğim, bakı ve yükseklik özelliklerinin ikili karşılaştırma matrisi ve tutarlılık oranı hesaplamaları



Hayvancılık başlığı altındaki büyükbaş (B), küçükbaş (K) ve kümes (T) hayvanları sayılarının analitik hiyerarşik düzen içerisindeki ağırlık puanlamalarının hesaplanması için yapılan ikili karşılaştırmalar ve tutarlılık oranı hesaplamaları Şekil 4.72’de verilmiştir. Ağırlık puanları sırasıyla 0.6333, 0.2605 ve 0.1062 bulunmuştur.

Karşılaştırma Matrisi			Normalize Matris			Özvektör		
B	K	T	B	K	T			
B	1	3	5	B	0.6522	0.6923	0.5556	$\begin{bmatrix} 0.6333 \\ 0.2605 \\ 0.1062 \end{bmatrix}$
K	1/3	1	2	K	0.2174	0.2308	0.3333	
T	1/5	1/3	1	T	0.1304	0.0769	0.1111	

Karşılaştırma Matrisi	Özvektör	B Vektörü	Özvektör	C Vektörü
B	K	T		
B	1	3	5	$\times \begin{bmatrix} 0.6333 \\ 0.2605 \\ 0.1062 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.9459 \\ 0.7902 \\ 0.3197 \end{bmatrix} / \begin{bmatrix} 0.6333 \\ 0.2014 \\ 0.1062 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.0724 \\ 3.0335 \\ 3.0117 \end{bmatrix}$
K	1/3	1	2	
T	1/5	1/3	1	

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} = 3.0392 \quad CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = 0.0196 \quad CR = \frac{CI}{RI} = 0.03$$

Şekil 4.72. Hayvancılık faaliyetlerinin ikili karşılaştırma matrisi ve tutarlılık oranı hesaplamaları

Hesaplanan ağırlık puanları kendi grupları içerisindeki ve toplamaları 1 olan ağırlık puanlarıdır. Üçüncü kademedeki bir değerlendirme kriterinin tüm analitik hiyerarşi içerisindeki ağırlık puanı, kendi üzerindeki ikinci kademedeki grup ağırlık puanı ve altında bulunduğu birinci kademedeki ağırlık puanlarının çarpılması ile bulunmaktadır. Kuraklık hassasiyeti için hazırlanan hiyerarşik düzen içerisindeki tüm kriterlerin ağırlık puanları Çizelge 4.24’da verilmiştir. Tutarlılık oranı hesaplamalarının hiçbirinde Saaty (1980) tarafından belirlenmiş olan 0.10 oranının üzerine çıkmadığı için, hiyerarşik ağacın tutarlı bir şekilde oluşturulduğu söylenilebilir.

**Çizelge 4.24.** Analitik düzen içerisindeki kriterlerin ağırlık puanları

I. Kademe	II. Kademe	III. Kademe	AHS İçerisindeki Ağırlık Puanı
Biyojeofiziksel (0.5390)	Toprak (0.2500)	Yarayışlı Nem Kapasitesi (0.5146)	0.0694
		Hidrolik İletkenlik (0.2033)	0.0274
		Organik Madde (0.0705)	0.0095
		pH (0.0705)	0.0095
		Elektriksel İletkenlik (0.0705)	0.0095
		Kireç (0.0705)	0.0095
	Yağış (0.2500)	Yıllık Toplam (0.3333)	0.0449
		BYMYTYO (0.3333)	0.0449
		Kuraklık Olasılığı (0.3333)	0.0449
	Topografya (0.2500)	Eğim (0.6816)	0.0919
		Bakı (0.2014)	0.0271
		Yükseklik (0.1180)	0.0159
	Sulama (0.2500)	-	0.1348
	Sosyo-ekonomik (0.1637)	Nüfus (0.5390)	-
Eğitim Seviyesi (0.1637)		-	0.0268
Hayvancılık (0.2973)		Büyükbaş (0.6333)	0.0308
		Küçükbaş (0.2605)	0.0127
		Kümes (0.1062)	0.0051
Arazi Kullanım (0.2973)	-	-	0.2973
Toplam :			1.0000

Analitik hiyerarşik süreç ÇKKV yöntemlerinden biridir ve değişik alternatiflerin içerisinde seçim yapılması temeline dayanır. Bu nedenle değişik kuraklık hassasiyet alternatifleri üretilmeli ve alternatifler arasındaki eşik değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu araştırma için 5 farklı kuraklık hassasiyet sınıfı ve eşik değerleri belirlenmiştir. Kuraklık hassasiyet sınıflarını ve eşik değerleri Çizelge 4.25'te verilmiştir.

**Çizelge 4.25.** Kuraklık hassasiyet sınıfları ve eşik seviyeleri

Kuraklık Hassasiyet Sınıfı	Açıklaması	Eşik seviyesi
Duyarlı değil	Dayanıklı	80.1-100.0
Hafif duyarlı	Etkilenebilirliği düşük	60.1-80.0
Orta düzeyde duyarlı	Etkilenebilirliği orta düzeyde	40.1-60.0
Duyarlı	Etkilenebilirliği yüksek	20.1-40.0
Çok duyarlı	Etkilenebilirliği çok yüksek	0.0-20.0

Kuraklık hassasiyet analizinde kullanılan 19 farklı değerlendirme kriteri bulunmaktadır. Birbirinden farklı birim ve ölçekteki bu kriterlerin kuraklık hassasiyet sınıfları arasındaki eşik değerlere denk gelen aralıkları uzman görüşlerine başvurularda saptanmıştır. Biyojeofiziksel değerlendirme kriterlerinin, kuraklık hassasiyet sınıflarına denk gelen eşik değerlerini gösteren çizelge aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.26). Toprak değerlerinin aralıklarının belirlenmesinde Tarım, Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı'nın Toprak Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuatından faydalanılmıştır (Anonim, 2014h).

**Çizelge 4.26.** Biyojeofiziksel değerlendirme kriterlerinin hassasiyet puanlamasında kullanılan eşik değerleri

Değerlendirme kriterleri	Hassasiyet puanlarına denk gelen aralıklar						
	100	80	60	40	20	0	
Yağış	Yıllık yağış miktarı, mm	> 600	600-501	500-401	400-301	300-200	< 200
	Bahar ve yaz yağışlarının payı, %	> 40	40-31	30-21	20-11	10-5	< 5
	Klimatolojik kuraklık olasılığı, %	< 17.5	17.6-20.0	20.1-22.5	22.6-25.0	25.0-30.0	>30.0
Toprak	Yarayışlı nem kapasitesi, mm	> 305	305-230	229-150	149-75	74-38	< 38
	pH	6.6-7.5	7.6-8.5 6.5-5.5	8.6-9.5 5.6-4.5	9.6-10.5 4.6-3.5	10.6-11.5 3.6-2.5	11.6-14 2.6-0.1
	EC, dS/m	< 2.0	2.1-4.0	4.1-8.0	8.1-12.0	12.1-16.0	> 16.1
	Kireç, %	0-4.0	4.1-8.0	8.1-15.0	15.1-30.0	30.1-50.0	> 50
	Hidrolik iletkenlik, cm/h	2.00-6.35	1.01-1.99 6.36-9.52	0.51-1.00 9.53-12.70	0.26-0.50 12.71-18.85	0.13-0.25 18.86-25.00	< 0.13 > 25.0
	Organik madde, %	> 3.0	3.0-2.1	2.0-1.6	1.5-1.1	1.0-0.5	< 0.5
Topografya	Eğim, %	0-2.0	2.1-6.0	6.1-12.0	12.1-20.0	20.1-30.0	> 30.0
	Bakı	K	KB ve B	KD ve D	GB	G ve GD	-
	Yükseklik, m	> 750	750-501	500-401	400-301	300-100	< 100
Sulama	Var/Yok	Var	-	-	-	-	Yok

Biyojeofiziksel özelliklerde olduğu gibi benzer eşik değerler sos-ekonomik değerlendirme kriterleri için de saptanmıştır. Bu eşik değerler saptanırken bölgesel özellikler de dikkate alınmıştır. Sosyo-ekonomik göstergelerin kuraklık hassasiyet sınıfları arasındaki eşik değerleri Çizelge 4.27’de verilmiştir.

**Çizelge 4.27.** Sosyo-ekonomik değerlendirme kriterlerinin hassasiyet puanlamasında kullanılan eşik değerleri

Değerlendirme kriterleri	Hassasiyet puanlarına denk gelen aralıklar					
	100	80	60	40	20	0
Nüfus, kişi	< 10,000	10,000 - 25,000	25,001 - 50,000	50,001 – 100,000	100,001 - 200,000	> 200,000
Eğitim Seviyesi, %	> 50	50-41	40-31	30-21	20-10	<10
Büyükbaş	< 2,500	2,500 – 5,000	5,001 – 10,000	10,001 – 25,000	25,001 - 50,000	> 50,000
Hayvancılık (adet)	Küçükbaş < 5,000	5,000 – 10,000	10,001 – 25,000	25,001- 50,000	50,001 – 100,000	> 100,000
	Kümes < 25,000	25,000 – 50,000	50,001 – 100,000	100,001 – 200,000	200,001 – 300,000	> 300,000

Arazi kullanım tipleri kuraklık hassasiyet analizinin en önemli özelliğidir ve analitik hiyerarşide birinci kademedede ve alt grubu olmadan yer almaktadır. Arazi kullanım tipleri CORINE 2006 verisinden yararlanılarak 5 arazi kullanım tipi ile hassasiyet analizine eklenmiştir. Yerleşim yerleri ve otopanlar gibi yapay yüzeyler arazi kullanım tipleri içerisinde yer almamaktadır. Arazi kullanım tipleri ormanlar, çayır-meralar, sulanan tarım alanları, kuru tarım alanları ve bahçelerdir. Bu arazi kullanım tiplerinin hassasiyet puanlaması, ihtiyaç duydukları su miktarları, bitkilerin kuraklığa karşı dayanımları, kurak dönemlerde sulama yapılabilirliği dikkate alınarak yapılmıştır.

Ormanlar, buldukları ortamların yetişebilmelerine olanak sağlaması ile var olmaları, uzun yıllar içerisinde gerçekleşen kurak dönemleri atlattıkları, ağaç köklerinin toprak yüzeyinin altındaki nemden faydalanmasını sağlaması, toprak yüzeyini geniş ölçüde kapatması sayesinde buharlaşma ile toprak nemi kaybının düşük olması gibi nedenlerle kuraklığa dayanımı yüksektir. Ormanlar, kuraklık hassasiyet puanı 100 olarak hassasiyet analizine eklenmiştir.

Çayır ve mera alanları ormanlar kadar olmasa da kuraklığa dayanımı yüksek bitki örtüsüdür. Buldukları ortamda doğal olarak yetişmeleri, uygun ekolojik şartların bu

bitkiler için var olduğunu göstermektedir. Ancak bu bitkilerin Marmara Bölgesi Trakya bölümü toprakları içerisinde eğimli ve sık topraklarda konumlandığı, hayvancılığın üzerlerinde yarattığı baskılar, genellikle kısa boylu ve seyrek olmaları gibi sebeplerle kuraklık hassasiyet puanı 80 verilmiştir.

Sulanan tarım alanlarının kuraklık hassasiyet puanı da 80 olarak planlanmıştır. Sulanan tarım alanlarının büyük kısmını çeltik tarımı oluşturmakta, diğer sulanan alanlar ise çoğunlukla nehir yataklarına yakın yerlerde mısır ve sebze tarımı yapılan yerlerdir. Kurak dönemlerin su kaynakları üzerindeki etkisi ve bu dönemlerde hava sıcaklığının bulutluluğun azalması ile normalin üzerinde gerçekleşmesi sebebiyle bitkilerin olumsuz etkileneceği sebebiyle sulanan alanların kuraklık hassasiyet puanı düşürülmüştür.

Bağlar, zeytinlikler ve meyvelik alanların oluşturduğu bahçe/meyve arazi kullanım tipi için kuraklık hassasiyet puanı 60 verilmiştir. Bu puan kuraklık hassasiyeti açısından orta seviyede dayanımı tanımlamaktadır. Sulama sistemlerinin hizmet verdiği alanlar için hassasiyet analizinde ayrıca puanlama verilmesi nedeniyle bahçe/meyve tarımı yapılan alanların hassasiyet puanı düşük tutulmuştur.

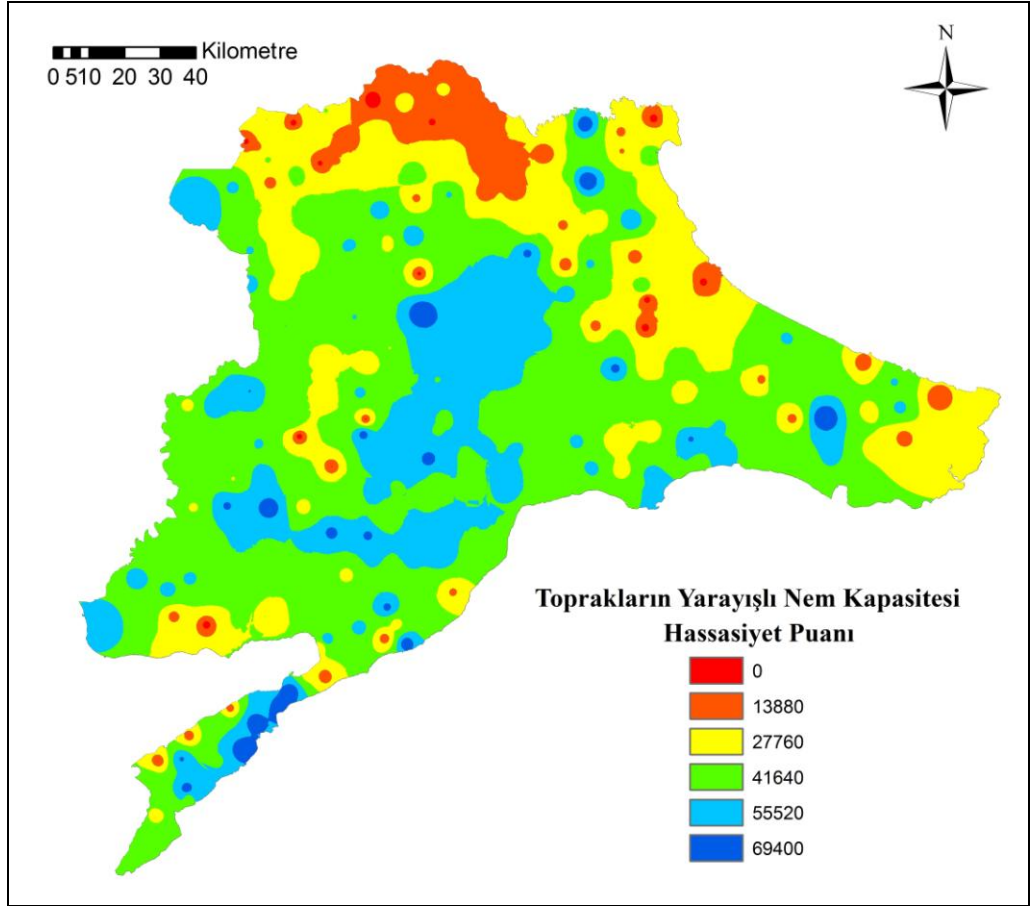
Tarımın susuz koşullarda yapıldığı alanlar kuraklığa karşı dayanımın en zayıf olduğu yerlerdir. Trakya tarımının büyük kısmını susuz tarım oluşturmaktadır. Özellikle ayçiçeği ve buğday tarımı bölge ile özdeşleştirilmiştir. Araştırma alanı için çok kurak olarak nitelendirilen dönemlerde dahi bitkilerden düşük de olsa verim alınabilmesi nedeni ile bu tip tarım alanlarının kuraklık hassasiyet puanı 20 olarak verilmiştir.

#### **4.9. Kuraklık Hassasiyet Haritası**

Tüm karşılaştırma kriterlerinin hassasiyet puanlamalarının alansal dağılımları ArcGIS 10.0 paket programı ile sayısallaştırılmış ve her kriter için bir tabaka (layer) oluşturulmuştur. Tabakalar ilk olarak kendi kademelerin ağırlık puanları ile çarpılmış, daha sonra üzerlerindeki tabakaların ağırlık puanlamaları çarpılarak AHS ağacındaki puanına ulaşılmıştır. Tüm bu tabakalar ArcGIS 10.0 paket programının Raster Math menüsü yardımıyla üst üste bindirilerek 100 m çözünürlüklü kuraklık hassasiyet haritası oluşturulmuştur. Raster Math hesaplamalarının noktalı sayıların kullanımına izin vermemesi nedeniyle her bir değerlendirme kriterinin AHS içerisindeki ağırlık puanı 10,000 ile çarpılarak raster haritalar üretilmiştir.

Analitik hiyerarşik düzende toprak özellikleri altında olan ve kendi grubu içerisinde en yüksek ağırlık puanına sahip yarıyışlı nem kapasitesi için hazırlanan, hassasiyet

puanlarının sayısal dağılım haritası Şekil 4.73'te verilmiştir. Bu harita, Şekil 4.22'de yarayışlı nem miktarının "mm" olarak verilmiş olduğu haritanın yeniden sınıflandırılması (Reclassify aracı) ile elde edilmiştir.



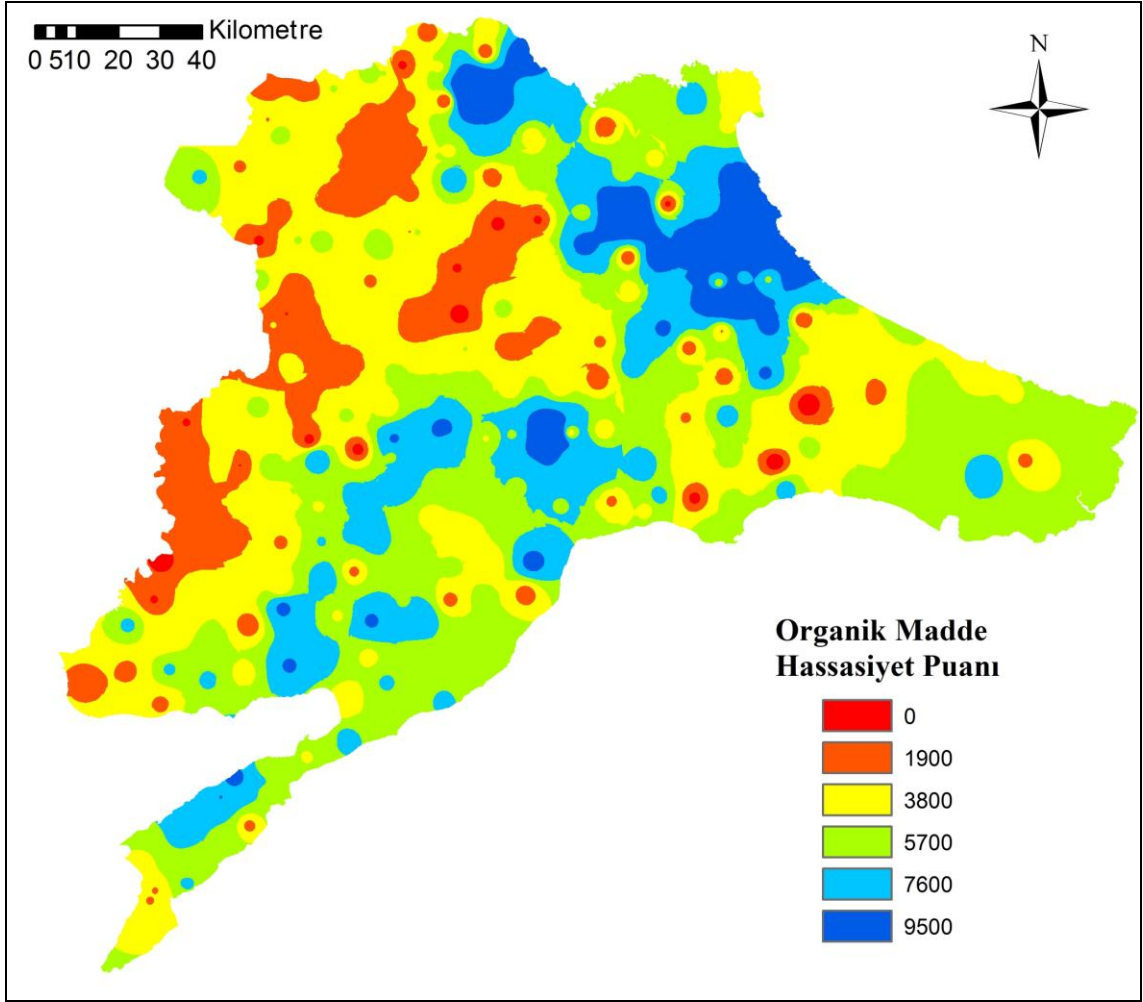
Şekil 4.73. Yarayışlı nem miktarı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

Yarayışlı nem miktarı değerlendirme kriterinin AHS içerisindeki ağırlık puanı 0.0694'ün 10,000 ile çarpılması ile 69,400 değeri elde edilir. Bu değer yarayışlı nem miktarının hassasiyet analizi içerisinde alabileceği en yüksek değerdir. Çizelge 4.24'de verilmiş olan kuraklık hassasiyet sınıflarının eşik değerleri kullanılarak yarayışlı nem miktarının hassasiyet puanları hesaplanmış, raster formattaki yarayışlı nem miktarı tabakası (layer) bu puanlar ile yeniden sınıflandırılarak sayısal harita oluşturulmuştur. Analizlerde kullanılan tüm değerlendirme kriterlerine ait hassasiyet puanları Çizelge 4.28'de verilmiştir.

**Çizelge 4.28.** Kriterlerinin hassasiyet sınıf aralıkları için puanlama değerleri

Kriter	AHS İçerisindeki Ağırlığı	Hassasiyet Sınıf Aralıklarının Puanları					
		100	80	60	40	20	0
Yarayışlı Nem Kapasitesi	0.0694	69,400	55,520	41,640	27,760	13,880	0
Hidrolik İletkenlik	0.0274	27,400	21,920	16,440	10,960	5,480	0
Organik Madde	0.0095	9,500	7,600	5,700	3,800	1,900	0
pH	0.0095	9,500	7,600	5,700	3,800	1,900	0
Elektriksel İletkenlik	0.0095	9,500	7,600	5,700	3,800	1,900	0
Kireç	0.0095	9,500	7,600	5,700	3,800	1,900	0
Yıllık Toplam Yağış	0.0449	44,900	35,920	26,940	17,960	8,980	0
BYMYTYO	0.0449	44,900	35,920	26,940	17,960	8,980	0
Kuraklık Olasılığı	0.0449	44,900	35,920	26,940	17,960	8,980	0
Eğim	0.0919	91,900	73,520	55,140	36,760	18,380	0
Bakı	0.0271	27,100	21,680	16,260	10,840	5,420	0
Yükseklik	0.0159	15,900	12,720	9,540	6,360	3,180	0
Sulama	0.1348	134,800	107,840	80,880	53,920	26,960	0
Nüfus	0.0882	88,200	70,560	52,920	35,280	17,640	0
Eğitim Seviyesi	0.0268	26,800	21,440	16,080	10,720	5,360	0
Büyükbaş	0.0308	30,800	24,640	18,480	12,320	6,160	0
Küçükbaş	0.0127	12,700	10,160	7,620	5,080	2,540	0
Kümes	0.0051	5,200	4,160	3,120	2,080	1,040	0
Arazi Kullanım	0.2973	297,300	237,840	178,380	118,920	59,460	0

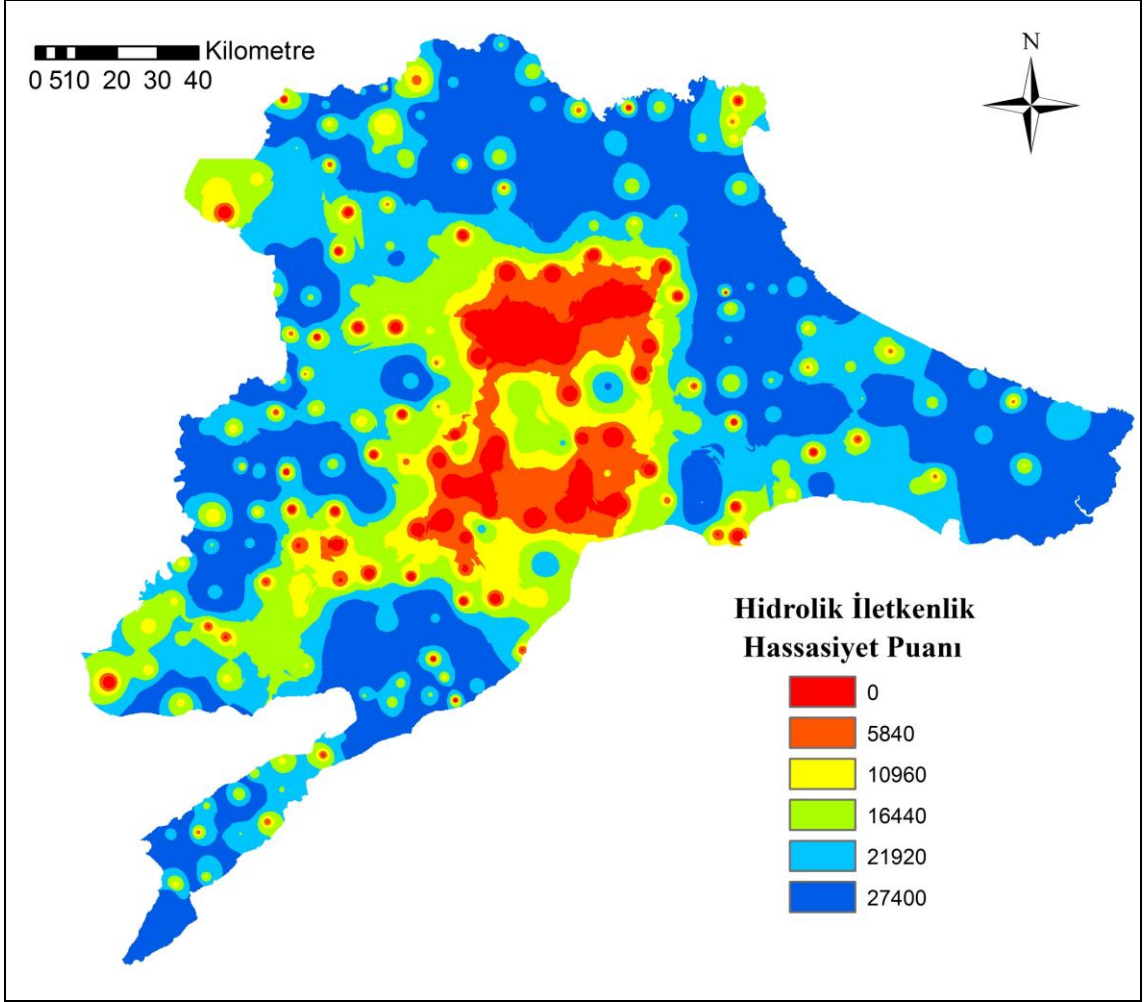
Toprakların organik madde içerikleri diğer toprak özelliklerinde olduğu gibi, noktalar arasında büyük değişiklikler göstermiş ve karmaşık yapıya sahip bir harita oluşturmuştur (Şekil 4.74). Orman topraklarının altındaki humuslaşmış yapıdaki topraklar en yüksek organik madde oranlarına sahiptir ve ancak toplam alanın %6.2'sinin organik madde içeriği %3.0'un üzerindedir. Araştırma alanı genelinde toprak organik madde içerikleri düşük seviyededir. Toplam araştırma alanının %46.3'ünün toprak organik madde içeriği %1.5'in altındadır. Toprak organik madde içerikleri sulama sistemlerinin bulunduğu ve tarımın yoğun olarak yapıldığı alanlarda en düşük seviyelere düşmektedir. Organik madde içeriğinin %1.1-2.0 arasında bulunduğu alanlar toplam araştırma alanı içerisinde %65'lik orana sahiptir.



**Şekil 4.74.** Organik madde kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

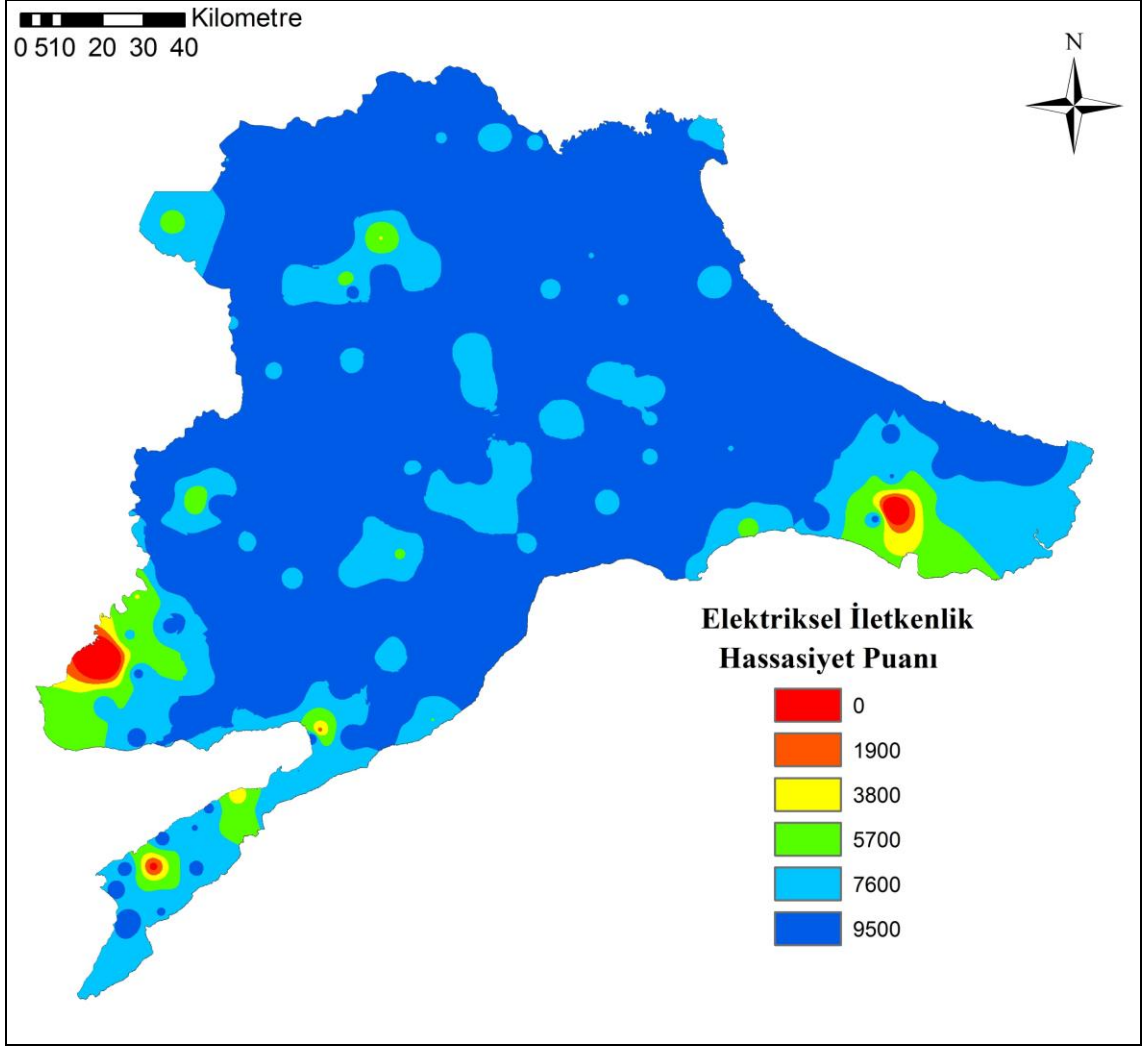
Toprakların hidrolik iletkenlik hızlarının hassasiyet puanlamasında ulaşılan kuraklık sınıfları Şekil 4.75'te görülmektedir. Hidrolik iletkenlik değerlerinin en düşük ölçüldüğü kesim Kırklareli ve Tekirdağ arasında kalan bölgedir. Tarımın yoğun olarak yapıldığı bu kesimde hidrolik iletkenliğin bu derece düşük olmasının nedeni tarımsal faaliyetler sonucunda toprak üst yüzeyinin sıkışmış olması ve kil minerallerinin su ile doymun koşullarda şişerek birbirleri arasındaki boşlukları kapatmasıdır. Hidrolik iletkenlik özelliği açısından toprakların kuraklık hassasiyet puanlaması yapılırken, iletkenlik hızının çok düşük olduğu kadar yüksek olmasının da toprak suyunun çok hızlı bir şekilde alt katmanları sızacağı düşünülerek olumsuz şekilde puanlandırılmıştır. Hidrolik iletkenlik hızının 1.0-10.0 cm/h arasında değiştiği alanların toplamı toplam araştırma alanının %63.1'ini oluşturmuştur.





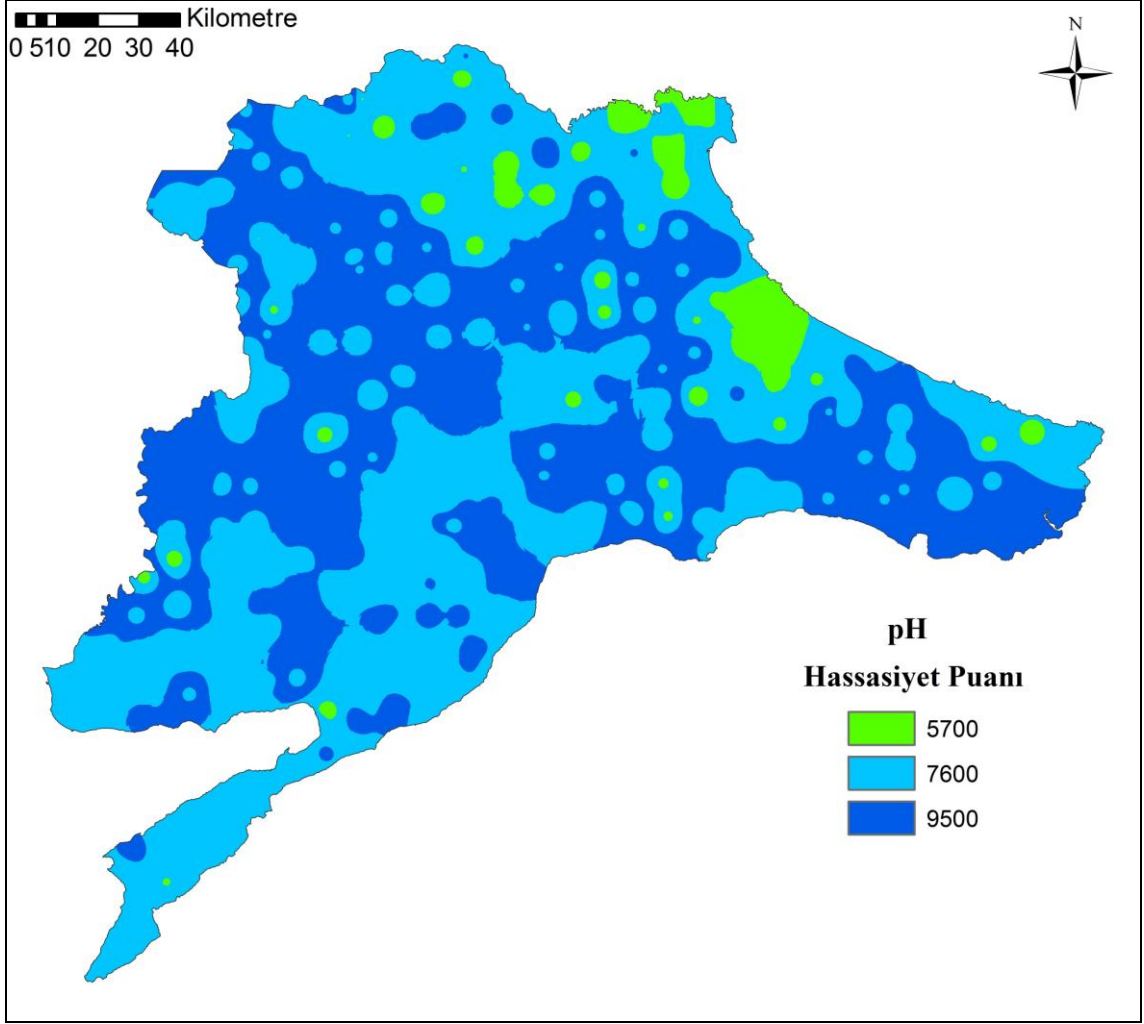
**Şekil 4.75.** Hidrolik iletkenlik kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

Toprakların tuzluluğunu tanımlayan elektriksel iletkenlik değerlerinin kuraklık hassasiyet puanlamalarının haritası Şekil 4.76'da görülmektedir. 4 dS/m değeri tuzluluk açısından sorun olmayan alanları temsil etmektedir ve bu alanların toplam alana oranı %93.4'ünü oluşturmaktadır. Toprak elektriksel iletkenliğinin 8  $\mu\text{hos/cm}$  değerinin üzerine çıkarak tuzluluk sorununun görüldüğü alanların araştırma alanı toplamına oranı ise ancak %1.7'dir. Büyükçekmece ve Gala Göllerinin bulunduğu 12,458 ha alanı kapsayan alanda tuzluluk değeri 16 dS/m'nin üzerine çıkmıştır ve kuraklık hassasiyet puanı sıfır olmuştur. 1,719,313 ha alanın tuzluluğu dS/m'nin altında ölçülmüş ve 9,500 kuraklık hassasiyet puanı almıştır. Asitlik ve alkalilik probleminin görülmeye başlandığı alanların toplamı 104,100 ha'dır ve bu alanlara verilen kuraklık hassasiyet puanı 5,700'dür.



**Şekil 4.76.** Elektriksel iletkenlik kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

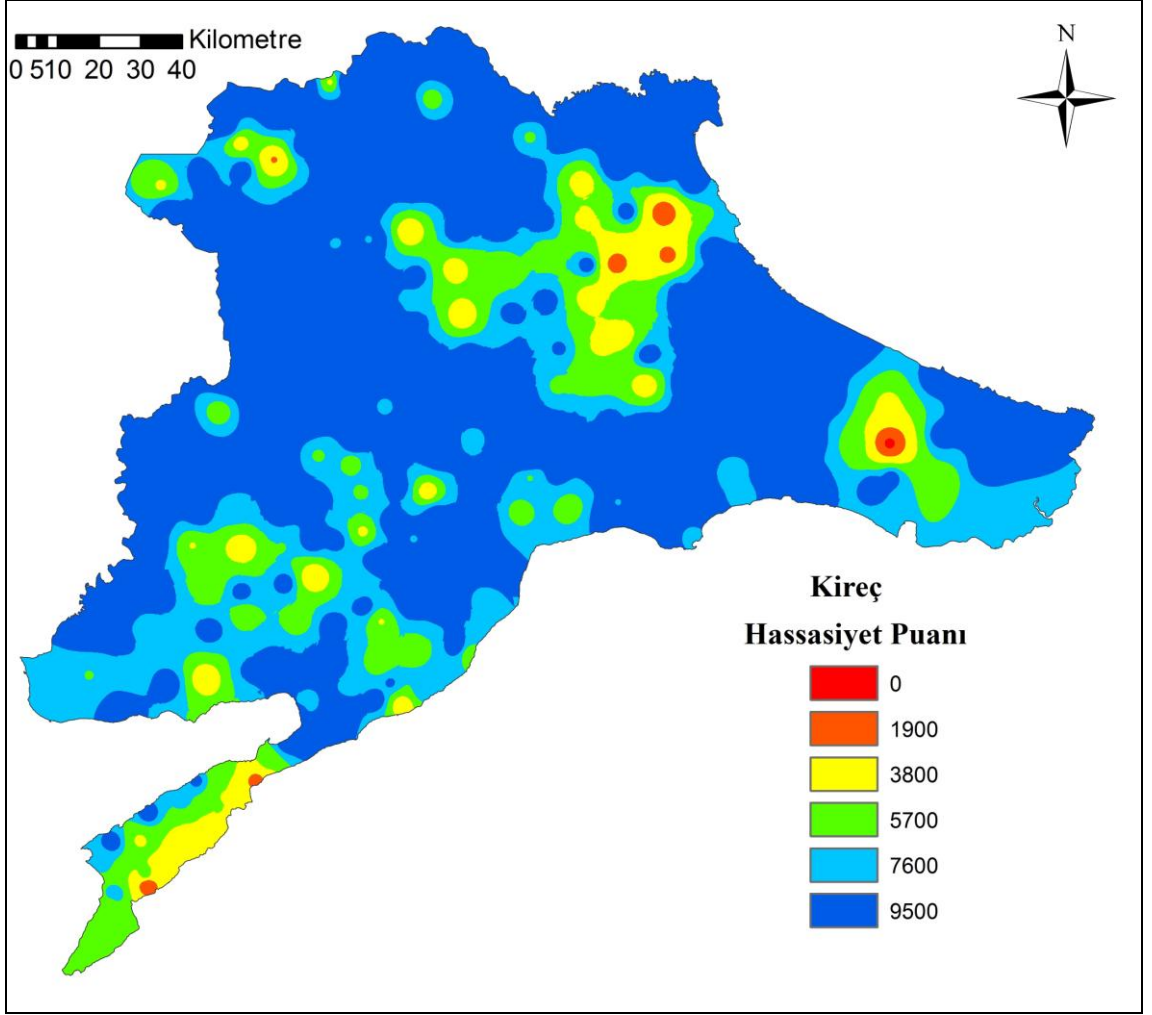
Araştırma alanı pH değerlerinin alansal dağılımı Şekil 4.9'da verilmiştir. Bu değerlerin kuraklık hassasiyet puanlamaları verilerek tekrar oluşturulan hassasiyet puanı haritası Şekil 4.77'de görülmektedir. Araştırma alanındaki pH seviyesi nötr olarak kabul edilebilecek topraklar toplam alanın %45'ini oluşturmaktadır. pH değerlendirme kriteri için verilen en yüksek kuraklık hassasiyet puanı 9,500'dir ve bu puanlama toplamda 1,061,928 ha alana verilmiştir.



Şekil 4.77. pH kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

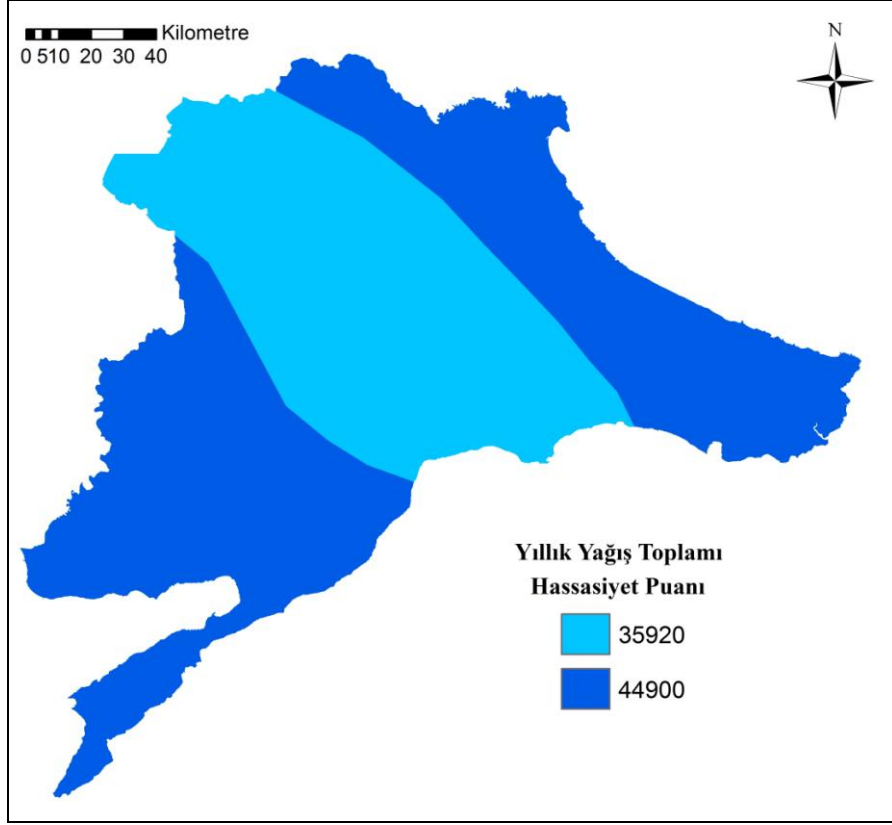
Araştırma alanı topraklarının kireç içerik oranlarının kuraklık hassasiyet puanlamalarını gösteren harita Şekil 4.78’de verilmiştir. Kireç içeriği %5’in altında olan 1,572,004 ha alan en yüksek kuraklık hassasiyet puanı olan 9,500 puanı almıştır ve bu alan toplam araştırma alanının %66.6’sıdır. Araştırma alanının büyük bir kısmında kireç problemi görülmemektedir.

Kireç oranının %40’ın üzerine çıktığı alanlar toplam alanın %0.1’ini oluşturmaktadır ve 2,365 ha’dır. Kireç içeriklerinin kuraklığa orta düzeyde hassas şekilde nitelendirildiği alanların oranı ise %12.7’dir.

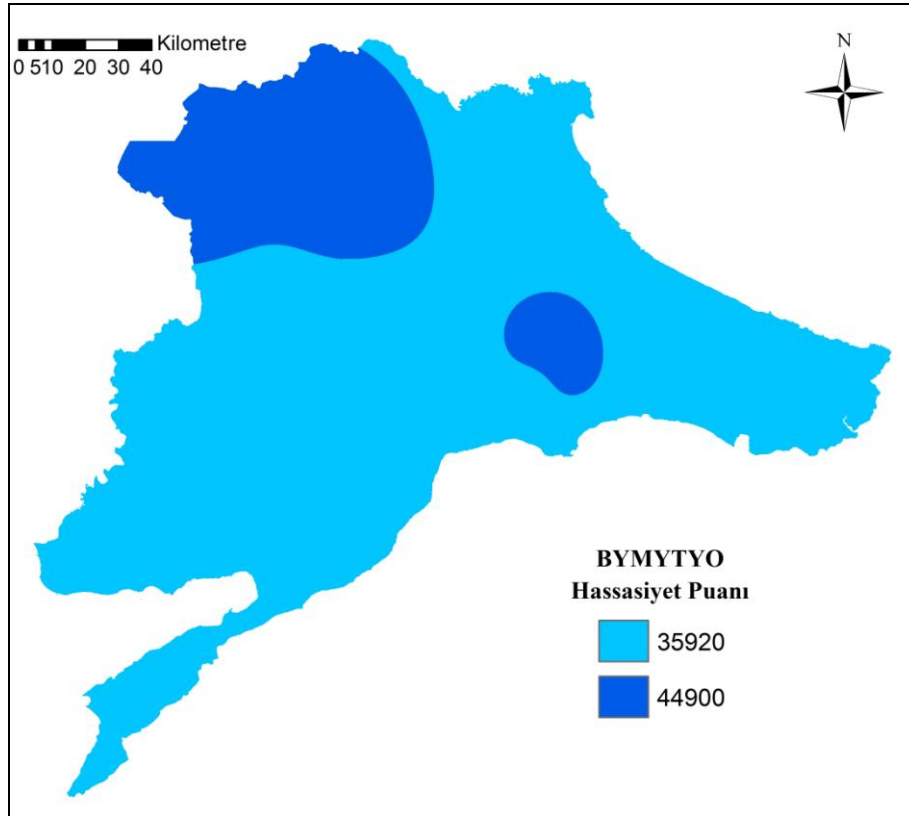


Şekil 4.78. Kireç kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

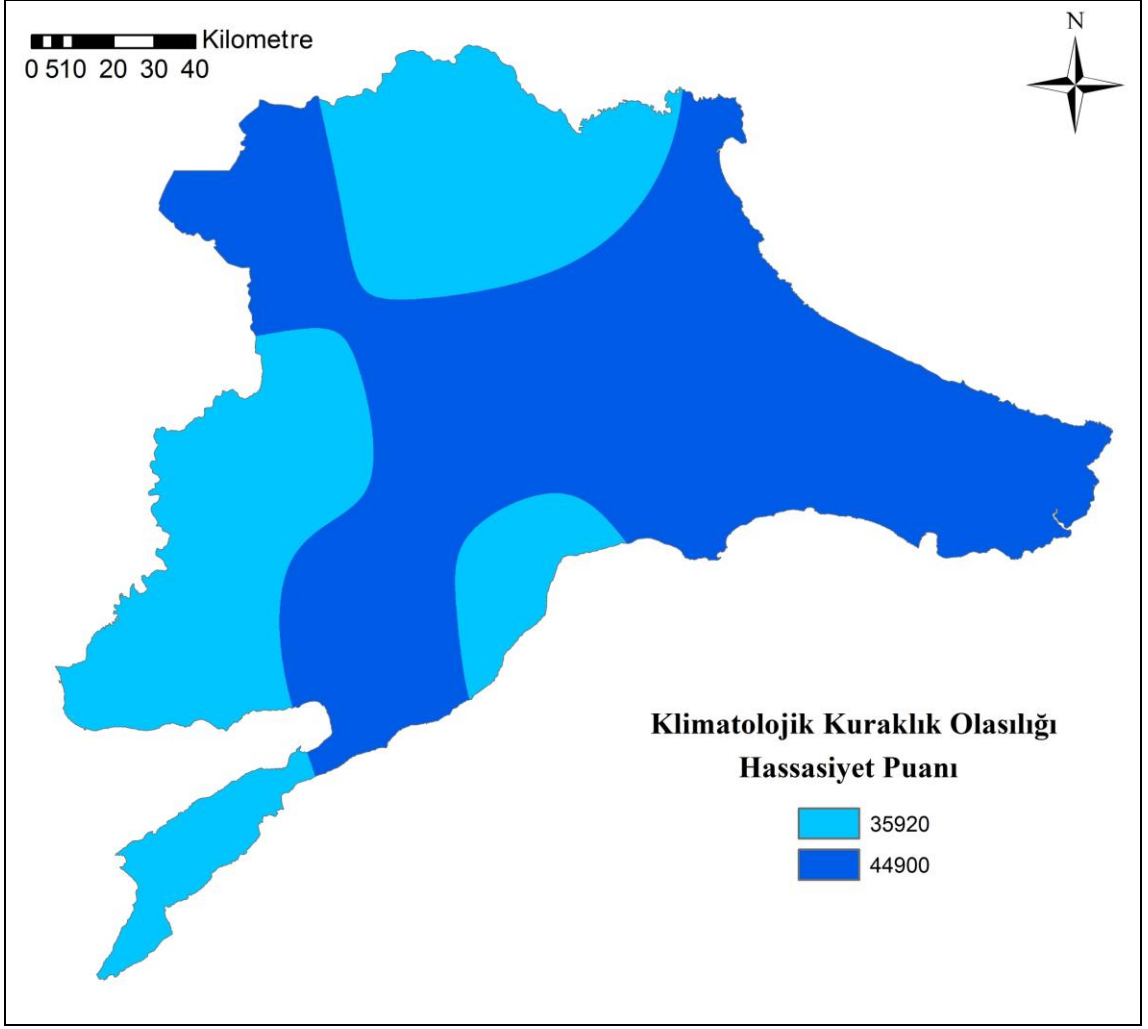
Kuraklık hassasiyet analizinde yağış miktarını esas alarak hesaplamalara katılan üç adet değerlendirme kriteri bulunmaktadır. Yıllık yağış toplamını esas alan değerlendirme kriteri sonucunda iki farklı kuraklık hassasiyet puanı verilmiştir (Şekil 4.79). Benzer puanlama durumu bahar ve yaz mevsimlerinde düşen toplam yağışın tüm yılın yağış miktarına oranında (Şekil 4.80) ve klimatolojik kuraklık olasılıklarında (Şekil 4.81) da görülmektedir. Yıllık yağış miktarının 600 mm'nin üzerinde ve mevsimlik yağış oranının %40'ı aştığı alanlarda yağış kriteri açısından kuraklık hassasiyet puanlaması tam puan almıştır.



Şekil 4.79. Yıllık yağış toplamı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

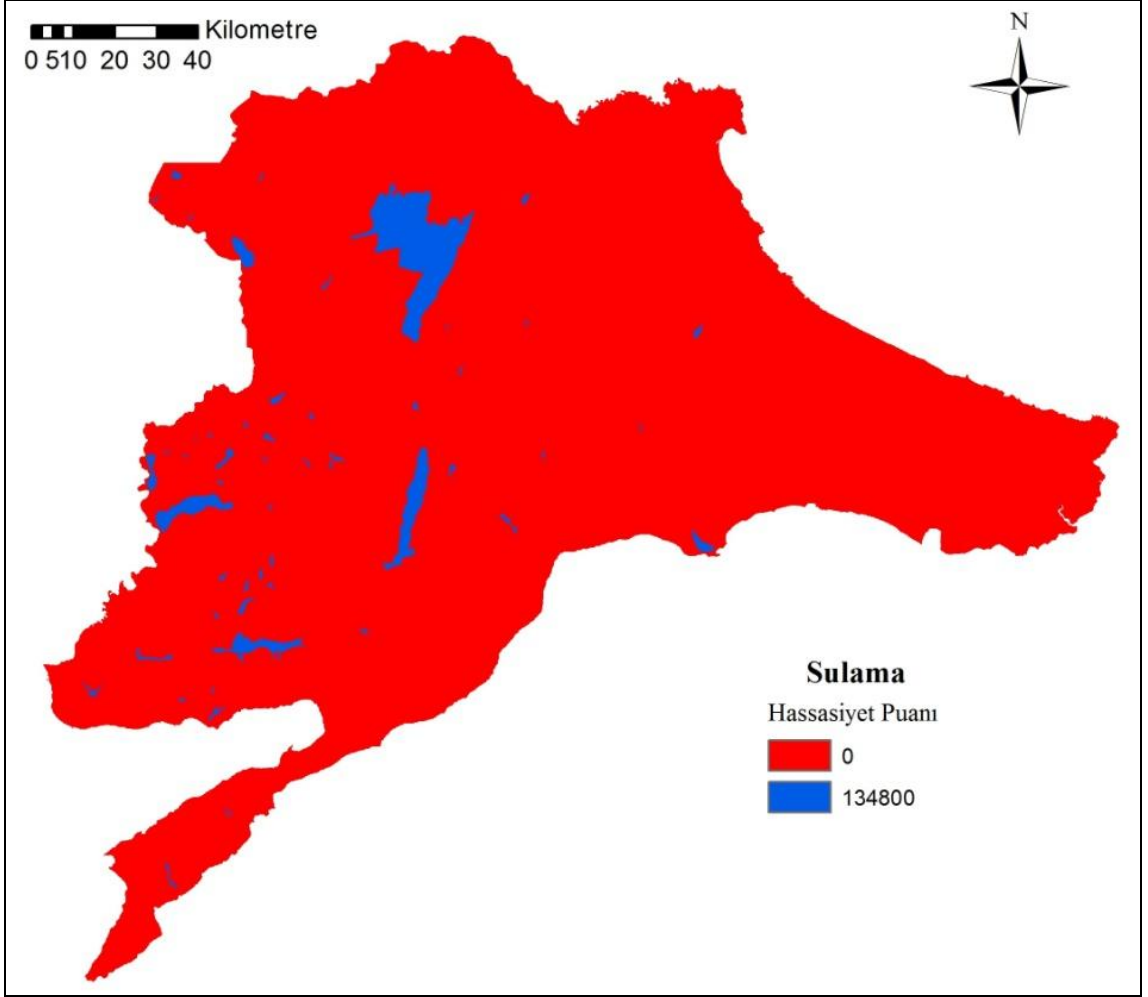


Şekil 4.80. BYMYTYO kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı



**Şekil 4.81.** Klimatolojik kuraklık olasılığı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

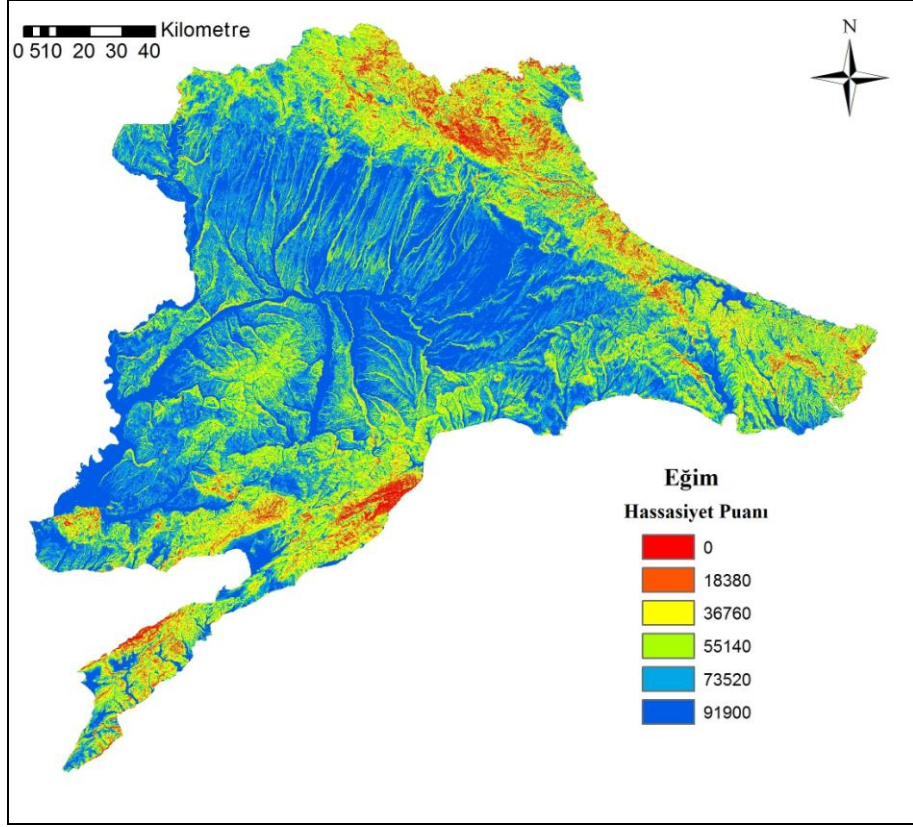
Sulama kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı Şekil 4.82’de verilmiştir. Sulama sistemlerinin bulunduğu alanlar 134,800 hassasiyet puanı almıştır ve araştırma alanı genelinde 73,075 ha alanı kapsamaktadır.



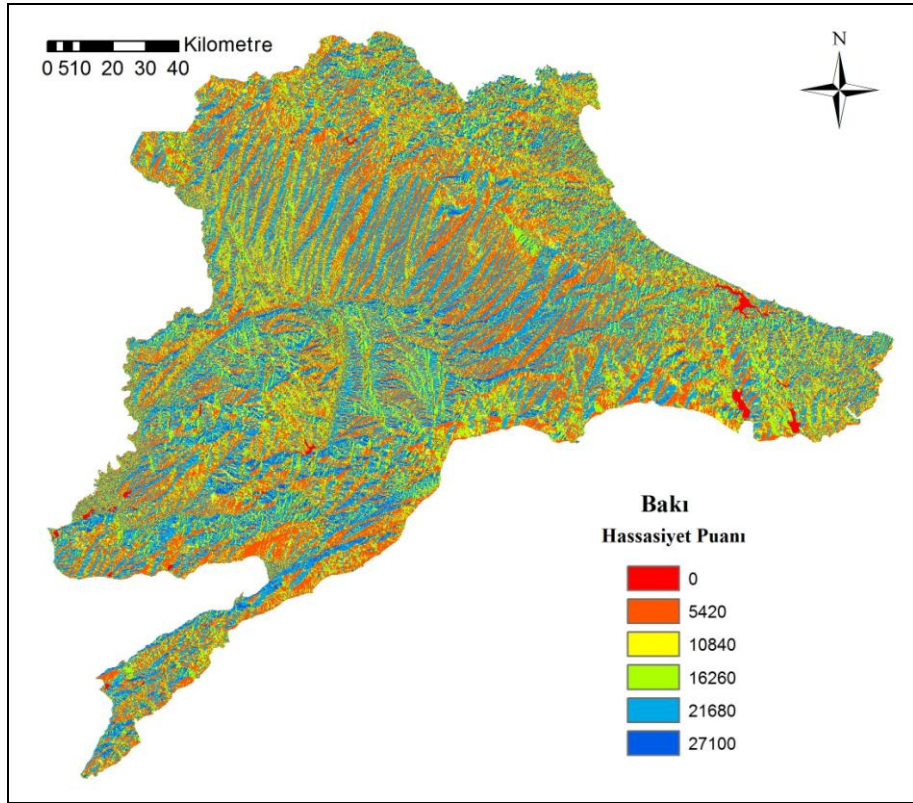
**Şekil 4.82.** Sulama kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

Topografya üç alt değerlendirme kriterine sahiptir. Eğim için verilen hassasiyet puanlarının alansal dağılımı Şekil 4.83'de verilmiştir. %6'lık eğim seviyesine kadar hassasiyet puanlaması kuraklığa karşı dayanıklı olarak tanımlanmıştır ve araştırma alanının %59.5'i bu puanı almıştır. Bakı kriterinin hassasiyet puanlaması Şekil 4.84 ve yükseklik kriterinin hassasiyet puanı ise Şekil 4.85'de görülmektedir. Araştırma alanı içerisinde bakışı kuzeye bakarak tam kuraklık hassasiyet puanı alan alanların toplam alana oranı %10.9'dur. Marmara Bölgesi Trakya bölümü topraklarının %87.3'ünün yüksekliği 300 m'nin altındadır. Bu alanların aldığı kuraklık hassasiyet puanı 100 m yüksekliğin altında 0 ve 100-300 m yükseklik arasında ise 3,180'dir. Yükseklik açısından kuraklık hassasiyet puanını tam alan alanların toplam alana oranı %0.14'tür.



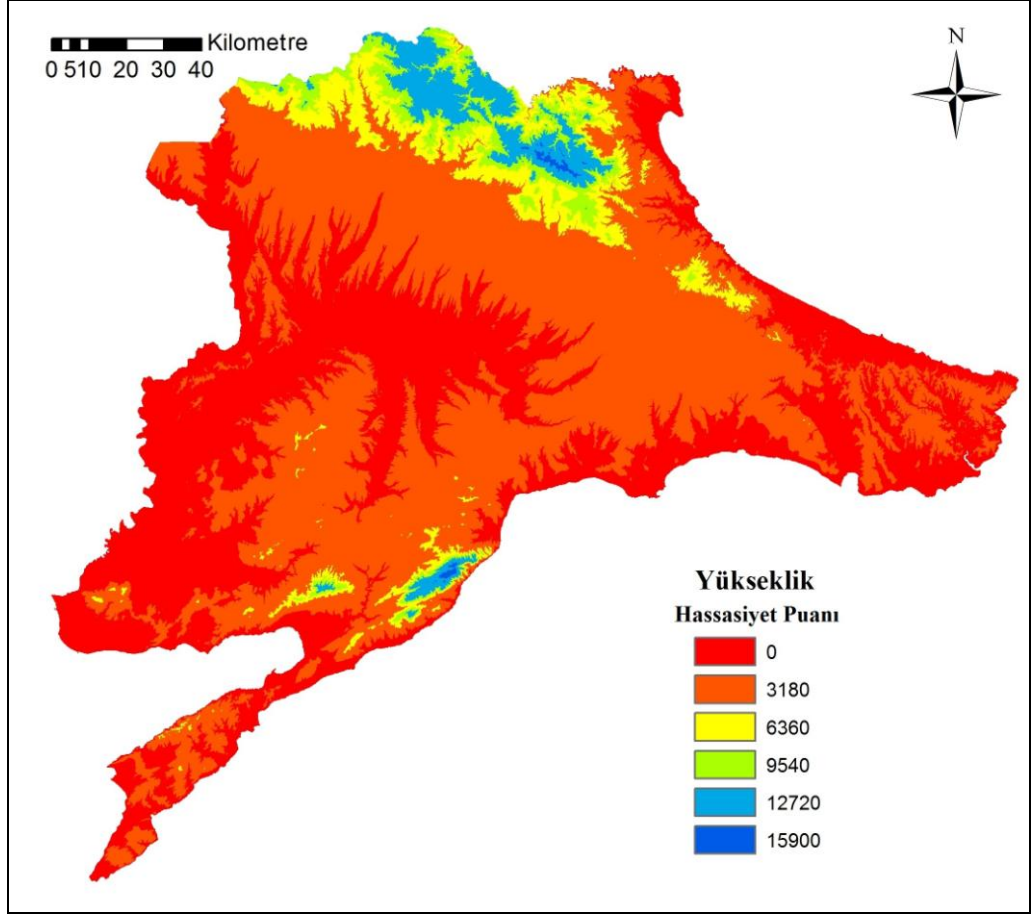


Şekil 4.83. Eğim kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı



Şekil 4.84. Bakı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

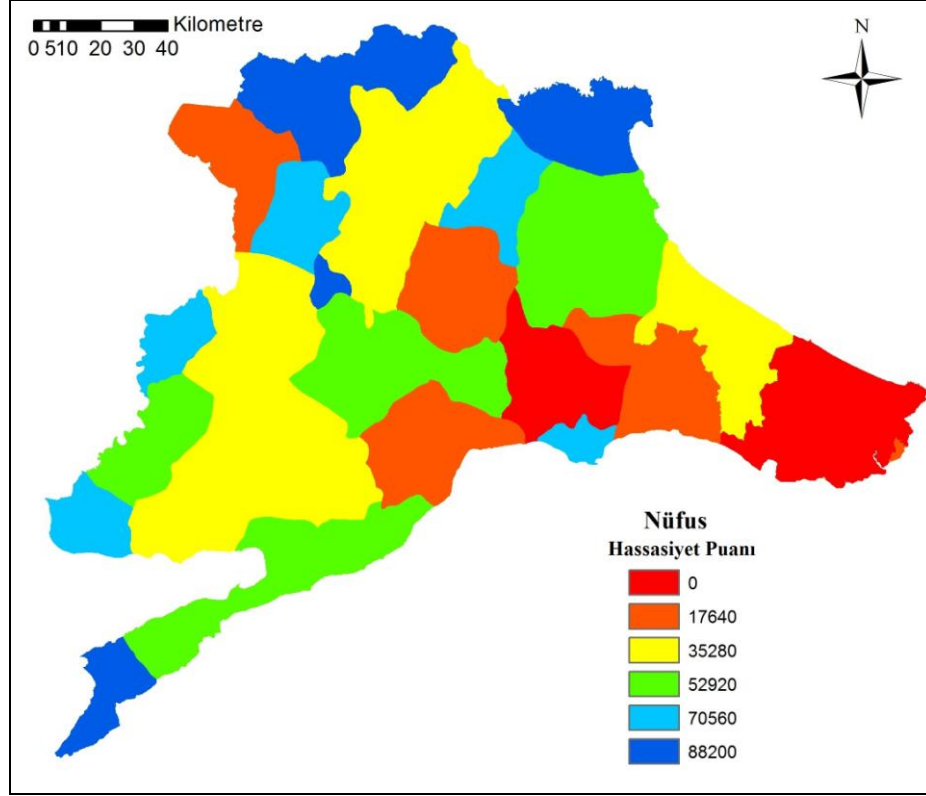




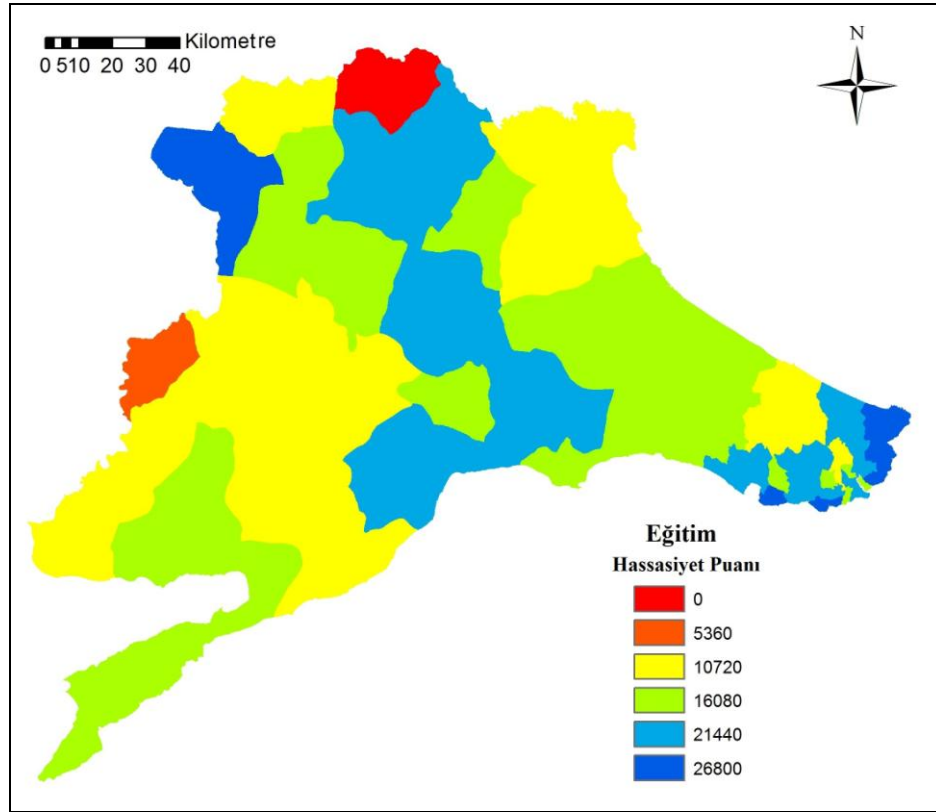
**Şekil 4.85.** Yükseklik kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

İstanbul dahil edilmez ise araştırma alanındaki yerleşim yerlerinin nüfusu çok yüksek sayılar değildir. İlçe nüfusları ve sınırları dikkate alınarak nüfus sayılarına karşılık gelen kuraklık hassasiyet puanlarının alansal dağılımı Şekil 4.86’da görülmektedir. Nüfusun 10,000’nin altında olduğu yerler bu kriter için tam hassasiyet puanı almıştır ve puan 88,200’dir. Bu hassasiyet puanını araştırma alanının yalnızca %5.5’i alabilmiştir. Nüfusun 200,000’nin üzerine çıktığı yerler ise hassasiyet puanı alamamıştır, bu alanların toplam alana oranı ise %10.8’dir.

Eğitim seviyesinin hassasiyet puanlamalarının alansal dağılımı gösteren harita Şekil 4.87’de verilmiştir. Tüm araştırma alanında bu kriterden puan alamayan tek ilçe Kırklareli’nin Kofçaz ilçesidir. 15 yaş üstü ortaokul veya dengi ve üzeri okul mezunlarının sayısının toplam nüfusa bölünmesi ile elde edilen eğitim seviyesi oranında toplam alanın sadece %4.6’sı tam puan alabilmiştir.



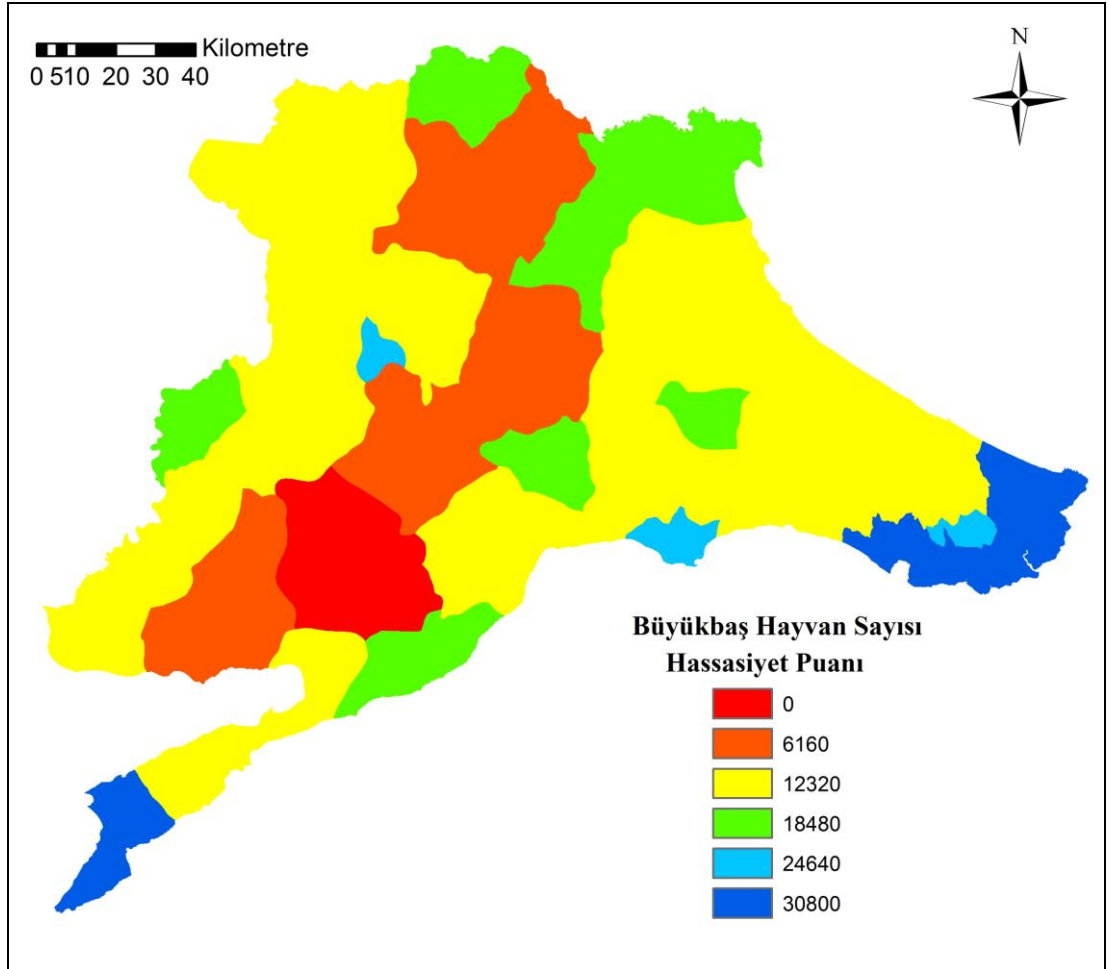
Şekil 4.86. Nüfus kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı



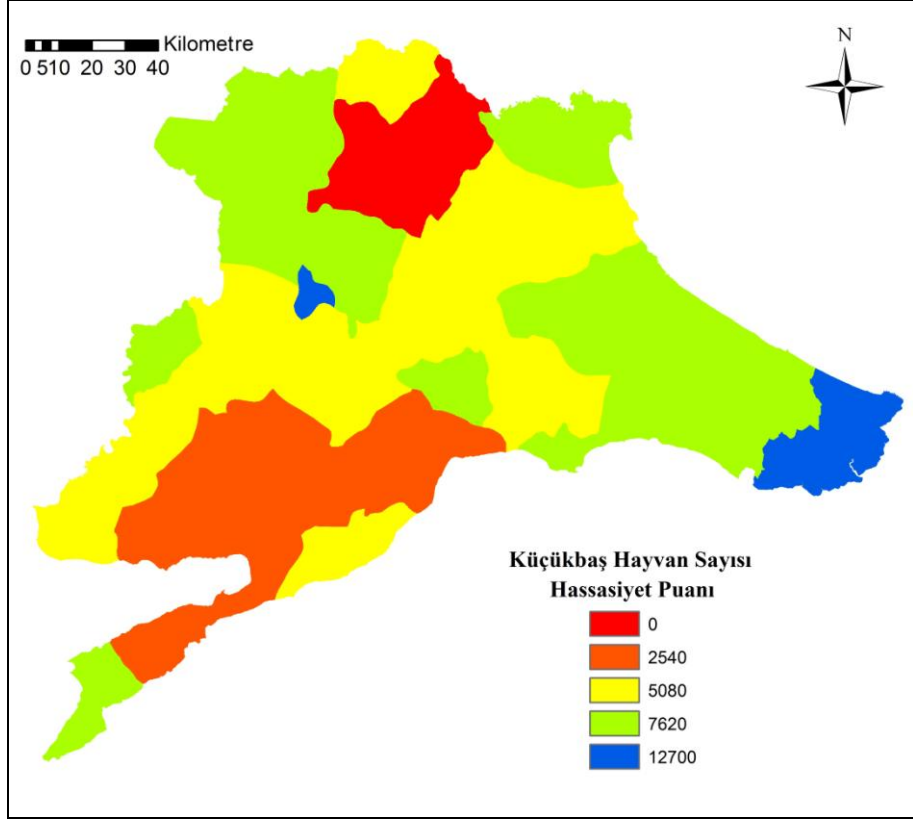
Şekil 4.87. Eğitim seviyesi kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

Sosyo-ekonomik göstergelerin içerisinde hayvan sayıları, kuraklık hassasiyet analizinde kullanılmak üzere değerlendirme kriteri seçilmiştir. İlçelere ait büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının sayıları büyüklüklerine göre farklı hassasiyet puanlarına ayrılmışlardır. Hayvan sayıları kullanılarak oluşturulan hassasiyet puanlaması haritaları büyükbaş için Şekil 4.88’de, küçükbaş için 4.89’da ve kümes hayvanları için 4.90’da verilmiştir.

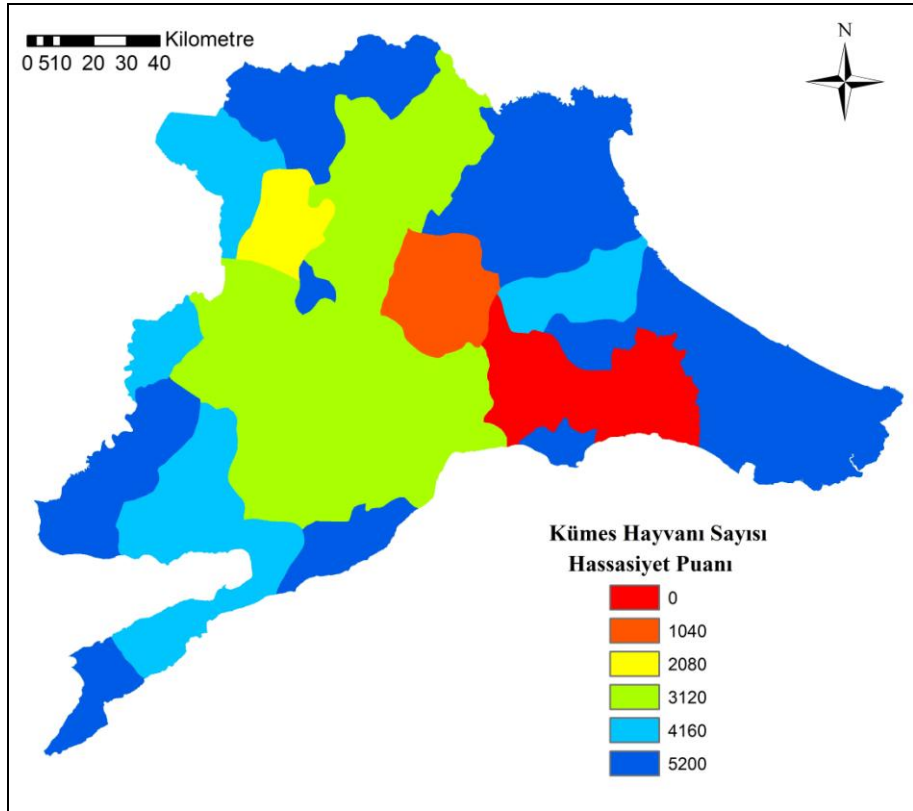
Büyükbaş hayvancılık açısından en düşük hassasiyet puanlarını Keşan, Malkara, Kırklareli ve Hayrabolu almıştır. En yüksek puan olan 30,800’ü İstanbul ilçeleri ve Eceabat almıştır. Küçükbaş hayvancılık açısından sıfır hassasiyet puanını sadece Kırklareli merkez ilçesi almıştır. Malkara, Keşan, Tekirdağ ve Gelibolu ilçeleri onu takip etmektedir. Kümes hayvancılığı Çorlu ve Silivri ilçelerinde büyük ölçekte yapılmaktadır ve bu ilçeler kuraklık hassasiyet puanı alamamıştır.



Şekil 4.88. Büyükbaş hayvan sayısı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

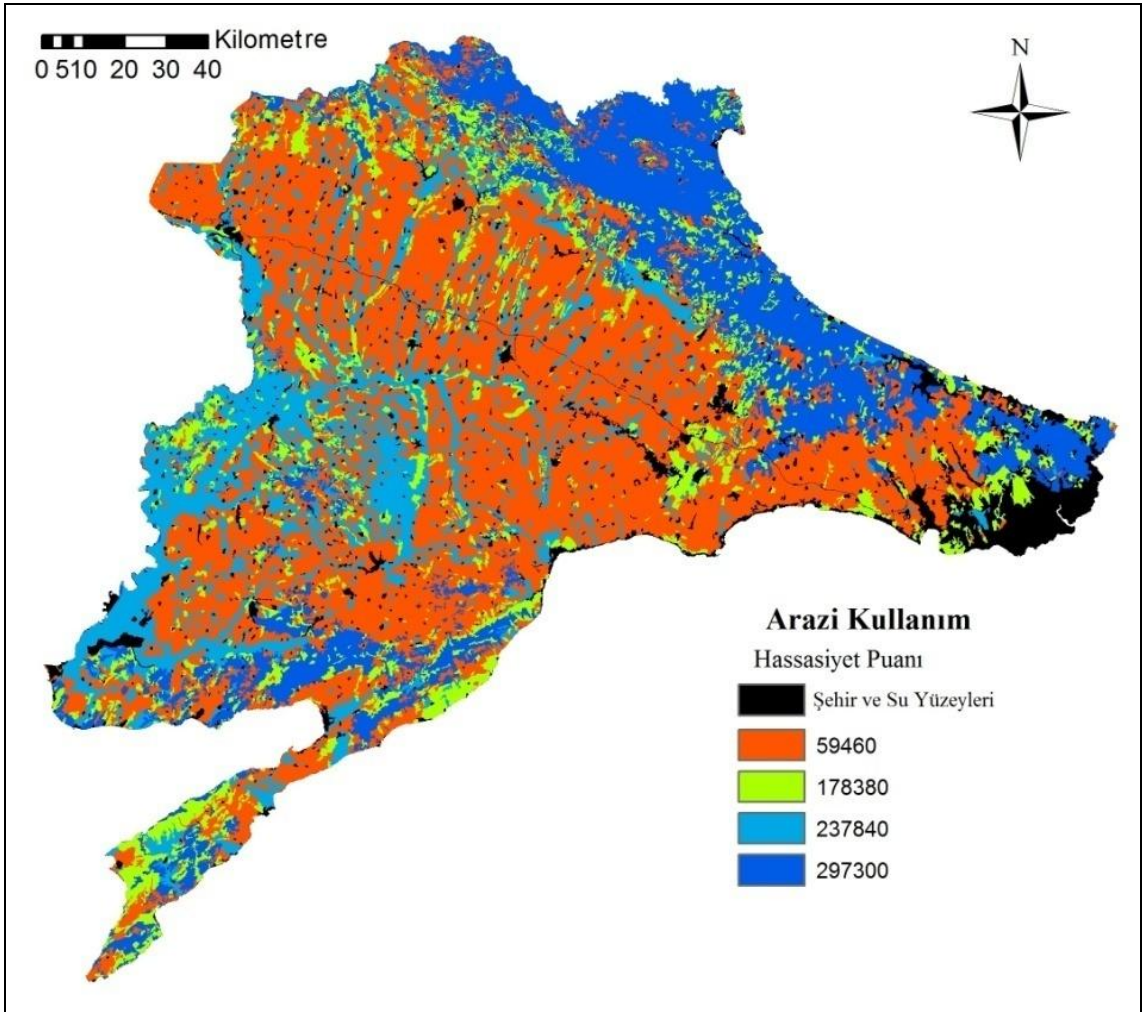


Şekil 4.89. Küçükbaş hayvan sayısı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı



Şekil 4.90. Kümes hayvanı sayısı kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı

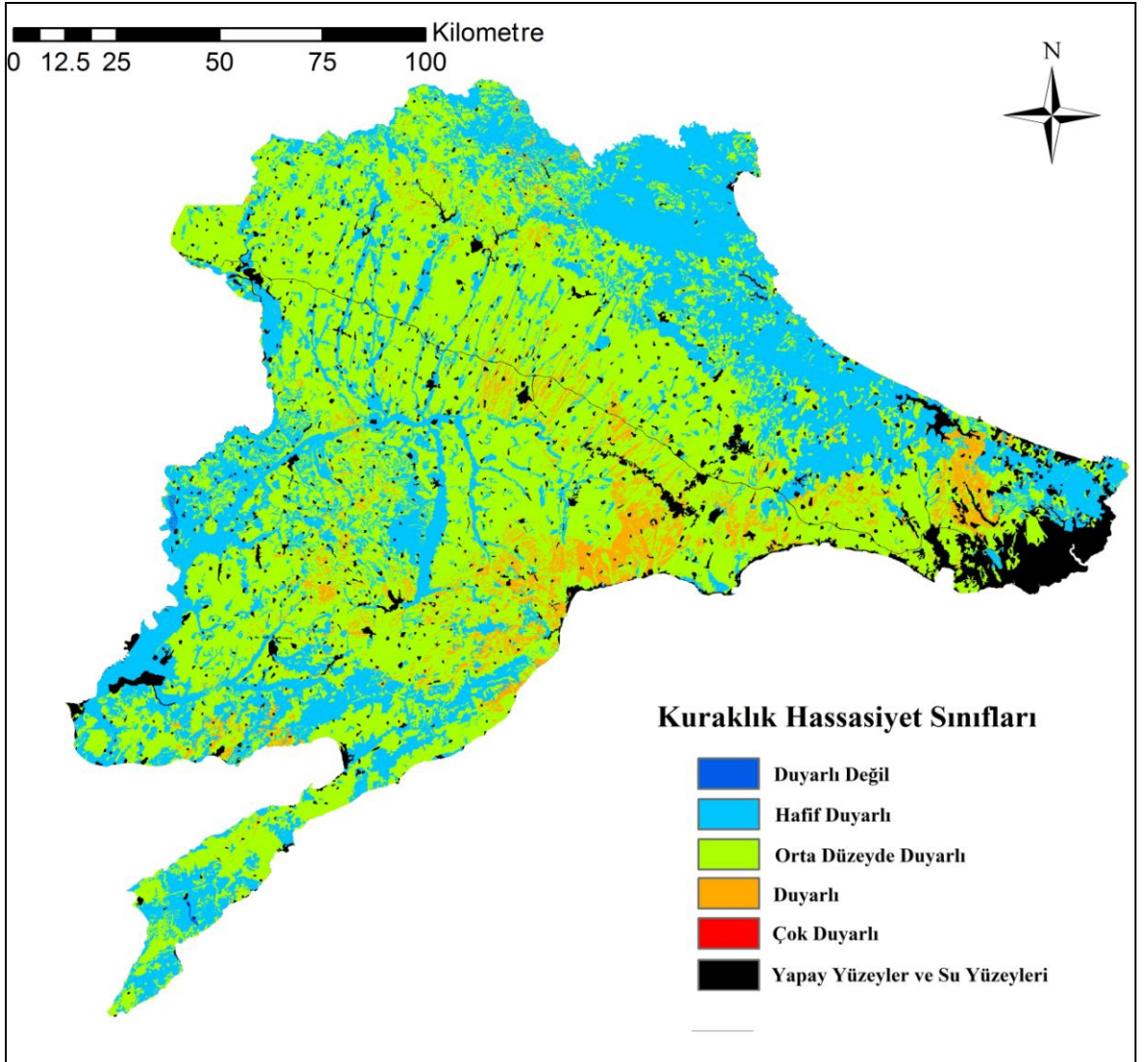
Arazi kullanım tiplerinin kuraklık hassasiyet puanları tüm kuraklık hassasiyet hesaplamalarında büyük bir öneme sahiptir. Tüm değerlendirme kriterleri içerisinde en yüksek ağırlık puanı arazi kullanım türünüdür. Arazi kullanım şekillerine verilen hassasiyet puanlarıyla elde edilen harita Şekil 4.91’de görülmektedir. Sulamanın yapıldığı alanların 237,840 hassasiyet puanı, ormanlık ve doğal alanların ise 297,300 puan aldığı görülmektedir. Hiçbir arazi kullanım tipi sıfır puan almamıştır. Arazi kullanım tipi değerlendirmesinde kuraklığa dayanıklı sınıfa giren alan tüm araştırma alanının %19.98’idir ve 297,300 hassasiyet puanı almıştır. Yerleşim alanları, yapay yüzeyler, su kütlelerin gibi alanların oranı ise %6.47’dir. Tarımın susuz koşullarda yapıldığı alanlar en düşük hassasiyet puanına sahiptir ve bu değer 59,460’a eşittir.



Şekil 4.91. Arazi kullanım tipi kriterinin hassasiyet puanlamasının alansal dağılımı



Kuraklık hassasiyet haritası, 100x100 m çözünürlüklü raster formatındaki 19 adet değerlendirme kriterine ait katmanın üst üste bindirilip her bir piksel için bu 19 hassasiyet puanının toplanması ile oluşturulmuştur. Hesaplamalar sonucunda ulaşılan en yüksek hassasiyet puanı 883,300 ve en düşük puan 312,560'tır. Su kütleleri, kentsel alanlar, otoyol gibi yapay yüzeylere puanlama yapılmamıştır. Daha sonra her bir pikselin hassasiyet puanının 10,000'e bölünmesi ile ölçeği 100 olan puanlara dönüştürülmüş ve kuraklık hassasiyet sınıfları için belirlenen eşik değerler dikkate alınarak raster formattaki harita yeniden sınıflandırılarak (reclassify) Şekil 4.92'de verilen Marmara Bölgesi Trakya bölümü topraklarının kuraklık hassasiyet haritası oluşturulmuştur.



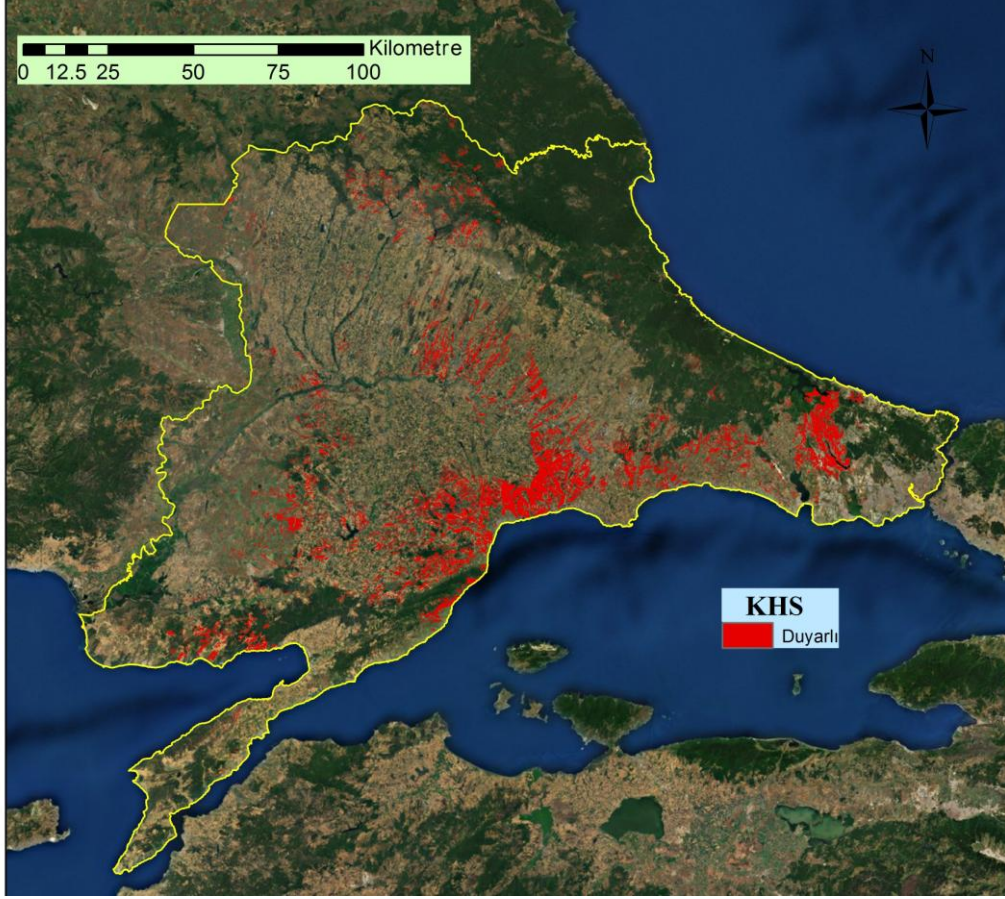
Şekil 4.92. Kuraklık hassasiyet sınıfı haritası

Hesaplamalar sonucunda kuraklığa “Çok Duyarlı” sınıfından bir alan tespit edilmemiştir. Meriç-Ergene havzasının değerli toprakları, yağışın susuz tarım için sınır düzeyde olması, havza içerisinde eğimin düşük olması gibi nedenler susuz tarım yapılan alanlarda kuraklık hassasiyet puanlarını yükseltmektedir. Araştırma alanı içerisinde, hassasiyet puanlaması üzerinde önemli etkisi olan toprakların yarıyıllı nem kapasitesi, eğim ve bakı gibi özellikler açısından zayıf olan bölgeler üzerinde orman, çayır ve mera gibi kuraklığa karşı hassasiyeti olan doğal bitki örtüsünün bulunması bu alanların kuraklık hassasiyet puanını yükseltmiş ve kuraklığa karşı “Çok Duyarlı” alanların meydana gelmesini engellemiştir.

Kuraklık hassasiyet puanlarının yükselmesindeki bir başka faktör ise sosyo-ekonomik değerlendirme kriterleri açısından araştırma alanının sahip olduğu özelliklerdir. İstanbul ilçeleri dikkate alınmaz ise en kalabalık kent merkezleri Tekirdağ’ın ilçelerindedir. Kırklareli ve Edirne’nin bazı ilçelerinin kent ve köy nüfusu toplamı 5,000’nin altındadır. Araştırma alanı içerisinde hayvancılık faaliyetlerinin de bazı ilçelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Tüm bu faktörler bölge genelinde kuraklık hassasiyet puanlarının yükselmesine yardım etmektedir.

Kuraklık hassasiyet sınıfı “Duyarlı” olarak nitelendirilen alan tüm araştırma alanı içerisinde %5.7’lik orana sahiptir. Kuraklık hassasiyetini yükselttiği belirtilen faktörler, bu kuraklık hassasiyet sınıfındaki alanın da küçük bir oranda kalmasına neden olmuştur. Kuraklık hassasiyet sınıfı “Duyarlı” olarak nitelendirilen alanların nerelerde konumlandığı gösteren harita Şekil 4.93’de verilmiştir.

Toplamda 135,237 ha alan “Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfına girmiştir. Tekirdağ’ın batısındaki Tekir Dağları’nın güney yamaçları ve Korudağ’ın batısında Saroz Körfezi’ne bakan Edirne köyleri bakı ve eğim kriterleri yüzünden bu kuraklık sınıfında yer almıştır. Bakı ve eğimin kuraklık hassasiyet analizindeki toplam ağırlığı %11.9’dur. Bu değerlendirme kriterleri Meriç-Ergene havzasında tarımın susuz yapıldığı alanlarda belirleyici etken olmuştur. Bu durum Lüleburgaz’ın tarım arazilerinde açıkça görülmektedir. Kırklareli’nin kuzey kısımlarındaki eğimli, toprak derinliği düşük ve tarımın susuz yapıldığı yerlerde de kuraklık hassasiyet sınıfı “Duyarlı” bulunmuştur.



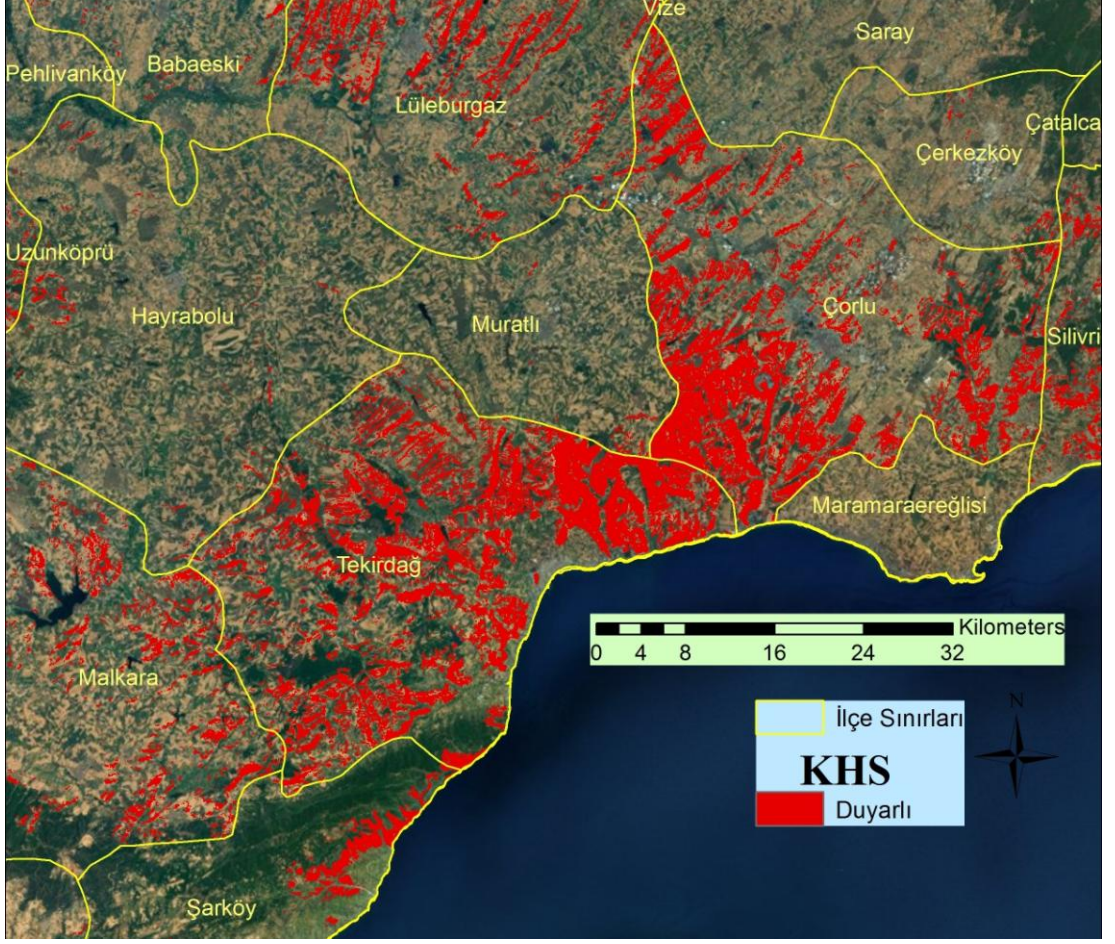
**Şekil 4.93.** Kuraklık hassasiyet sınıfı (KHS) “Duyarlı” bulunan yerler

Arnavutköy, Çorlu, Tekirdağ, Silivri ve Malkara'nın “Duyarlı” bulunmasının başlıca sebepleri nüfus ve hayvancılık faaliyetleri nedeniyledir. Nüfusun etkisi komşu iki ilçe arasındaki sınır çizgisinin iki ayrı tarafının farklı kuraklık hassasiyet sınıfına girmesiyle açıkça görülmektedir (Şekil 4.94).

Doğal alanlar ve sulama yapılan tarım arazileri dışında neredeyse bütün tarım arazileri “Orta Düzeyli Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfında yer almıştır. Bu tür kuraklık hassasiyet sınıfı tüm araştırma alanının %54.8'ini oluşturmaktadır.

Bölgesel yağış miktarının susuz tarım için sınır düzeyde olması ve tarımın geniş alanlarda sulama yapılmadan sürdürülmesi nedeniyle bu kuraklık hassasiyet sınıfının oranı büyük bulunmuştur. “Orta Düzeyde Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfı yağış rejiminde görülebilecek düşüşe karşı çok duyarlıdır. Bölge genelinde yaklaşık 600 mm düşen yağış miktarının 500 mm'ye düşmesi, kış yağışlarının azalması, yaz mevsimi düşen yağışların şiddetinin artarak toprağın su alma hızını aşması gibi olası senaryolar sonucunda bu kuraklık hassasiyet düzeyine sahip alanlar riskli alanlara dönüşebilirler.





**Şekil 4.94.** Kuraklık hassasiyet sınıfları üzerinde nüfusun etkisi

Yapılan bazı küresel ve bölgesel iklim değişikliği araştırmaları bizim de içinde bulunduğumuz Doğu Akdeniz Havzasında önemli iklimsel değişimlerin olduğu ve gelecekte Türkiye'nin de iklim değişikliğinden olumsuz etkileneceğini belirtmektedir (Demir ve ark., 2008; Tatlı ve ark., 2004, 2005; IPCC, 2001, 2007; Türkeş ve Sümer, 2004; Türkeş ve Tatlı, 2008, 2009; Türkeş, 1999, 2003, 2007, 2008, 2012a, 2012b.; Erlat ve Türkeş, 2013; vb).

Yapılan analizler sonucunda Türkiye'de özellikle kış yağışlarında azalma, ilkbahar ve yaz ortalama, ortalama maksimum (en yüksek) ve özellikle ortalama minimum (en düşük) hava sıcaklıklarında ise bir artış eğilimi gözlenmiştir (Türkeş, 2011, 2012b, Türkeş ve ark., 2002; Türkeş ve Sümer, 2004; Türkeş, 2012b). Bu sıcaklık artışları ile İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgelerinin iklimlerinde kurağa doğru önemli değişiklikler belirlenmiştir (Türkeş, 1999, 2011, 2012a, 2012b, 2013; Türkeş ve ark., 2009). Kuraklığın etkisi sonucunda Trakya, Ege, İç ve Güneydoğu Anadolu'da su kaynaklarında önemli azalmalar görülmüştür (Türkeş ve Altan, 2011, 2013a, 2013b, 2014; Türkeş, 2014). Bu araştırmalar

gelecekte Trakya'nın şu an için dengede olan tarımsal üretim sisteminin bozulabileceğini göstermektedir.

Araştırma alanında yılın 12 ayı yağış düşmektedir ve kuraklık açısından önemli olan bahar-yaz mevsimi yağışlarının yıllık toplam yağışa oranı %30-40 seviyelerindedir. Su bütçesi yaklaşımı ile Meriç-Ergene havzası için tahmin edilen toprak nem içeriği değerleri buğday ve ayçiçeği üretiminin ardından toprak neminin solma noktasına kadar düştüğü görülmektedir. Bu veriler kuraklık hassasiyet sınıfının “Orta Düzeyde Bulunduğu” alanların hassasiyet düzeyinin günümüz için geçerli olduğunu işaret etmektedir ve günümüzdeki hassas dengenin bozulması durumunda tehlike altında olduklarını göstermektedir.

Tekirdağ'da nüfus sanayileşme ile artmış durumdadır, ancak Kırklareli ve Edirne'nin ilçelerinde bu durum söz konusu değildir. İstanbul'un sanayi bölgelerinden İkitelli ve Dudullu'nun Ergene havzasına taşınmasının planlandığı hakkında haberler medyada gündeme gelmişti (Anomim, 2014). Aileleriyle birlikte milyona yakın insanı bulabilecek bu kadar büyük bir göçün Edirne ve Kırklareli ilçelerine yerleşmesi, mevcut su kaynaklarının kullanımı konusunda büyük problemler doğurması olasıdır. Günümüzde böyle bir atılım yapılmış olmasa da gelecekte böyle bir yapılanmasının gerçekleşmesi mümkündür. Bu durumda tüm araştırma alanının yapısı değişecek ve kuraklığın sosyal boyutunun tehlikesi artacaktır. Bu örnek kuraklık planlarının, kalkınma planlamaları ile birlikte yapılmasının gerekliliğini göstermektedir.

Kuraklık hassasiyet analizi sonucunda araştırma alanının yaklaşık %33.1'i “Hafif Duyarlı” hassasiyet sınıfında tespit edilmiştir. CORINE arazi kullanım tipi sınıflandırma sistemi ile ormanlık ve doğal alanlar araştırma alanının %3'ünü, sulanan tarım arazileri ile çeltik alanları ise yaklaşık %1'ini kapsamaktadır. Bu arazi kullanım tipleri “Hafif Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfını oluşturmaktadır.

Ormanlar, çayır ve meralar kuraklığa karşı dayanıklı doğal bitki örtüleridir. Kültür bitkilerinin aksine, uzun bir sürecin ardından kendilerine toprak yüzeyinde yer bulmuş ve uzun zamanlar süresince kendi ekosistemini oluşturmuştur. Var oldukları süre boyunca şiddetli kuraklıklar atlatmış ve devamlılığını korumuştur, bu nedenle kuraklığa karşı dayanıklılığını kanıtlamıştır.

Karadeniz ikliminin hakimiyeti altında bulunan alanlarda yüksek boylu, geniş yapraklı nemli ormanlar bulunurken, güney kesimlerde ise kozalaklı kuru ağaçlardan oluşan ağaçlar yoğunluktadır. Her iki orman tipi de bulunduğu ortamın ekosisteminin bir

parçasıdır. Kuraklığa dayanıklılık açısından her iki ormanda hassasiyet göstermese de, güneydeki özellikle Gelibolu Yarımadası'ndaki ormanların yangına karşı büyük hassasiyeti bulunmaktadır.

Edirne'nin İpsala ilçesi kuraklık konusunda sahip olduğu yüksek potansiyel ET miktarı karşısında düşen yağışın az olması sebebiyle hassas bir bölgede konumlanmıştır. Ancak sulama sistemlerinin kurulmuş olması ve topografyanın neredeyse düz olması sayesinde bu bölgede çeltik tarımı geniş alanlarda yapılabilmektedir. Sulama, kuraklığa karşı alınabilecek en etkili savunmadır. Bu sayede sulu tarımın yapıldığı Meriç ve Ergene nehrinin akarsu yatakları kuraklık hassasiyet derecelendirmesinde "Hafif Duyarlı" sınıfında bulunmuştur.

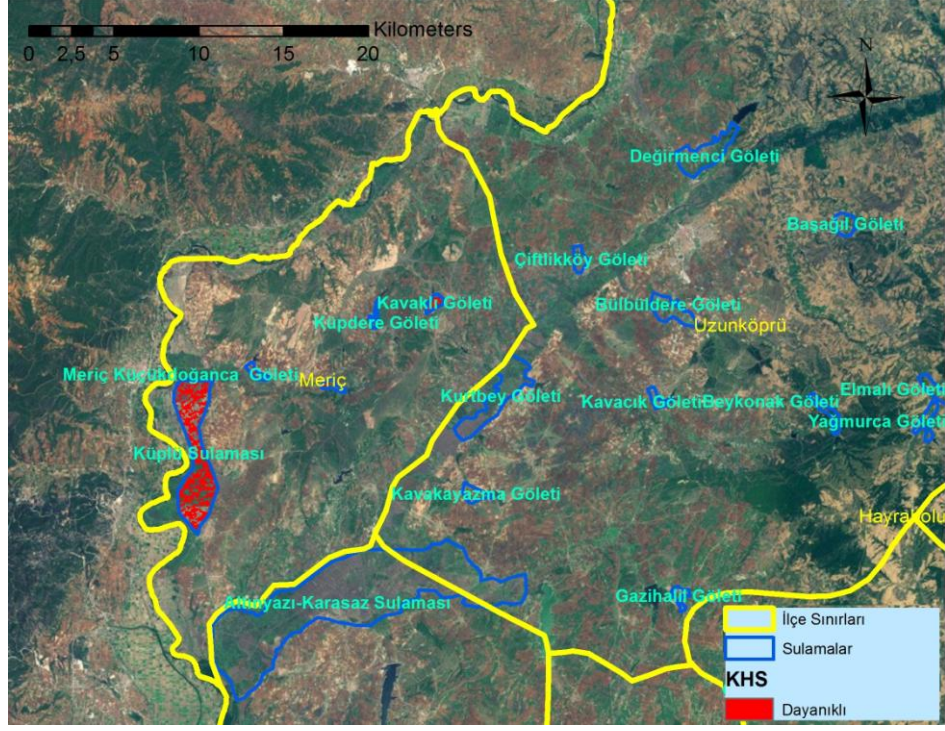
Kuraklık hassasiyet analizinde her bir pikselin sahip olduğu arazi özelliği sonucunda kazandığı 19 adet hassasiyet puanının toplanması sonucunda, tüm araştırma alanının yalnızca %0.05'i 80 puanın üzerine çıkabilmiştir. "Duyarlı Değil" kuraklık hassasiyet sınıfına sahip alan 1,276 ha'dır. Bu kuraklık hassasiyet sınıfına sahip alanlar

Kuraklık hassasiyetinin bulunmadığı tüm alanlar sulama sistemlerinin işletme alanları içerisinde konumlanmıştır. Meriç ilçesindeki Küplü sulaması içerisindeki tarım alanları kuraklığa dayanıklı sınıfta yer almıştır (Şekil 4.95). Tüm sulama alanının aynı kuraklık sınıfı içerisinde yer almamasının nedeni topografik koşulların (eğim ve bakı) küçük alanlar içerisinde bile değişiklik göstermesindedir.

Kuraklığa dayanıklı bulunan bir başka alan da Çanakkale ilçesi Eceabat'ta Uzunhızırılı Göleti sulama sahası içerinde yer almaktadır (Şekil 4.96). Tüm araştırma alanının sadece %0.05'inin kuraklığa dayanıklı bulunması çok düşük bir orandır. Tüm kuraklığa dayanıklı toprakların sulama alanları içerisinde, kuraklık hassasiyet sınıflarının yükseltilmesi için alınması gereken önlemlerin bir cevabıdır.

Araştırma alanında faaliyet gösteren DSİ 11. Şube Müdürlüğü'nün bu konuda önemli çalışmaları bulunmaktadır. İnşaatına başlanılan ve proje aşamasında olan yeni sulama sistemlerinin tamamlanması, bölgenin kurak dönemleri bitkisel verimde düşük bir kayıp ile atlatabilmesini sağlayacaktır.





Şekil 4.95. Meriç ilçesi sulamaları ve kuraklığa dayanıklı alanları

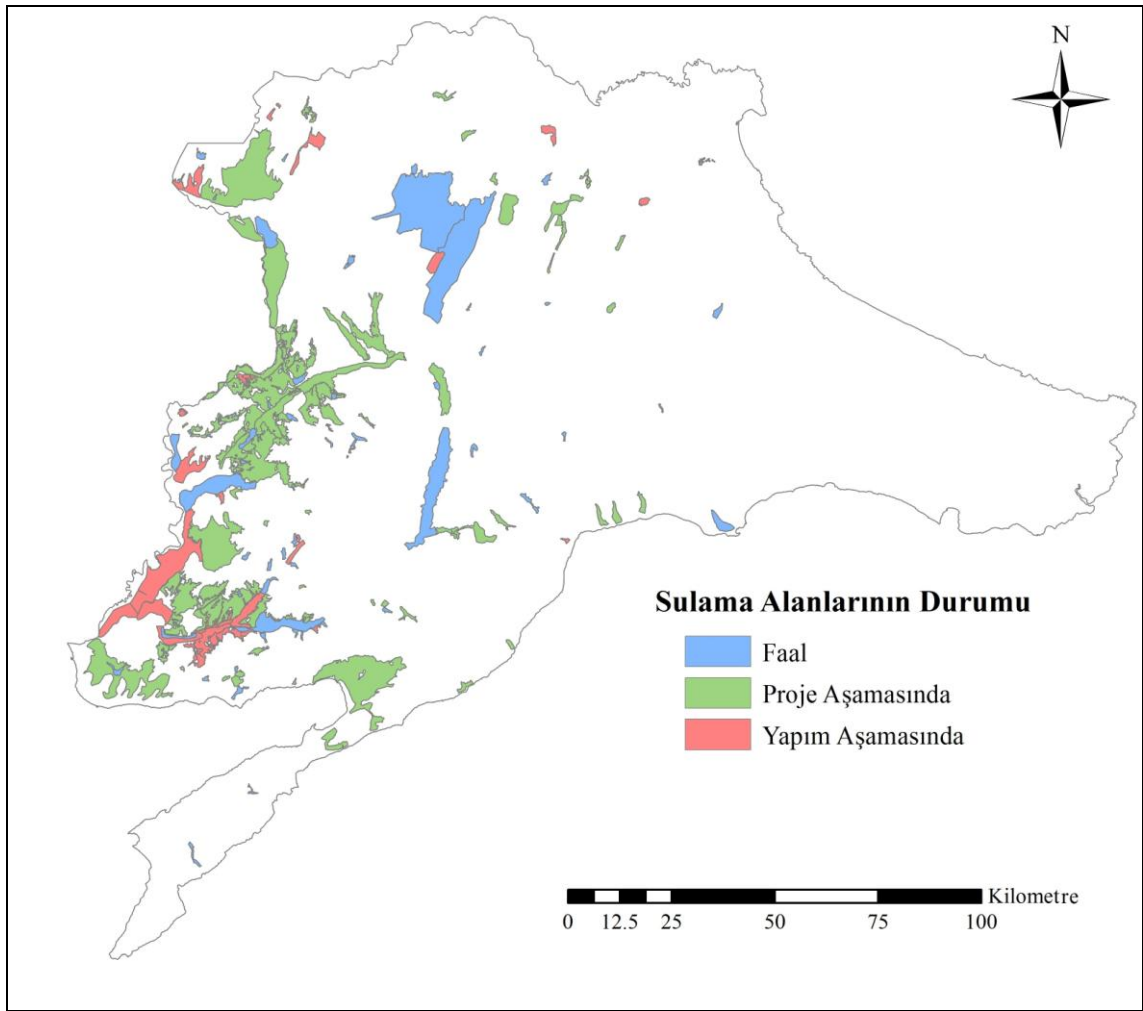


Şekil 4.96. Uzunhızırli Göleti sulaması ve kuraklığa dayanıklı alanları

#### 4.10. Gelecek Senaryoları

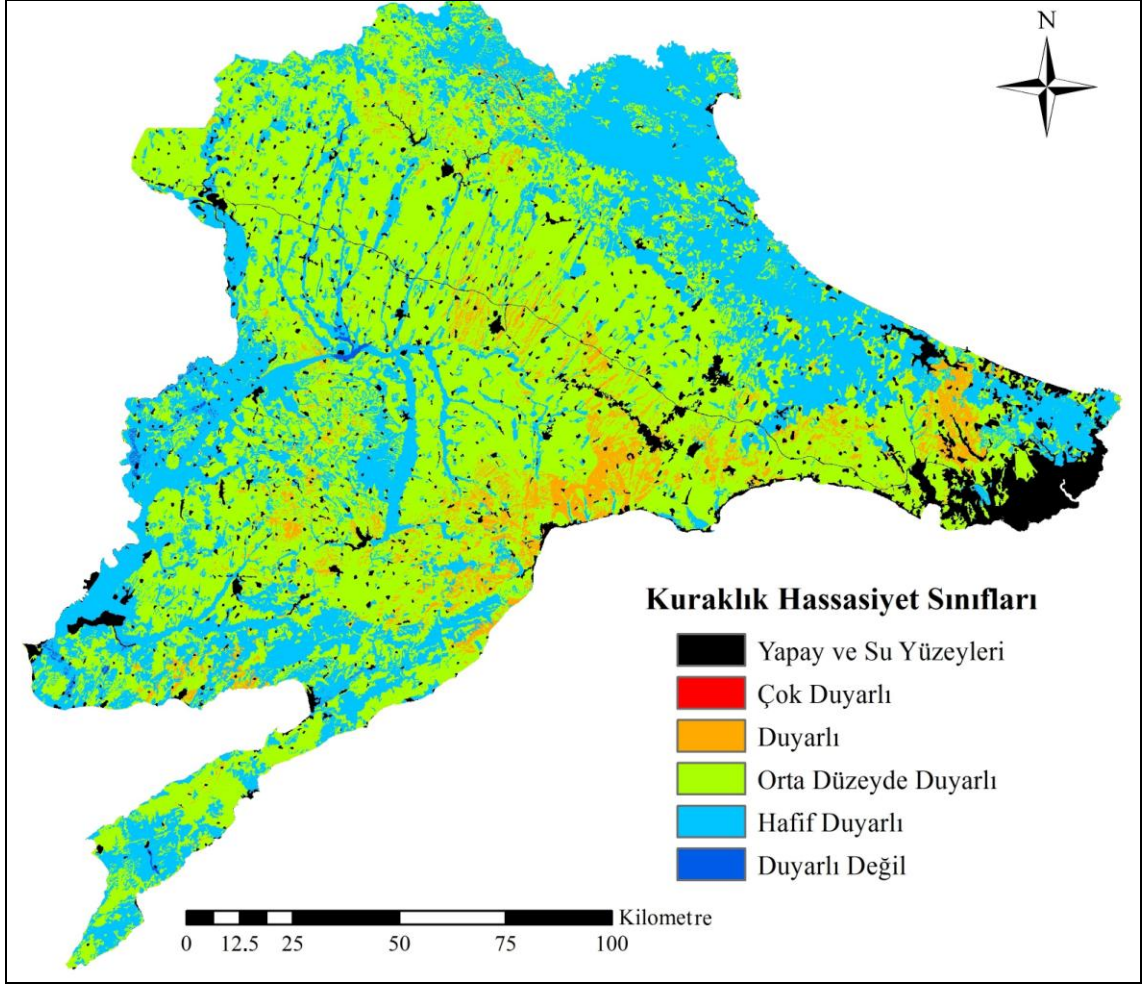
Oluşturulan kuraklık hassasiyet modelindeki bazı değerlendirme kriterlerinin zaman içerisinde gösterebilecekleri olası değişim senaryoları kullanılarak, hassasiyet haritası değişik şekillerde baştan çizilmiştir.

Araştırma alanı içerisindeki faal, yapım aşamasındaki ve proje aşamasındaki sulama alanlarının haritası Şekil 4.97’de görülmektedir. Tüm bu sulama alanlarının hizmete açılması durumunda araştırma alanının alacağı kuraklık hassasiyet sınıflarının dağılım haritası Şekil 4.98’de verilmiştir.



**Şekil 4.97.** Araştırma alanı içerisindeki faal, proje aşamasında ve yapım aşamasındaki sulama alanları (geodata.ormansu.gov.tr’den alınarak yeniden çizilmiştir)



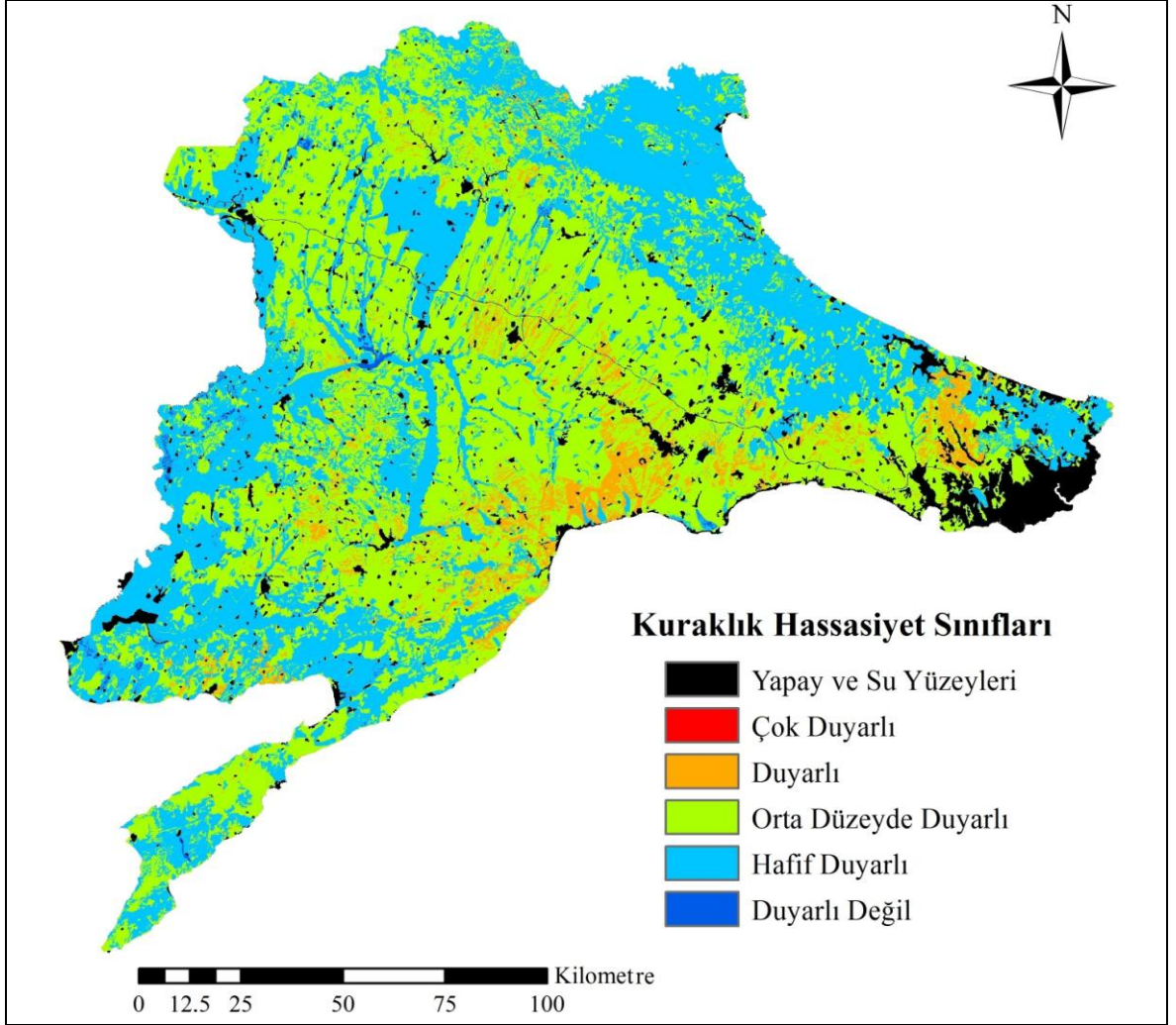


**Şekil 4.98.** Sulama alanlarının hizmete açılması durumunda oluşacak kuraklık hassasiyet sınıfları

Plan ve proje aşamasındaki sulama sistemlerinin hizmete açılması ve mevcut bitkisel üretim sisteminin değişmemesi durumunda “Duyarlı Değil” kuraklık hassasiyet sınıfındaki alanlar 5,645 ha artarak 6,921 ha’ya yükselmiştir. “Hafif Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfındaki alanlar ise 32,503 ha artmıştır. En yüksek kuraklık hassasiyet puanı 88.3’ten 94.8’e artmıştır. “Orta Düzeyde Duyarlı” alanlar 35,788 ha ve “Duyarlı” alanlar 2,379 ha azalmıştır.

Yeni sulama alanlarının hizmete açılması sonucunda, bu alanlarda sulu tarımın başlaması ile kuraklık hassasiyet sınıflarında değişimler daha büyük ölçüde olacaktır. Kuru tarımdan sulu tarıma geçiş ile “Duyarlı Değil” kuraklık hassasiyet sınıfındaki alanlar 10,360 ha’ya yükselmektedir. “Hafif Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfındaki alanlar ise sulama sistemlerinin hizmete açılması ve sulu tarıma geçiş sayesinde 128,074 ha artarak araştırma alanı genelinde %34.5’lik alansal dağılıma yükselmektedir. Özellikle Kırklareli ile Babaeski arasında kalan tarım alanlarında, Edirne merkez ilçenin kuzeyi ile Lalapaşa

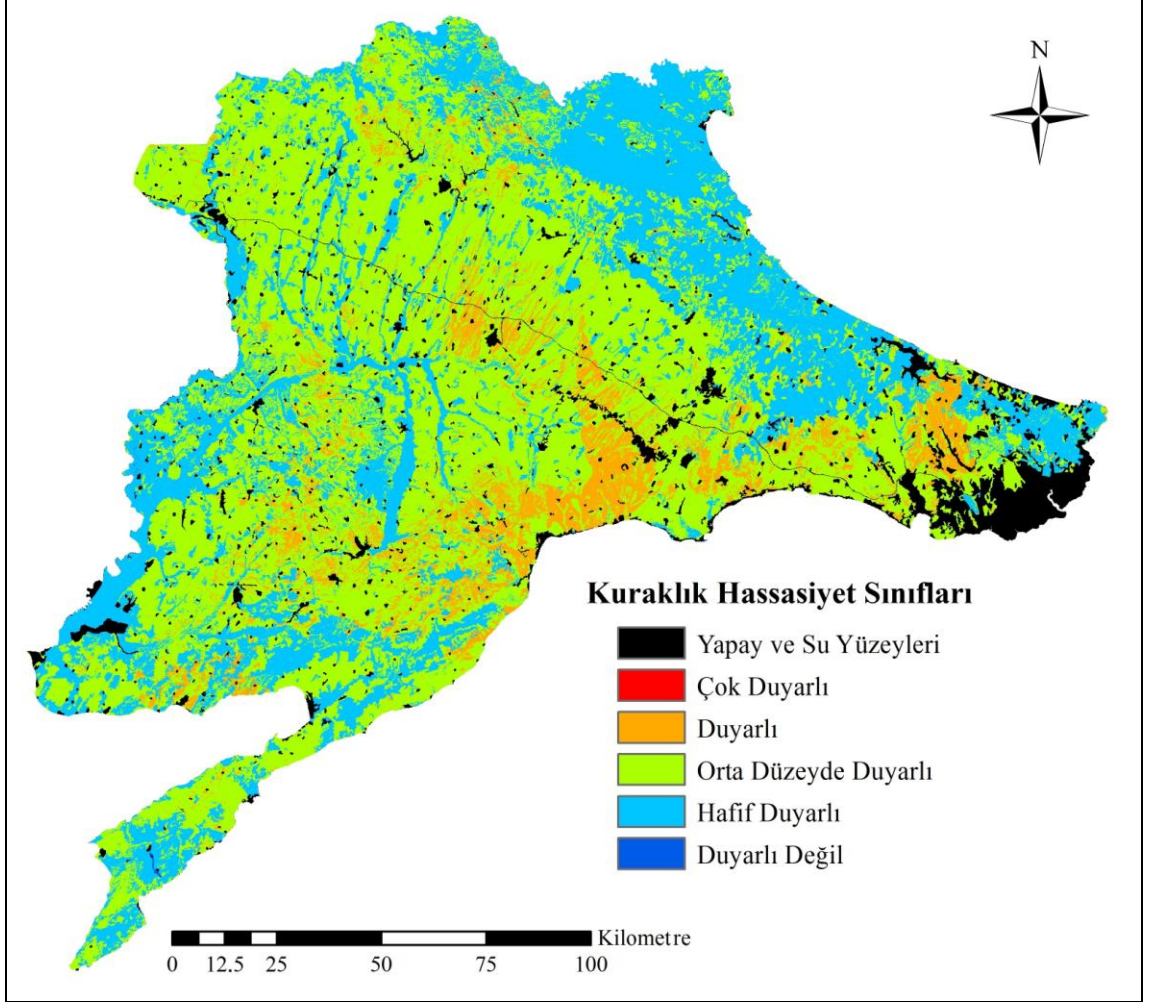
ilçelerindeki tarım alanlarında ve Gelibolu ilçesi sınırlarında Saroz Körfezi'nde yer alan Kavak Deltası'nın çevresindeki alanlar "Orta Düzeyde Duyarlı" kuraklık sınıfından "Hafif Duyarlı" kuraklık hassasiyet sınıfına yükselmiştir (Şekil 4.99).



**Şekil 4.99.** Sulamaya açılacak alanlarda sulu tarıma geçilmesi durumunda oluşacak kuraklık hassasiyet sınıfları

DSİ, Marmara Bölgesi Trakya bölümünde sulamanın yaygınlaşması için büyük yatırımlar ve projeler yapmaktadır. Ancak yapılan planlamalarda tüm alanın sulamaya açılmayacağı görülmektedir. Araştırma alanının sahip olduğu yıllık yağış miktarı, tarımının susuz koşullarda yapıldığı ayçiçeği ve buğday için sınır değerdedir. Yağışta görülebilecek azalmaların kuraklık hassasiyetine etkisinin saptanması amacıyla yıllık yağış toplamalarının 100 mm azaltılarak oluşturulan kuraklık hassasiyet haritası Şekil 4.100'de verilmiştir.

Yıllık yağış toplamlarının 100 mm azalması durumunda “Duyarlı Değil” kuraklık hassasiyet sınıfındaki alanlar %43 azalarak 545 ha’ a düşmektedir. “Hafif Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfındaki alanlar 54,277 ha azalmış ve “Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfındaki alanlar 75,784 ha artmıştır.



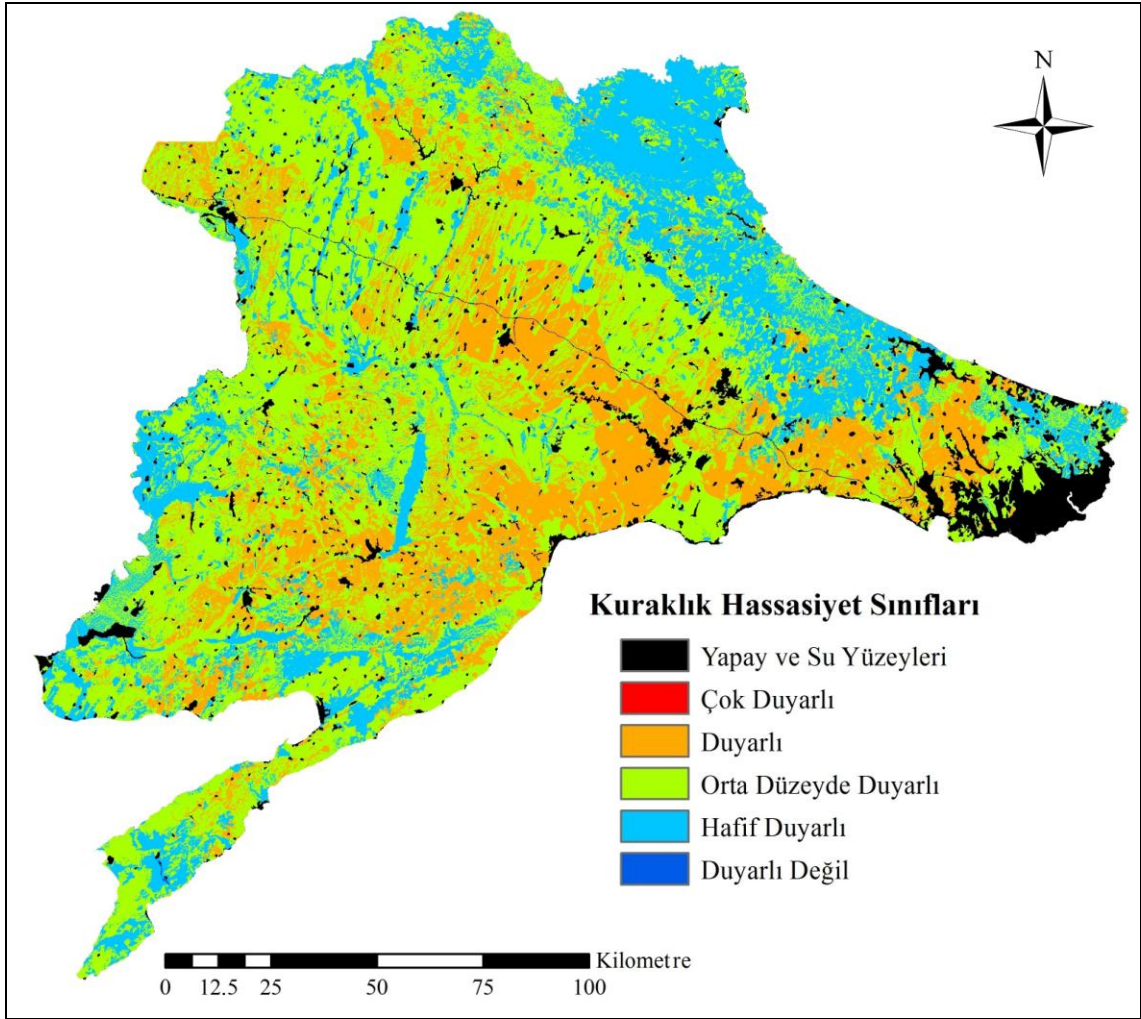
**Şekil 4.100.** Yıllık yağış toplamlarının 100 mm azalması durumunda kuraklık hassasiyet sınıfları

Yıllık yağış toplamlarının 200 mm azalması durumunda yeniden oluşturulan kuraklık hassasiyet sınıflarında, “Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfının 182,488 ha artış gösterdiği saptanmıştır. Mevcut durumda 135,237 ha alansal dağılım gösteren bu kuraklık hassasiyet sınıfı, yağışların 200 mm azalması durumunda %135 artış göstermektedir.

Yıllık yağış toplamlarının 100 mm azalması ve mevsimlik yağış dağılımında görülebilecek değişikliklerin yaratacağı farkı belirlemek amacıyla, bahar ve yaz mevsimi yağışlarının yıllık yağışa oranları azaltılarak kuraklık hassasiyet sınıfları yeniden



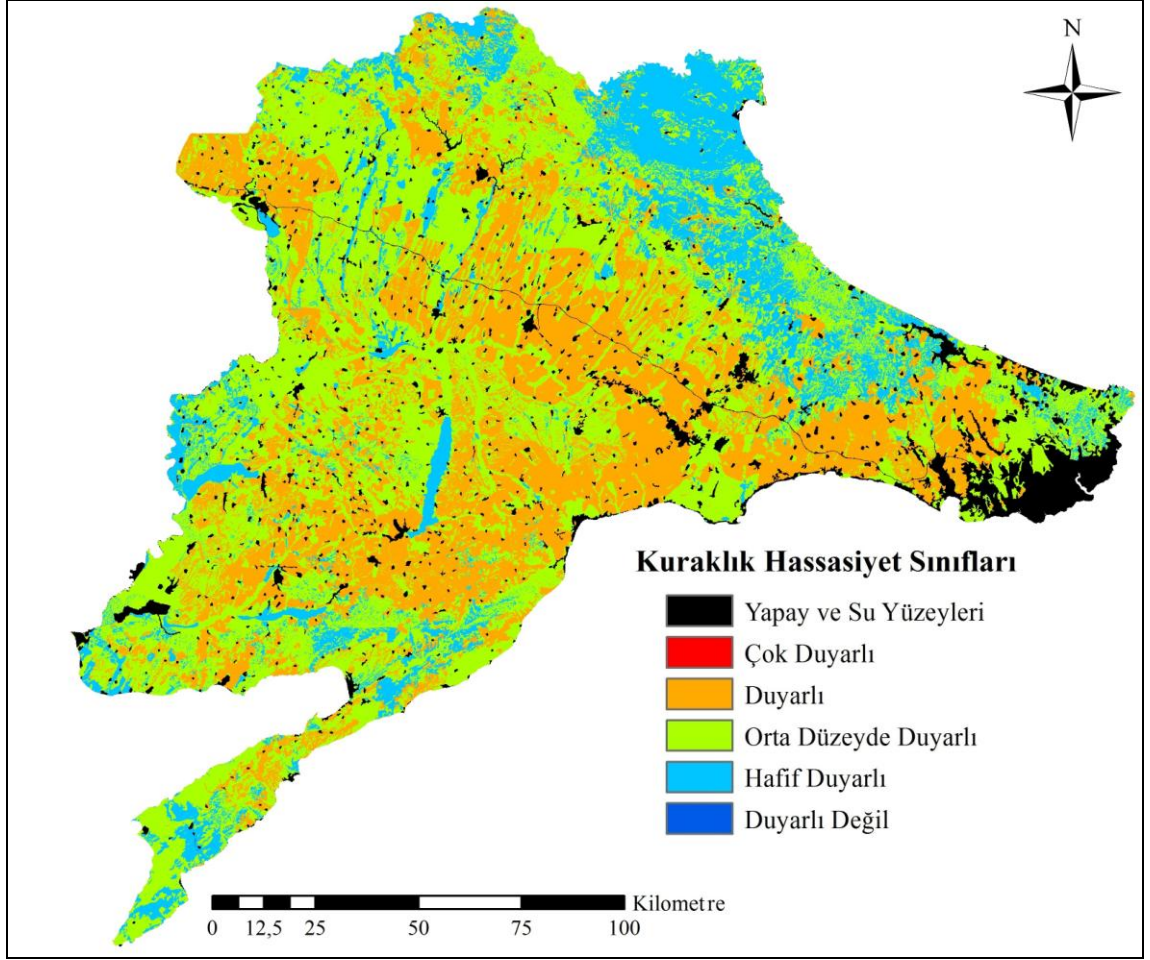
oluşturulmuştur. Araştırma alanı genelinde, bahar ve yaz mevsimi yağışlarının yıllık yağış toplamının %20'sinin altına düşmesi durumunda Şekil 4.101 elde edilmektedir.



**Şekil 4.101.** Yağışların 100 mm azalması ve BYMYTYO'nun %20'nin altına düşmesi durumunda kuraklık hassasiyet sınıfları

Yağışların 100 mm azalması ve BYMYTYO'nun %20'nin altına düşmesi durumunda kuraklık hassasiyet sınıfı "Duyarlı" olan alanlar %300 artış göstermiştir. 135,237 ha alana sahip olan bu kuraklık sınıfının yaklaşık 550,000'a yükseldiği görülmüştür. Tarımın susuz koşullarda yapıldığı alanların yağış değişimine karşı çok hassas olduğu görülmektedir. Mevsimlik yağış dağılımı ve yıllık toplam yağıştaki azalma ile birlikte klimatolojik kuraklık olasılığının %20.1-22.5 arasına yükselmesi durumunda oluşacak senaryonun sonucunda meydana gelecek kuraklık hassasiyet sınıflarının dağılımını gösteren harita Şekil 4.102'de verilmiştir. "Duyarlı" kuraklık hassasiyet sınıfına

ait alanların daha da genişlediği görülmektedir. “Hafif Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfındaki alanlar ise yaklaşık %50 azalmıştır.



**Şekil 4.102.** Yağışların 100 mm azalması, BYMYTYO'nun %20'nin altına düşmesi ve klimatolojik kuraklık olasılığının %20.1-22.5 arasına yükselmesi durumunda kuraklık hassasiyet sınıfları

## **BÖLÜM 5**

### **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Yapılan bu araştırmada Marmara Bölgesi Trakya bölümü topraklarının kuraklık hassasiyetinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kuraklık hassasiyet modelinde 19 farklı değerlendirme kriteri kullanılmış ve bu kriterlerin model içerisindeki ağırlık puanları analitik hiyerarşik süreç yöntemi ile belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler ana başlıklar altında aşağıda sunulmuştur.

#### **5.1. Sonuçlar**

##### **5.1.1. Araştırma alanının özellikleri**

Araştırma alanının arazi örtüsü ve arazi kullanım türlerinin belirlenmesinde Avrupa Birliği ülkeleri tarafından 1985 geliştirilmiş olan Çevre Bilgileri Koordinasyonu (Coordination of Information on the Environment, CORINE) programı kullanılmıştır. CORINE 2006 arazi kullanım sınıflandırılmasına göre, Trakya topraklarının %63'ü tarım alanı ve %30'u ormanlar ve doğal alanlar olarak hesaplanmıştır. Tarım alanları içerisinde kuru tarım alanlarının oranı %62, sulu tarım oranı %12 ve çeltik alanlarının oranı %5'tir.

Toprakların su tutma kapasitelerine etki eden bazı özellikler arazi çalışmaları ile alınan örnekler ile belirlenmiştir. Araştırma alanı 10×10 km'lik gridlere ayrılmış, büyük toprak grupları ve jeoloji haritaları dikkate alınarak örneklem noktaları belirlenmiştir. Toplam 283 noktadan toprak örneği alınmıştır.

Toplam araştırma alanının %89.8'inin toprak derinliği 60 cm'den derindir. Toprak derinliğinin 30 cm'nin altında kaldığı alanlar toplam alanının %0.1'ini oluşturmaktadır. Burası Kırklareli'nin kuzey-batısındaki yüksek boylu ve sık ormanların altında, ana kayanın yüzeye çok yakın olduğu eğimli alanlarda bulunmaktadır. Araştırma alanının %21.9'unda toprak derinliği 120 cm'nin altına inmektedir.

Toprak derinliği ile birlikte tarla kapasitesinin yüksek olması, toprakların tutabilecekleri su miktarını arttıran en önemli özelliklerdir. Araştırma alanı topraklarının %3.1'inin ağırlık yüzdesi cinsinden tarla kapasitesi değeri %40'ın üzerindedir. Tarla kapasitesi değeri %30-40 arasında olan toprakların oranı ise %45.8'tir. Meriç-Ergene Havzası'nın büyük bir kısmında bu özellikler kuraklık hassasiyet seviyelerinin yükselmesini sağlamıştır.

Orman örtüsü altındaki topraklar en yüksek organik madde içeriğine sahiptirler. Toplam alanın %6.2'sinde organik madde içeriği %3'ün üzerindedir. Araştırma alanı genelinde topraklarda organik madde içeriği düşüktür. Araştırma alanının %46.3'ünün toprak organik madde içeriği %1.5'in altındadır.

Meriç ve Ergene Havzaları'nın bulunduğu ve tarımsal üretimin yaygın olarak yapıldığı iç kesimlerde pH değerleri genellikle 6.5-7.5 arasında bulunmuştur. pH seviyesi nötr olarak kabul edilebilecek topraklar toplam alanın %45'ini oluşturmuştur. Güney kesimlere inildikçe pH değerlerinin arttığı görülmektedir. Ormanlık alanların büyük yerler kapladığı kuzey bölgeleri ve Karadeniz sahili boyunca uzanan alanın pH değerleri 4.5-6.5 arasında tespit edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda araştırma alanı genelinde büyük bir tuzluluk problemine rastlanılmamıştır. Toprak elektriksel iletkenliğinin 8 dS/m değerinin üzerine çıkarak tuzluluk sorununun görüldüğü alanların araştırma alanı toplamına oranı ancak %1.7'dir.

Araştırma alanının büyük bir kısmında kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) içerikleri %2'nin altında bulunmuştur. Kireç içeriklerinin en yüksek değeri aldığı alan Kırklareli iline bağlı Vize, Yenice ve Pınarhisar arasında kalan bölgede tespit edilmiştir.

Akarsu yataklarına yakın genç taşkın düzlüğü alanlarında üst toprakların kil içerikleri düşük bulunmaktadır. Özellikle Edirne'de çeltik tarımının yapıldığı alanlarda üst toprak yüzeyinde toprak bozulumu gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Kil içeriği yüzdelерinin en düşük seviyede bulunduğu alan Kırklareli, Lalapaşa ve Süloğlu arasında kalan kısımdır.

Hidrolik iletkenlik hızının 1.0-10.0 cm/h arasında değiştiği alanların toplamı toplam araştırma alanının %63.1'idir. Toprağın hidrolik iletkenlik hızının çok düşük ya da çok hızlı olması suyun toprağa girebilmesi ve orada kalabilmesini etkilemektedir. Çok hızlı ve çok yavaş hidrolik iletkenli hızına sahip toprakları oranı %11.3 hesaplanmıştır.

Marmara Bölgesi Trakya bölümü topraklarının topografik özellikleri incelendiğinde %87.3'ünün yüksekliği 300 m'nin altında ve %59.5'inin eğimi % 6'lık eğim seviyesinin altında bulunmuştur. Bakı kuraklık hassasiyeti hesaplamalarında belirleyici bir kriter olduğunu göstermiştir. Araştırma alanı içerisinde bakısı kuzeye bakarak tam kuraklık hassasiyet puanı almış alanların toplam alana oranı %10.9 bulunmuştur.

Nüfus, eğitim seviyesi ve hayvancılık faaliyetleri sosyo-ekonomik göstergeler altında hassasiyet analizinde kullanılmıştır. Edirne ve Kırklareli ilçelerinde düşük bulunan bölge nüfusu İstanbul ve İstanbul'a yakın Tekirdağ ilçelerinde yüksektir. Bazı Edirne ve

Kırklareli ilçelerinde kırsal ve kent merkezi nüfusu toplamı 10,000'in altındadır. Eğitim seviyesinin en düşük olduğu ilçe Kırklareli'nin Kofçaz ilçesi en yüksek olduğu ilçe ise Beşiktaş'tır. Hayvancılık faaliyetleri birkaç ilçede yoğunlaşmıştır. Büyükbaş hayvancılığın büyük ölçekte yapıldığı ilçeler Keşan, Kırklareli, Malkara ve Hayrabolu'dur. Malkara, Keşan, Tekirdağ ve Gelibolu ilçelerinde küçükbaş hayvancılık, Çorlu ve Silivri ilçelerinde ise kümes hayvancılığı faaliyetleri ilerlemiş durumdadır.

Araştırma alanında irili ufaklı birçok sulama sistemi bulunmasına karşın sadece 73,075 ha sulama alanı mevcuttur. Nehir yataklarında çiftçiler kendi imkânlarıyla sulama yapmaktadırlar. Araştırma alanında faaliyet gösteren DSİ 11. Şube Müdürlüğü'nün sulama alanlarının genişletilmesi için önemli çalışmaları bulunmaktadır. İnşaatına başlanılan ve proje aşamasında olan yeni sulama sistemlerinin tamamlanması, bölgenin kurak dönemleri bitkisel verimde düşük bir kayıp ile atlatabilmesini sağlayacaktır.

Kuraklık hassasiyet analizinde yağış miktarını esas alarak hesaplamalara katılan üç adet değerlendirme kriteri kullanılmıştır. Bunlar yıllık toplam yağışlar, bahar-yaz mevsiminde düşen yağışın yıllık yağış toplamına oranı ve klimatolojik kuraklık olasılığıdır. Yıllık yağış toplamları incelendiğinde Trakya'da yıllık ortalama yağış miktarının iç kesimlerde ve Karadeniz sahilince uzanan hatlar dışında 600-700 mm arasında olduğu görülmektedir. İç kesimlerde yıllık yağış toplamı ortalaması 550 mm'ye düşmektedir.

Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Çorlu, Uzunköprü, Lüleburgaz, İpsala, Malkara ve Kireçburnu meteoroloji istasyonlarının kayıtları ile SPI hesaplamaları yapılmıştır. Edirne'de yıllık yağışın 400 mm'nin altında düşmesiyle birlikte SPI hesaplamalarına göre şiddetli kuraklık başlamaktadır. Yıllık yağış toplamının yaklaşık 750 mm'nin üzerine çıkmasıyla ise SPI sınıfı çok nemli olarak tespit edilmiştir.

Kırklareli'nde en kurak geçen yıllarda (2000 ve 2001) yağış 330 mm'nin altına düşmüştür. Bu yağış miktarı Kırklareli'nin SPI kuraklık sınıfı için şiddetli ile aşırı kurak seviyelerinin arasında kalmıştır. Yıllık yağış miktarı toplamının 680 mm'nin üzerine çıkması ile nemlilik orta düzeye çıkmaktadır. 2009 yılının toplam yağış değeri 821 mm'ye çıkmıştır ve SPI kuraklık sınıflandırmasında bu miktar aşırı nemliye ulaşmıştır. Kuraklığın başlangıcı için eşik yağış miktarı 415 mm bulunmuştur.

MGM Tekirdağ İstasyonu verileri bu bölgede kuraklığın toplam yağışın 450 mm'nin altına düşmesiyle ve nemlilik koşullarının yağışın 710 mm'nin üzerine çıkmasıyla başladığını göstermiştir. Tekirdağ'ın ilçesi olan Lüleburgaz'da bulunan MGM İstasyon

verileri yardımıyla yapılan SPI hesaplamalarında Tekirdağ ile aynı eşik seviyeler saptanmıştır. Benzer şekilde MGM Çorlu İstasyonu verileri yardımıyla, istasyon bölgesinde yağışın 460 mm'nin altına düşmesiyle kuraklık durumu ve yağışın 690 mm'nin üzerine çıkmasıyla nemlilik koşulları için eşik seviyeler olduğu tespit edilmiştir.

Uzunköprü, Malkara ve İpsala MGM İstasyon verileri neticesinde bu 3 ilçede ortalama yıllık yağış toplamlarının Trakya'nın iç kesimlerine oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. SPI hesaplamaları ile kuraklığın bu üç istasyonda yıllık toplam yağışın 500'min altına düşmesiyle başlanacağı hesaplanmıştır. Uzunköprü ve İpsala'da 810 mm ve ortalama yıllık yağış toplamı diğer istasyonlara oranla biraz daha yüksek olan Malkara'da ise 870 mm'nin üzerine çıkan yağışlar nemlilik koşullarının başlangıç eşiğidir.

İstanbul'un içerisinde Sarıyer'de bulunan MGM Kireçburnu İstasyonu verileri tüm araştırma alanında Karadeniz'in yağışlı iklimini en iyi yansıtan istasyondur. İç kesimlerde nemlilik koşullarının başlangıç eşiği kabul edilen yağış miktarları bu istasyonda kuraklığın eşik seviyesi olarak hesaplanmıştır.

SPI hesaplamalarında kullanılan 9 MGM istasyonunun verisi, Marmara Bölgesi Trakya kesiminde kuraklığın şiddetli düzeylere çok sık çıkmadığını ve kuraklığın uzun süreler etkisinin devam etmediğini göstermektedir. Ortalama aylık yağış miktarı ve gerçekleşen bitki su tüketimi ile hesaplanan su bütçesi, tarımın susuz yapıldığı alanlarda dengenin çok hassas olduğu göstermiştir. Kuraklığın birkaç yıl sürmesi durumunda tarımsal üretimin göreceği zarar çok büyük olacaktır.

Bahar ve yaz mevsimlerinde düşen yağışlar susuz yapılan tarımsal üretimde verimin yükselmesi için çok önem taşımaktadır. Bu amaçla MGM İstasyonlarının aylık yağış verileri kullanılarak bahar ve yaz aylarında düşen yağışın toplam yağışa oranları hesaplanmıştır. Bu oranlar Edirne'de %42.8, Kırklareli'nde %43.6, Tekirdağ'da %36.5, Çorlu'da %39.5, Lüleburgaz'da %39.7, Uzunköprü'de %37.1, Malkara'da %34.4, İpsala'da %34.5, Kireçburnu'nda %32.0, Demirköy'de %35.4, Çerkezköy'de %42.4 ve Çatalca'da %34.3 hesaplanmıştır.

### **5.1.2. Analitik hiyerarşik süreç**

Analitik hiyerarşik süreç birbirinden farklı nitel ve nicel verilerin tek bir model içerisinde uzman görüşlerini de dikkate alınarak kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Araştırmada 19 adet değerlendirme ölçütü kullanılmış ve bu ölçütler ana başlıklar altında toplanarak bir hiyerarşik yapı oluşturulmuştur.

Hiyerarşik düzen oluşturulurken değerlendirme kriterleri arasında ilişkiler dikkate alınmıştır. Hiyerarşik ağaç 3 katmandan meydana gelmiştir. Kuraklık hassasiyeti başlığının hemen altında 19 adet değerlendirme kriteri biyojeofiziksel özellikler, arazi kullanım tipi ve sosyo-ekonomik özellikler başlıkları altında toplanmıştır.

Biyojeofiziksel özellikler altında 4 adet değerlendirme kriterinden oluşan bir alt katman ve bu katmanların kendi alt katmanlarının oluşturduğu üçüncü kademe değerlendirme kriterleri bulunmaktadır. Biyojeofiziksel özellikler içerisinde toplamda 13 değerlendirme kriteri vardır.

Sosyo-ekonomik göstergeler 3 kriterden oluşan bir ikinci katmana ve hayvancılık altındaki 3 kriterin meydana getirdiği üçüncü katmana sahiptir.

Değerlendirme kriterlerinin ağırlık puanları birbirlerine karşı önemlilik düzeyleri dikkate alınarak yapılan ikili karşılaştırmaların meydana getirdiği matrisler ile hesaplanmıştır. Analitik hiyerarşinin birinci düzeyinde bulunan ve temel kriterler olan Biyo-fiziksel özelliklerin ağırlık puanı 0.5390, arazi kullanım tipinin ağırlık puanı 0.2973 ve sosyo-ekonomik ölçütlerin ağırlık puanı 0.1637 şeklinde hesaplanmıştır.

Biyojeofiziksel ölçütün alt değerlendirme kriterlerinin (toprak, topografya, yağış ve sulama) ikili karşılaştırmalarında, tüm elemanlar aynı önemliliğe sahip oldukları için ağırlık puanları eşit dağılmıştır ve tutarlılık oranı sıfır bulunmuştur. Dört değerlendirme kriterinin de ağırlık puanı 0.25 olarak kuraklık hassasiyet hesaplamalarına katılmıştır.

Toprak özelliklerinin ikili karşılaştırmaları ile toprakların yarayışlı nem kapasitesinin ağırlık puanı 0.5146, tuzluluk, kireç, organik madde ve pH'ın ağırlık puanları 0.0705 ve hidrolik iletkenliğin ağırlık puanı ise 0.2033 hesaplanmıştır. Topografya değerlendirme kriteri altında eğimin ağırlık puanı 0.6806, bakının ağırlık puanı 0.2014 ve yüksekliğin ağırlık puanı 0.1180'dir. Yağış kriterinin alt ölçütleri, ortalama yıllık yağış toplamı, klimatolojik kuraklıkolasılığı ve bahar ve yaz mevsimi yağışlarının yıllık toplama yağış oranı birbirlerine eşit önemlilikte olduğu için bu üç değerlendirme kriterinin buldukları grup içerisindeki ağırlık puanı 0.3333'tür.

Sosyo-ekonomik göstergeler altında nüfusun ağırlık puanı 0.5390, hayvancılığın ağırlık puanı 0.2973 ve eğitim seviyesinin ağırlık puanı 0.1637 bulunulmuştur. Hayvancılık başlığı altındaki büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları sayılarının analitik hiyerarşik düzen içerisindeki ağırlık puanlamaları sırasıyla 0.6333, 0.2605 ve 0.1062 bulunmuştur.

Tutarlılık oranı hesaplamalarının hiçbirinde Saaty (1980) tarafından belirlenmiş olan 0.10 oranının üzerine çıkılmadığı için, hiyerarşik ağacın tutarlı bir şekilde oluşturulduğu söylenilebilir.

Hiyerarşik ağaç içerisindeki her bir kriterin kuraklık hassasiyeti üzerindeki ağırlık puanı kendi üzerinde bulunan katmanın ağırlık puanları ile çarpılması ile bulunmuştur. Tüm değerlendirme kriterlerinin model içerisindeki ağırlık puanları hesaplandığında arazi kullanım tipi 0.2973, sulama 0.1348, eğim 0.0919, nüfus 0.0882, yarayıslı nem kapasitesi 0.0694, yıllık toplam yağış 0.0449, BYMYTYO 0.0449, kuraklık olasılığı 0.0449, büyükbaş hayvan sayısı 0.0308, hidrolik iletkenlik 0.0274, bakı 0.0271, eğitim seviyesi 0.0268, yükseklik 0.0159, küçükbaş hayvan sayısı 0.0127 organik madde 0.0095, ph 0.0095, elektriksel iletkenlik 0.0095, kireç 0.0095, kümes hayvanı sayısı 0.0051 bulunulmuştur.

Analitik hiyerarşik süreç bir karar verme yöntemidir. Bu amaçla seçimi yapılacak alternatifler gerekmektedir. Kuraklık hassasiyetinin sayısal değerlerle birbirinden ayrıldığı 5 adet alternatif üretilmiştir. Bu alternatifler, kuraklık hassasiyet sınıflarını meydana getirmiş ve;

- Duyarlı değil (dayanıklı)
- Hafif duyarlı (etkilenebilirliği düşük)
- Orta düzeyde duyarlı (etkilenebilirliği orta düzeyde)
- Duyarlı (etkilenebilirliği yüksek)
- Çok duyarlı (etkilenebilirliği çok yüksek)

şeklinde sıralandırılmıştır. 100'lük ölçek kullanılmış ve alternatifler 20'şer puanlık aralıklarla birbirinden ayrılmıştır.

Her bir değerlendirme kriterinin bu kuraklık sınıfları arasında hangi aralıkta kalacağını belli eden eşik değerler uzman görüşlerine başvurularak saptanmıştır. Bu eşik değerler Çizelge 4.25 ve 4.26'da verilmiştir.

Bu eşik değerler yardımıyla değerlendirme kriterine ait 100 m çözünürlüklü raster formatta katmanlar ArcGIS 10.0 paket programında oluşturulmuştur. Piksellerin kuraklık hassasiyet puanları o pikselin sahip olduğu değerlendirme kriterlerinin toplanmasıyla hesaplanmıştır.



### 5.1.3. Kuraklık hassasiyet analizi

Kuraklık hassasiyet analizi sonucunda araştırma alanının %0.0'ı çok duyarlı, %11.9'si duyarlı, %54.8'si orta düzeyde duyarlı, %33.1'i hafif duyarlı ve % 0.05'i kuraklığa karşı dayanıklı bulunmuştur. Araştırma alanının geriye kalan %6.4'lük kısmı üzerinde yerleşim alanları, yapay yüzeyler ve su kütleleri bulunmaktadır.

Hesaplamalar sonucunda kuraklığa “Çok Duyarlı” sınıfından bir alan tespit edilmemiş ve çok küçük bir kısmı “Duyarlı” bulunmuştur. Meriç-Ergene havzasının değerli toprakları, yağışın susuz tarım için sınır düzeyde olması, havza içerisinde eğimin düşük olması gibi nedenler susuz tarım yapılan alanlarda kuraklık hassasiyet puanlarını yükseltmektedir. Araştırma alanı içerisinde, hassasiyet puanlaması üzerinde önemli etkisi olan toprak derinliği, tarla kapasitesi, eğim ve bakı gibi özellikler açısından zayıf olan bölgeler üzerinde orman, çayır ve mera gibi kuraklığa karşı hassasiyetinin düşük olduğu doğal bitki örtüsünün bulunmaktadır. Kuraklık hassasiyet puanı yüksek olan bu tip alanlar kuraklık hassasiyet puanını yükseltmiş ve kuraklığa karşı “Çok Duyarlı” alanların meydana gelmesini engellemiş ve “Duyarlı” alanların küçük olmasını sağlamıştır.

Tekirdağ'ın batısındaki Tekir Dağları'nın güney yamaçları ve Korudağ'ın batısında Saroz Körfezi'ne bakan Edirne köyleri bakı ve eğim kriterleri yüzünden bu kuraklık sınıfında yer almıştır. Bu değerlendirme kriterleri Meriç-Ergene havzasında tarımın susuz yapıldığı alanlarda belirleyici etken olmuştur. Bu durum Lüleburgaz'ın tarım arazilerinde açıkça görülmektedir. Arnavutköy, Çorlu, Tekirdağ ve Silivri “Duyarlı” bulunmasının başlıca sebepleri nüfus ve hayvancılık faaliyetleri nedeniyledir. Nüfusunun düşük olmasına karşın hayvancılığın büyük ölçekte yapılması nedeniyle Malkara'nın hassasiyet puanı ilçe sınırları içerisinde düşmüştür.

Doğal alanlar ve sulama yapılan tarım arazileri dışında neredeyse bütün tarım arazileri “Orta Düzeyli Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfında yer almıştır. Bu kuraklık sınıfı en geniş alana sahiptir. Bölgesel yağış miktarının susuz tarım için sınır düzeyde olması ve tarımın geniş alanlarda sulama yapılmadan sürdürülmesi nedeniyle bu kuraklık hassasiyet sınıfının oranı büyük bulunmuştur.

“Orta Düzeyde Duyarlı” kuraklık hassasiyet sınıfı yağış rejiminde görülebilecek düşüşe karşı çok duyarlıdır. Bölge genelinde yaklaşık 550-700 mm düşen yağış miktarının 500 mm'ye düşmesi, kış yağışlarının azalması, yaz mevsimi düşen yağışların şiddetinin artarak toprağın su alma hızını aşması gibi olası senaryolar sonucunda bu kuraklık hassasiyet düzeyine sahip alanlar riskli alanlara dönüşebilirler.

CORINE arazi kullanım tipi sınıflandırma sistemi ile ormanlık ve doğal alanlar araştırma alanının %30'unu, sulanan tarım arazileri ile çeltik alanları ise yaklaşık %11'ini kapsamaktadır. Bu arazi kullanım tiplerinin kuraklık hassasiyet puanları yüksektir ve arazi kullanım tipi hassasiyet analizinde en yüksek ağırlığa sahiptir. Kuraklık hassasiyet analizi sonucunda "Hafif Duyarlı" hassasiyet sınıfında tespit edilen alanlar bu arazi kullanım tipleri içerisinde yer almaktadır.

"Duyarlı Değil" kuraklık hassasiyet sınıfına sahip 1,276 ha alan Trakya'nın yalnızca %0.05'ini oluşturmaktadır. Kuraklık hassasiyetinin bulunmadığı tüm alanlar sulama sistemlerinin işletme alanları içerisinde konumlanmıştır. Sulamanın kuraklıkla mücadelede çok etkili bir silah olduğu hassasiyet hesaplamaları sonucunda yeniden ispatlanmıştır.

Marmara Bölgesi Trakya bölümü topraklarının kuraklık hassasiyet analizi sonuçları göstermiştir ki, bu bölgenin sahip olduğu iklim özellikleri, topraklarının kaliteli olması, nüfus yoğunluğunun tarımsal alanlarda düşük kalması, ormanlık alanların eğimli yerlerde bulunması sayesinde fazla tahrip edilmemiş olması, hayvan sayılarının su kaynakları üzerinde fazla baskı yapmaması, havza içerisindeki toprakların eğimlerinin düşük olması sayesinde susuz tarımın yaygın yapıldığı bölgenin kuraklığa dayanımı orta seviyededir.

Yapılan iklim değişikliği senaryoları içinde bulunduğumuz bölgenin yağış rejilerinde azalmalar yaşayabileceğimizi göstermektedir. Yapılan bu araştırma, kuraklık hassasiyeti orta seviyede bulunan Trakya'nın böyle bir değişimden fazlasıyla etkileneceğini göstermektedir. Kuraklık yönetimi planlamaları kuraklık öncesi, kuraklık esnasında ve sonrasında yapılması gerekenleri içermektedir. Trakya'nın kuraklık hassasiyeti bu araştırmada orta düzeyde bulunması, iklim değişikliğine karşı hassasiyetinin bulunmadığını göstermemektedir. Kuraklığın artma potansiyeli olan bu bölgede ana amacı su kaynaklarının devamlılığını sağlamak olan kuraklık yönetim planlarının dikkatlice oluşturulması gerekmektedir. İstanbul gibi büyük bir kentin içerisinde olması bu planlamaların önemini daha da arttırmaktadır.

Sonuç olarak bu araştırma kuraklığın doğurabileceği etkiler karşısında bir bölgenin karşı koyabilme kapasitesinin sayısal veriler ile tarif edilebileceğini ve haritalandırılabilirliğini göstermiştir. Analitik hiyerarşik süreç, coğrafi bilgi sistemleri ile uyumlu bir şekilde hesaplanmış ve doğa araştırmalarında başarıyla kullanılabilmiştir.

## 5.2. Öneriler

- Meteorolojik veriler kuraklık çalışmaları için en önemli verileri sağlamaktadır. Özellikle yaz yağışları küçük alanlarda etkili olan yerel sağanaklar yaratmaktadır. Araştırma alanındaki yağış gözlem istasyonlarının sayısı bu tür yağışların alansal dağılımını yansıtılmasında yetersiz kalmaktadır. Tüm Türkiye genelinde meteorolojik veri sağlayan istasyonların sayısının artırılması gerekmektedir. Özellikle yağış gözlem istasyonlarının sadece ilçelerde değil olanaklar sayesinde tüm köylerde de konumlandırılması kuraklık araştırmaları için çok önemli verilerin sağlanmasına yardımcı olacaktır.

- Çeltik tarımının yoğun yapıldığı Edirne ilçelerinde toprak bozulumu tehlikesi bulunmaktadır. Topraklar çeltik tarımının yoğun su ve kültürel ihtiyaçları yüzünden bozuluma uğramaktadır. Çeltik tarımında su tasarrufuna gidilebilecek alternatif sulama yöntemlerinin araştırılıp geliştirilmesi su tasarrufu ve toprak korunumu açısından önem arz etmektedir.

- Günümüzde sulama Trakya'da küçük alanlarda yapılmaktadır ve devlet yatırımları sulanabilir alanların artacağını göstermektedir. Kırklareli Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'ne analiz için getirilen sulama suyu örneklerinin bazılarında tuzluluk problemine rastlanılmaktadır. Bölgede değerli tarım arazilerinde tuzluluk riskinin yaratılmaması için sulama sistemlerinin dikkatlice planlanması ve çiftçilerin bu konuda bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

- Kuraklıkla ilgili olan sosyal veriler çok kısıtlıdır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun eğitim seviyesi, gelir düzeyi, hayvancılık faaliyetleri gibi verileri ilçe düzeyindedir ve kırsal kesim hakkında bilgi verememektedir. Kuraklığın sosyal boyutunun ülkemiz genelinde ortaya konulabilmesi devlet istatistik çalışmalarının kırsal kesimde de yapılması ve bilimsel anket çalışmalarının önemi ortaya konulmaktadır.

- Trakya'nın %62'si tarım alanıdır ve Türkiye'nin en verimli havzalarından biri olan Meriç-Ergene arazilerinin büyük bir kısmının tarla kapasitesi değeri % 30'un üzerinde ve toprak derinliği 120 cm'yi geçmektedir. Meriç ve Ergene Nehirlerinin su taşıdığı bu alan çok değerli tarım arazileridir. Trakya'nın ağır sanayisinin yıllardır kirlettiği Meriç ve Ergene'de halen bazı balık türleri varlıklarını sürdürebilmiştir ve umudun bitmediğini göstermektedir. Havzanın can damarı olan bu nehirleri kirleten tesislerin yerleri belirlidir. Noktasal kaynaklı bu kirliliğin sonlandırılması için yasal adımlar atılmış ve uygulamalara başlanılmıştır. Sürecin hızlandırılması için yaptırımların ağırlaştırılması ve halkın bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bu görev devlete, bölgedeki araştırma ve eğitim kurumlarına düşmektedir.

- Kırklareli'nde bulunan Kırklareli ve Kayalı barajları havzadan yukarı kotta bulunmaktadır. Konumları sayesinde bir enerji tüketimi yapmadan sadece su yükünün yaratacağı yük ile havzada basınçlı sulama yapılmasına olanak sağlayabilirler. Bu konunun bölgede yapılacak sulama yatırımlarında dikkate alınması fayda sağlayabilecektir.

- Su bütçesi hesaplamaları kuraklığın uzun sürmesi sonucunda tarımsal üretimin çok büyük zarar göreceğini göstermiştir. Alacaklarını peşin ödeyen ve gelirini ancak ürününü satınca alan yöre çiftçisi için bu durum iç açıcı değildir. Tarımsal sigortalar kapsamına kuraklık alınmış değildir. Devletin bu konuda çalışmaları olmaktadır. Çiftçinin üretim devamlılığın sağlanması ve kırsal kesimin sosyal riskinin azaltılması açısından yapılan kuraklık yardımları ve kuraklık sigortası önem teşkil etmektedir.

- Yağışlarda görülebilecek azalma dikkate alınarak oluşturulan gelecek senaryoları, tarımın susuz koşullarda yapıldığı alanların kuraklık hassasiyetinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bu tarım alanlarının sahip olduğu yıllık yağış toplamı, tarımı yaygın yapılan ayçiçeği ve buğday için günümüzde yeterli seviyededir. Ancak, yağış miktarlarında görülebilecek azalma ile bu ürünlerde verim kaybı yaşanacağı ve üretimlerinin ekonomik olarak yapılabilmesinin mümkün olmayacağı öngörülmektedir. Yapılan gelecek senaryoları ve toprak nem bütçesi hesaplamaları bu öngörüğü desteklemektedir. Meriç-Ergene havzasının verimli topraklarında, tarımsal üretimin ekonomik olarak sürdürülebilmesi için susuzluğa dayanıklı bitki çeşitleri üzerine yapılan ve yapılacak çalışmalar, yağışta görülebilecek azalışın bitkisel üretim üzerine zararlarını düşürecektir.

- Yapılan araştırma kuraklık yönetim planlarında önemli bir eleman olan kuraklık hassasiyetinin, tüm kuraklık yöneticileri tarafından kullanılabileceği bir veri kaynağının oluşturulması, hesaplamaların haritalar üzerinde gösterilebilmesi, oluşturulan hassasiyet modelinin geliştirilebilmesi ve başka bölgelerde kullanılabilmesi açısından önemli bir çalışma olmuştur. Dünyada örnekleri olan ancak ülkemizde yeni başlayan bu araştırmaların yaygınlaşması, sadece bilimsel açıdan değil ayrıca devlet yönetim politikalarına veri sağlaması için faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Adger W.N., Kelly P.M., 1999. Social Vulnerability to Climate Change and the Architecture of Entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4: 253-266.
- Agnew C., Anderson W., 1992. *Water Resources in the Arid Realm*. Routledge, London. 345 p.
- Akbulak C., 2010. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın Arazi Kullanımı Uygunluk Analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(2): 557 - 576.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements, Irrigation and Drainage Paper 56. United Nations FAO, Rome. 300 p.
- Amoozegar A., Warrick A.W., 1986. Hydraulic Conductivity of Saturated Soils: Fields Methods. *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods-Agronomy Monograph no.9 (2.nd Edition)*. 735 - 768.
- Anane M., Bouziri L., Limam A., Jellali S., 2012. Ranking Suitable Sites For Irrigation With Reclaimed Water in The Nabeul-Hammamet Region (Tunisia) Using GIS And AHP-Multicriteria Decision Analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 65: 36-46.
- Anderson M.B., Woodrow P.J., 1989. *Rising from the Ashes: Development Strategies in Times of Disaster*. IT Publications, 338 p.
- Anonim, 2008. Tarımsal Kuraklık Eylem Planı (TAKEP). T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2013a. İklim Sınıflandırmaları. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü. [http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim\\_siniflandirmalari.pdf](http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf). Erişim tarihi: 11.07.2013.
- Anonim, 2013b. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, İstanbul Bölgesi Jeoloji Haritası. [http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jed/images/urunler/yeni\\_500/buyuk/ISTANBUL.pdf](http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jed/images/urunler/yeni_500/buyuk/ISTANBUL.pdf) Erişim tarihi 30.08.2013.

- Anonim, 2014a. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/adnksdagitapp/adnks.zul> Erişim tarihi 14.03.2014.
- Anonim, 2014b. Devlet Su İşleri. <http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi11/edirne.htm>. Erişim tarihi 14.03.2014.
- Anonim, 2014c. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx> Erişim tarihi 14.01.2014.
- Anonim, 2014d. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx> Erişim tarihi 14.01.2014.
- Anonim, 2014e. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. <http://www.ibb.gov.tr/tr-tr/kurumsal/pages/ilceveilkademe.aspx> Erişim tarihi 06.03.2014.
- Anonim, 2014f. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> Erişim tarihi 30.03.2014.
- Anonim, 2014g. Devlet Su İşleri. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. Erişim tarihi 25.07.2014.
- Anonim, 2014h. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. [http://www.tarim.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimatveIlgiliMevzuat\\_yeni.pdf](http://www.tarim.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimatveIlgiliMevzuat_yeni.pdf) Erişim tarihi 14.05.2014.
- Antwi-Agyei P., Fraser E.D.G., Dougill A.J., Stringer L.C., Simelton E., 2012. Mapping the Vulnerability of Crop Production to Drought in Ghana Using Rainfall, Yield and Socioeconomic Data. *Applied Geography*, 32: 324-334.
- Aydınözü D., 2010. Trakya’da Vejetasyon Devresi ve Bu Devredeki Yağışlar. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 18(1): 227-232.
- Barry R.G., Chorley R.J., 2010. *Atmosphere, Weather and Climate* (9th ed.). Routledge, Oxon. 516 p.
- Bella S., Németh Á., Szalai S., 2005. Examination of Drought Vulnerability with GIS Tools: Somogy County Case Study. *Remote Sensing & GIS for Environmental Studies: Applications in Geography*. Erasmi S., Cyffka B., Kappas M. (Eds.). *Göttinger Geographische Abhandlungen*, 113: 209-217.

- Bergman K.H., Sabol P., Miskus D., 1988. Experimental Indices for Monitoring Global Drought Conditions. *Proc. 13th Annual Climate Diagnostics Workshop*, Cambridge, MA, U.S. Dept. of Commerce. 190-197.
- Bhalme H.N., Mooley D.A., 1980. Large-scale Droughts/Floods and Monsoon Circulation. *Mon. Wea. Rev.*, 108: 1197-1211.
- Birkmann J., 2005. Danger Need Not Spell Disaster - But how vulnerable are we? Research Brief (1), Tokyo. United Nations University.
- Birkmann J., 2006. Measuring Vulnerability to Promote Disaster-resilient Societies: Conceptual Frameworks and Definitions. In: J. Birkmann (Ed.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*. United Nations University Press, Tokyo. 9-54.
- Blaikie P., Cannon T., Wisner B., 1994. *At Risk, Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge, London. 288 p.
- Bohle H.G., Downing T.E., Watts M., 1994. Climate Change and Social Vulnerability: toward a Sociology and Geography of Food Insecurity. *Global Environmental Change*, 4 (1): 37-48.
- Bouyoucos G.S., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Argon. Jour.*, 43: 434-448.
- Brooks N., Adger W.N., Kelly P.M., 2005. The Determinants of Vulnerability and Adaptive Capacity at the National Level and the Implications for Adaptation. *Global Environmental Change*, 15: 151-163
- Bryant E., 2005. *Natural Hazards* (2<sup>nd</sup> ed). Cambridge University Press, Cambridge. 312 p.
- Caccamo G., Chisholm L.A., Bradstock R.A., Puotinen M.L., 2011. Assessing the Sensitivity of MODIS to Monitor Drought in High Biomass Ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 115: 2626-2639.
- Cannon T., Twigg J., Rowell J., 2003. Social Vulnerability. Sustainable Livelihoods and Disasters, Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Support Office. [http://www.benfieldhrc.org/disaster\\_studies/projects/soc\\_vuln\\_sust\\_live.pdf](http://www.benfieldhrc.org/disaster_studies/projects/soc_vuln_sust_live.pdf) Erişim tarihi: 11.11.2013.

- Cassel D.K., Nielsen D.R., 1986. *Field Capacity and Available Water Capacity, Methods of Soil Analysis, Part 1*. Klute A., Eds. Physical and Mineralogical Methods-Agronomy Monograph No.9. SSSA, USA. 901 p.
- Changnon S.A., 1987. Detecting Drought Conditions in Illinois. Illinois State Water Survey, Champaign. *Circular*, 169p.
- Chan F.T.S., Chan H.K., 2004. A New Model for Manufacturing Supply Chain Networks: a Multiagent Approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 218 (4): 444-454.
- Ciurean R.L., Schröter D., Glade T., 2013. Conceptual Frameworks of Vulnerability Assessments for Natural Disasters Reduction, Approaches to Disaster Management. In: Tiefenbacher J., Ed. *Examining the Implications of Hazards, Emergencies and Disasters*. NY: InTech. 3-32.
- Colman E.A., 1947. A Laboratory Procedure for Determining the Field Capacity of Soils. *Soil Science*, 63(4): 277-284.
- Çetin M., Kırdı C., Efe H., Topçu S., 2008. Düşük Kaliteli Suların Sulamada Kullanılmasının Neden Olabileceği Olası Tuzluluk Sorununun Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında İrdelenmesi. TMMOB II. Su Politikaları Kongresi, Ankara. 471-481.
- de Martonne E., 1942. Nouvelle carte mondial de l'indice d'aridité. *Annales de Géographie*, 51: 242-250.
- Dracup J.A., Lee K.S., Paulson Jr. E.G., 1980. On the Definition of Droughts. *Water Resour. Res.*, 16: 297-302.
- Do N., Kang S., 2014. Assessing Drought Vulnerability Using Soil Moisture-Based Water Use Efficiency Measurements Obtained from Multi-Sensor Satellite Data in Northeast Asia Dryland Regions. *Journal of Arid Environments*, 105: 22-32.
- Eltahir E.A.B., Yeh, P.J.F., 1999. On the Asymmetric Response of Aquifer Water Level to Floods and Droughts in Illinois. *Water Resour. Res.*, 35 (4): 1199-1217.
- Erinç S., 1965. Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları*, No: 41. İstanbul.



- Erlat E., 2000. Trakya’da Günlük Yağışların Şiddet Bakımından Özellikleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 11: 97-110.
- Erlat E., Türkeş M., 2013. Observed Changes and Trends in Numbers Of Summer and Tropical Days, and the 2010 Hot Summer in Turkey. *International Journal of Climatology*, 33(8): 1898–1908.
- Falkenmark M, Lundqvist J., Widstrand C., 1989. Macro-scale Water Scarcity Requires Micro-Scale Approaches: Aspects of Vulnerability in Semi-Arid Development. *Natural Resources Forum*, 13 (4): 258-267.
- FAO, 1983. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. Food and Agriculture Organization. FAO Soils Bulletin 52, Rome.
- FAO, 2012. ET<sub>0</sub> Calculator. Land and Water Digital Media Series No 36. FAO, Rome, Italy.
- Foley J.C., 1957. *Droughts in Australia: Review of Records from Earliest Years of Settlement to 1955*. Australian Bureau of Meteorology, Bull. 43, 281 p.
- Fraser E., Mabee W., Slaymaker O., 2003. Mutual Vulnerability, Mutual Dependence, the Reflexive Relation between Human Society and the Environment. *Global Environmental Change*, 13: 137-144.
- Gao B.C., 1996. NDWI—a Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. *Remote Sensing of Environment*, 58: 257-266.
- Gibbs W.J., Maher J.V., 1967: *Rainfall Deciles as Drought Indicators*. Australian Bureau of Meteorology, Bull. 48, 37 p.
- de Graaf R., van de Giesen N., van de Ven F., 2009. Alternative Water Management Options to Reduce Vulnerability for Climate Change in the Netherlands. *Nat Hazards*, 51: 407-422.
- Gumbel E.J., 1963. Statistical Forecast of Droughts. *Bull. Int. Assoc. Sci. Hydrol.*, 8 (1): 5-23.
- Guttman N.B., 1998. Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. *Journal of the American Water Resources Association*, 34: 113-121.

- Guttman N.B., 1999. Accepting the Standardized Precipitation Index: a Calculation Algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35: 311-322.
- Guoqing Y., Haibo Y., Zhizong T., Baosen Z., 2011. Landslide Risk Analysis of Miyun Reservoir Area Based on RS and GIS. *Procedia Environmental Sciences*, 10: 2567-2573.
- Günel N., 2013. Türkiye’de İklimin Doğal Bitki Örtüsü Üzerindeki Etkileri. *Acta Turcica*. 9: 1–13.
- Hamouda M.A., El-Din M.M.N., Moursy F.I., 2009. Vulnerability Assessment of Water Resources Systems in the Eastern Nile Basin. *Water Resources Management*, 23: 2697-2725.
- Handmer J.W., Dovers S., Downing T.E., 1999. Societal Vulnerability to Climate Change and Variability. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4: 267-281.
- Haque A., 2003. Estimating Actual Areal Evapotranspiration from Potential Evapotranspiration Using Physical Models Based on Complementary Relationships and Meteorological Data. *Bull Eng Geol Env*, 62: 57-63.
- Hare F.K., 1983. Climate and Desertification. WMO. WCP. No.44. Geneva. 149 p.
- Hosking J.R.M., 1990. L-Moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics. *J. Roy. Stat. Soc., Series B*, 52: 105-124.
- Huang J., van den Dool H., Georgakakos K.P., 1996. Analysis of Model-calculated Soil Moisture over the United States (1931–93) and Application to Long-range Temperature Forecasts. *J. Climate*, 9: 1350-1362.
- Huizingh K.R.E., Vrolijk H.C.J., 1995. Decision Support for Information Systems Management: Applying Analytic Hierarchy Process. Research Report No. 95325. Graduate School/Research Institute, Systems, Organisations and Management (SOM), University of Groningen, the Netherlands
- Idso S.B., Jackson R.D., Pinter P.J., Hatfield J.L., 1981. Normalizing the Stress–Degree–Day Parameter for Environmental Variability. *Agr. Meteorol.*, 24: 45-55.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel

- on Climate Change. McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J ve White K.S., eds. Cambridge, UK and New York, USA, Cambridge University Press.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linder P.J. ve Hanson C.E. eds. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Iwata S., Tabuchi T., Warkentin, B.P., 1995. *Soil-Water Interactions*. Marcel Dekker Inc. 2<sup>nd</sup> ed. NY. 464 p.
- Jarvis A., Reuter H.I., Nelson A., Guevara E., 2008. Hole-filled Seamless SRTM Data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). <http://srtm.csi.cgiar.org>. Ulaşım tarihi: 12.10.2013.
- Jensen M.E., Burman R.D., Allen R.G., 1989. *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*. Final Draft, ASLE, New York, NY, USA.
- Ji L., Peters A.J., 2003. Assessing Vegetation Response to Drought in the Northern Great Plains Using Vegetation and Drought Indices. *Remote Sensing of Environment*, 87: 85-98.
- Jiang G., Yu F., Zhao Y., 2012. An Analysis of Vulnerability to Agricultural Drought in China Using the Expand Grey Relation Analysis Method. 2012 International Conference on Modern Hydraulic Engineering. *Procedia Engineering*, 28: 670-676.
- Jury W.A., Gardner W.R., Gardner W.H. 1991. *Soil Physics*. 5<sup>th</sup> edition. John Wiley & Sons, Inc. 328 p.
- Karahan G., Erşahin S., Öztürk H.S., 2014. Toprak Koşullarına Bağlı Olarak Tarla Kapasitesi Dinamiği. *Gaziosmanpaşa Ünv. Ziraat Fak. Der.*, 30 (1): 1-11.
- Kazançoğlu Y., 2008. Lojistik Yönetim Sürecinde Tedarik Çeşitliliğine Performans Değerlendirilmesinin Yöneylem Araştırması Teknikleri İle Gerçekleştirilmesi: AHP (Analitik Hiyerarşik Süreç) ve DEA (Veri Zarflama Analizi) Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, İZMİR.

- Keyantash J., Dracup, J.A., 2002. The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83: 1167-1180.
- Kim H., Park J., Yoo J., Kim T.W., 2013. Assessment of Drought Hazard, Vulnerability, and Risk: A Case Study for Administrative Districts in South Korea. *Journal of Hydro-environment Research* (In Press, Available online 6 August 2013): 1-8.
- Klute A., 1986. Water Retention Laboratory Methods in a Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part I, Physical and Mineralogical Properties, Argon, No 9, Amer. Soc. Of Agronomy, Inc, Madison, Wisconsin, USA.
- Koçak H., 2008. En Uygun Özel Dershaneye Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Uygulanması. *Marmara Üniv. İ.İ.B.F. Dergisi*, 25(2): 863-879.
- Köppen W., 1936. Das Geographische System der Klimate. In: Köppen W. ve Geiger R., Eds. *Handbuch der Klimatologie*. Gebr. Borntraeger, Berlin. 1-44.
- Kurter A., 1977. Trakya'da Yıllık Yağışlar. *İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 20-21: 71-78.
- Lamb H.H., 1972. *Climate: Present, Past and Future*. Volume 1. Fundamentals and Climate Now. Methuen. London. 613 p.
- Linsely Jr. R.K., Kohler M.A., Paulhus J.L.H., 1959. *Applied Hydrology*. McGraw Hill, New York. 689 p.
- Luers A.L., Lobella D.B., Sklard L.S., Addamsa C.L., Matsona P.A., 2003. A Method for Quantifying Vulnerability, Applied to the Agricultural System of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, 13: 255-267.
- Lutgens F.K., Tarbuck E.J., 2013. *The Atmosphere: an Introduction to Meteorology*. (12th ed). Pearson Education, Inc. Lake Ave., Glenview. 506 p.
- Maino M., Pérez P., Oviedo P., Sotomayor G., Abalo P., 2012. The Analytic Hierarchy Process in Decisionmaking for Caprine Health Programmes. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 31(3): 889-898.
- Maliva R., Missimer T., 2012. *Aridity and Drought*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 21-37.

- McVicar T.R., Van Niel T.G., Li L.T., Hutchinson M.F., Mu X.M., Liu Z.H., 2007. Spatially Distributing Monthly Reference Evapotranspiration and Pan Evaporation Considering Topographic Influences. *Journal of Hydrology*, 338: 196-220.
- Mehta A.K., Walter M.T., DeGloria S.D., 2006. A Simple Water Balance Model. [http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/WaterBalance\\_on\\_linetext.doc](http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/WaterBalance_on_linetext.doc) Erişim tarihi: 11.11.2013.
- Millet I., 1998. Ethical Decision Making using the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Business Ethics*, 17: 1197-1204.
- Mishra A.K., Desai V.R., 2006. Drought Forecasting Using Feed-Forward Recursive Neural Network. *Ecological Modeling*, 198: 127-138
- Mishra S.S., Nagarajan R., 2012. Forecasting Drought in Tel River Basin using Feed-forward Recursive Neural Network. 2012 International Conference on Environmental, Biomedical and Biotechnology, *IPCBE* vol.41: 122-126.
- Mishra A.K., Singh V.P., 2010. A Review of Drought Concepts. *Journal of Hydrology*, 391: 202-216.
- Moradi H.R., Rajabi M., Faragzadeh M., 2011. Investigation of Meteorological Drought Characteristics in Fars Province, Iran. *Catena*, 84: 35-46.
- Nagarajan R., 2009. *Introduction Drought Assessment*. Springer. 429 p.
- Núñez J.H., Verbist K., Wallis J.R., Schaefer M.G., Morales L., Cornelis W.M., 2011. Regional Frequency Analysis for Mapping Drought Events in North-Central Chile. *Journal of Hydrology*, 405: 352-366.
- Obasi G.O.P., 1994. WMO's Role in the International Decade for Natural Disaster Reduction. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 75 (9): 1655-1661.
- O'Brien K., Leichenkob R., Kelkarc U., Venemad H., Aandahla G., Tompkinsa H., Javedc A., Bhadwalc S., Bargd S., Nygaard L., West J., 2004. Mapping Vulnerability to Multiple Stressors: Climate Change and Globalization in India. *Global Environmental Change*, 14: 303-313.
- Ochoa-Rivera J.C., 2008. Prospecting Droughts with Stochastic Artificial Neural Networks. *Journal of Hydrology*, 352: 174-180.

- Palmer W.C., 1965. Meteorologic Drought. US Department of Commerce, Weather Bureau, Research Paper No: 45. 58 p.
- Palmer W.C., 1968. Keeping Track of Crop Moisture Conditions, Nationwide: The New Crop Moisture Index. *Weatherwise*, 21: 156-161.
- Partovi F.Y., 1994. Determining What to Benchmark: an Analytic Hierarchy Process Approach. *Int. Jour. of Operations & Production Management*, 14 (6): 25-39.
- Paulo A.A., Ferreira E., Coelho C., Pereira L.S., 2005. Drought Class Transition Analysis Through Markov and Loglinear Models, an Approach to Early Warning. *Agricultural Water Management*, 77: 59-81.
- Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A., 2007. Updated World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11: 1633-1644.
- Rasmussen E.M., Dickinson R.E., Kutzbach J.E., Cleaveland M.K., 1993. Climatology. In Maidment D.R. Eds. *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, 2.1-2.44.
- Reid S., Smit B., Caldwell W., Belliveau S., 2007. Vulnerability and Adaptation to Climate Risks in Ontario Agriculture. *Mitig Adapt Strat Glob Change*, 12: 609-637.
- Rhee J., Im J., Carbone G.J., 2010. Monitoring Agricultural Drought for Arid and Humid Regions Using Multi-Sensor Remote Sensing Data. *Remote Sensing of Environment*, 114: 2875-2887.
- Rodier J.A., Beran M.A., 1979. Some Information on the UNESCO-WM Report on the Hydrological Aspects of Drought. *Proceedings International Symposium on Hydrological Aspects of Drought*, New Delhi. 461-485.
- Rouse J.W., Hass R.H., Schell J.A., Deering D.W., 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. In: *The 3<sup>rd</sup> Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, Greenbelt, MD. 309-317.
- Saat M., 2000. Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi. *G.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi*, 2: 149-162.
- Saaty T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation* (Decision Making Series). McGraw-Hill, USA. 287 p.

- Saaty T.L., 1986. Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 32 (7): 841-855.
- Saaty T.L., 1990. How to Make a Decision: the Analytical Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48: 9-26.
- Saaty T.L., 1994a. How to Make a Decision: the Analytical Hierarchy Process. *Interfaces*, 24: 19-43.
- Saaty T.L., 1994b. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*. RWS, Pittsburgh. 477 p.
- Saaty T.L., 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1): 83-98.
- Saaty T.L., Vargas L.G., 1987. Uncertainty and Rank Order in the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 32: 107-117.
- Sandholt I., Rasmussen K., Andersen J., 2002. A Simple Interpretation of the Surface Temperature/Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status. *Remote Sensing of Environment*, 79: 213-224.
- Schlichting E., Blume H.P., 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 209 p.
- Schneiderbauer S., Ehrlich D., 2004. Risk, Hazard and People's Vulnerability to Natural Hazards: A Review of Definitions, Concepts and Data. Brussels: European Commission–Joint Research Centre (EC-JRC).
- Shafer B.A., Dezman L.E., 1982. Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to Assess the Severity of Drought Conditions in Snowpack Runoff Areas. *Proc. 50th Western Snow Conf.*, Reno, NV. 164-175.
- Shahid S., Behrawan H., 2008. Drought Risk Assessment in the Western Part of Bangladesh. *Natural Hazards*, 46: 391-413.
- Son N.T., Chen C.F., Chen C.R., Chang L.Y., Minh V.Q., 2012. Monitoring Agricultural Drought in the Lower Mekong Basin Using MODIS NDVI and Land Surface Temperature Data. *Int. Jour. of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 18: 417-427.

- Song G., Chen Y., Tian M., Lv S., Zhang S., Liu S., 2010. The Ecological Vulnerability Evaluation in Southwestern Mountain Region of China Based on GIS and AHP Method. *Procedia Environmental Sciences*, 2: 465-475.
- Şener Ş., Şener E., Nas B., Karagüzel R., 2010. Combining AHP with GIS for Landfill Site Selection: A Case Study in the Lake Beyşehir Catchment Area (Konya, Turkey). *Waste Management*, 30: 2037-2046.
- Steinemann A., 2003. Drought Indicators and Triggers: A Stochastic Approach to Evaluation. *J. Am. Water Res. Assoc.*, 39 (5): 1217-1233.
- Tänzler D., Feil M., Krömker D., Eierdanz F., 2008. The Challenge of Validating Vulnerability Estimates: the Option of Media Content Analysis for Identifying Drought-Related Crises. *Regional Environmental Change*, 8: 187-195.
- Tatlı H., Dalfes H.N., Menteş Ş.S., 2004. A Statistical Downscaling Method for Monthly Total Precipitation over Turkey. *International Journal of Climatology*, 24: 161-180.
- Tatlı H., Dalfes H.N., Menteş Ş.S., 2005. Surface Air Temperature Variability over Turkey and Its Connection to Large-Scale Upper Air Circulation Via Multivariate Techniques. *International Journal of Climatology*, 25(3): 331-350.
- Tatlı H., Türkeş M., 2011. Türkiye'nin Kurak ve Nemli Koşullarının Model Çıktı İstatistiği (MOS) ile İncelenmesi. *5th Atmospheric Science Symposium*. 219-229.
- Tatlı H., Türkeş M., 2011. Empirical Orthogonal Function Analysis of the Palmer Drought Indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151: 981-991.
- Thom H.C.S., 1966. *Some Methods of Climatological Analysis*. WMO N. 199. Technical Note N. 81., Ginevra. 53 p.
- Thompson R.D., 1975. *The Climatology of Arid World*. University of Reading, UK, Department of Geography Paper No. 35. 39 p.
- Thornthwaite C.W., 1948. An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38 (1): 55-94.
- Thornthwaite C.W., Mather J.R., 1955. *The Water Balance*. Centerton, N.J., Lab. Climatol. Publ., 8: 1-86.



- Thornthwaite C.W., Mather J.R., 1957. Instruction and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. *Centerton, N.J., Lab. Climatol. Publ.*, 10: 185-311.
- Topçu E., 2013. L-Momentler ve Standart Yağış İndeksi (SYİ) Yardımıyla Seyhan Havzası Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, ADANA.
- Turner B.L.II, Kasperson R.E., Matson P.A., McCarthy J.J., Corell R.W., Christensen L., Eckley N., Kasperson J.X., Luers A., Martello M.L., Polsky C., Pulsipher A., Schiller A., 2003. A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100 (14): 8074-8079.
- Türkeş M., 1990. Türkiye’de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İSTANBUL.
- Türkeş M., 1996. Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16: 1057-1076.
- Türkeş M., 1998. Influence of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation on Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 18: 649-680.
- Türkeş M., 1999. Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect to Precipitation and Aridity Conditions. *Turkish Journal of the Engineering and Environmental Sciences*, 23: 363-380.
- Türkeş M., 2001. Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi,1: 187-205.
- Türkeş M., 2003. Spatial and Temporal Variations in Precipitation and Aridity Index Series of Turkey. In: Bolle, H.J. Ed. *Mediterranean Climate – Variability and Trends, Regional Climate Studies*. Springer Verlag, Heidelberg. 181–213.
- Türkeş M., 2007. Türkiye’nin Kuraklığa, Çölleşmeye Eğilimi ve İklim Değişikliği Açısından Değerlendirilmesi. *Pankobirlik*, 91: 38-47.
- Türkeş M., 2010. *Klimatoloji ve Meteoroloji*. Kriter Yayınevi - Yayın No. 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1. 650 s.

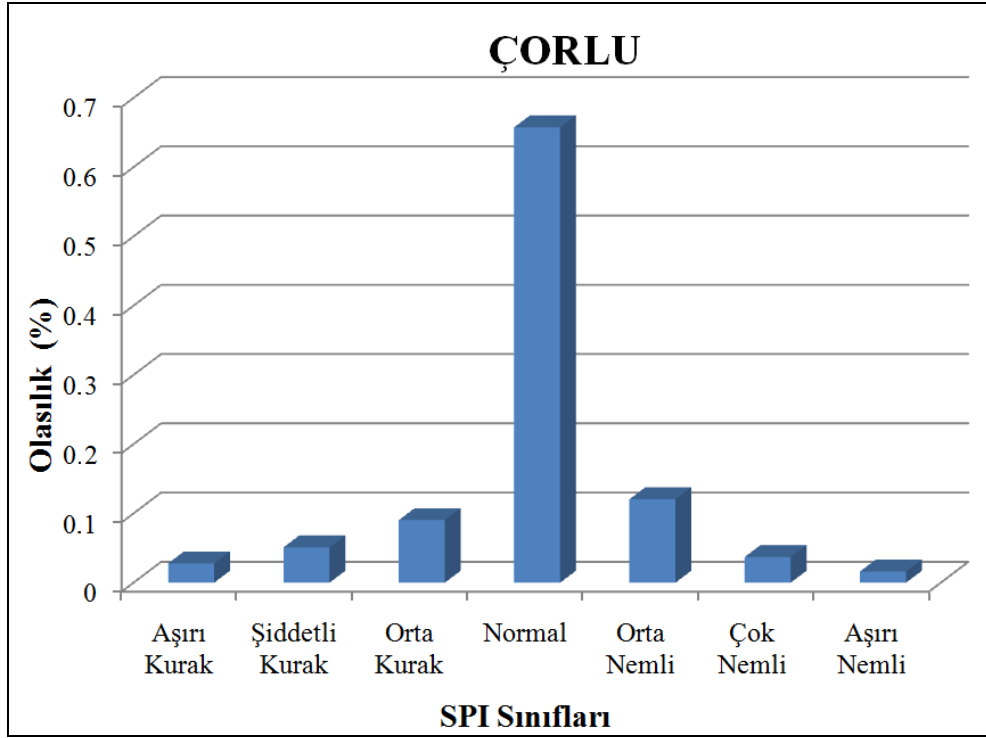
- Türkeş M., 2011. İklim Değişikliğinin Fiziksel Bilim Temeli: Fiziksel İklim Sistemi, Kuvvetlenen Sera Etkisi, Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişimleri. 5th Atmospheric Science Symposium, Istanbul Technical University, İstanbul. 135-151.
- Türkeş M., 2012a. Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20 (1): 7-56.
- Türkeş M., 2012b. Küresel İklim Değişikliği ve Çölleşme. İçinde: Özgen, N. Ed. *Güntümüz Dünya Sorunları – Disiplinlerarası Bir Yaklaşım*. Eğiten Kitap: Ankara. 1-42.
- Türkeş M., 2013. Kuraklık Yönetimi Planlarının İlkeleri: 2- İklim Değişikliği ve Değişkenliğini (Aşırı Hava ve İklim Olayları) Dikkate Alan Afet Risk Yönetimi ve Kuraklık Yönetimi Planları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, “Kuraklık Yönetimi, İklim Değişikliğine Uyum ve Taşkın Yönetim Planlarının Hazırlanması Hizmet İçi Eğitim Programı”, Yayınlanmamış Ders Sunumu. 2-5 Aralık 2013, Afyonkarahisar.
- Türkeş M., 2014. Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği Kuraklık ve Çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* 4 (2): 1-32.
- Türkeş M., Altan G., 2011. Çanakkale Yöresi’nde Gözlenen Kurak ve Nemli Koşulların İklim Değişimleri Açısından Çözümlemesi. *Ekoloji ve Çevre Kongresi*, Çanakkale. Özetler Kitabı: 55.
- Türkeş M., Altan G., 2013a. Muğla Yöresi’nde Gözlenen Kuraklıkların ve Nemli Koşulların Doğal Çevreye Etkileri ve İklim Değişikliği Açısından Analizi. İçinde: *The 3rd International Geography Symposium GeoMed 2013*, Antalya. 10-13.
- Türkeş M., Altan G. 2013b. Muğla Yöresi Ormanlarının Yangın Klimatolojisi. *Türkiye Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi (TCDYK)*, İstanbul. 460-467.
- Türkeş M., Altan G. 2014. Türkiye’de 2011’de Oluşan Orman Yangınlarının Klimatolojik Çözümlemesi ve Hidroklimatik, Yüzey Hava ve Yüksek Atmosfer Koşulları İle Bağlantıları. *International Journal of Human Sciences*, 11(1): 145-176
- Türkeş M., Koç T., Sarış, F., 2009. Spatiotemporal Variability of Precipitation Total Series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29: 1056-1074.

- Türkeş M., Sümer U.M., 2004. Spatial and Temporal Patterns of Trends and Variability in Diurnal Temperature Ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 77: 195-227.
- Türkeş M., Tatlı H., 2008. Türkiye’de Kuraklık Olasılıklarının Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) Kullanılarak Saptanması ve İklimsel Değişkenlik Açısından Değerlendirilmesi. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*. Bahçeköy, İstanbul. 55-62.
- Türkeş M., Tatlı H., 2009. Use of the Standardized Precipitation Index (SPI) and Modified SPI for Shaping the Drought Probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29: 2270-2282.
- Türkeş M., Tatlı H., 2010. The Role of Drought and Precipitation Severity Indices for Determination, Characterization and Monitoring of the Desertification. *Proceeding of Symposium on Combating Desertification*, Çorum, Turkey. 245–263.
- Twigg J., 2001. Sustainable Livelihoods and Vulnerability to Disasters. Benfield Greig Hazard Research Center, Disaster Management Working Paper. <http://www.eird.org/cd/on-better-terms/docs/Twigg-Sustainable-livelihoods-and-vulnerability-to-disasters.pdf> Erişim Tarihi: 25.08.2013.
- UNDP, 2004. Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. A Global Report, New York. Bureau for Crisis Prevention and Recovery (BCPR). <http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/crisis-prevention-and-recovery/reducing-disaster-risk--a-challenge-for-development.html> Erişim Tarihi: 25.10.2013.
- UN/ISDR, 2004. Living with Risk: a Global Review of Disaster Reduction Initiatives. <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/657> Erişim Tarihi: 25.10.2013.
- U.S. Salinity Lab. Staff., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alakli Soils. U.S. Government Handbook No:60, Washington.
- Vaidya O.S., Kumar S., 2006. Analytic HierarchyP: an Overview of Applications. *European Journal of Operational Research*, 169: 1-29.

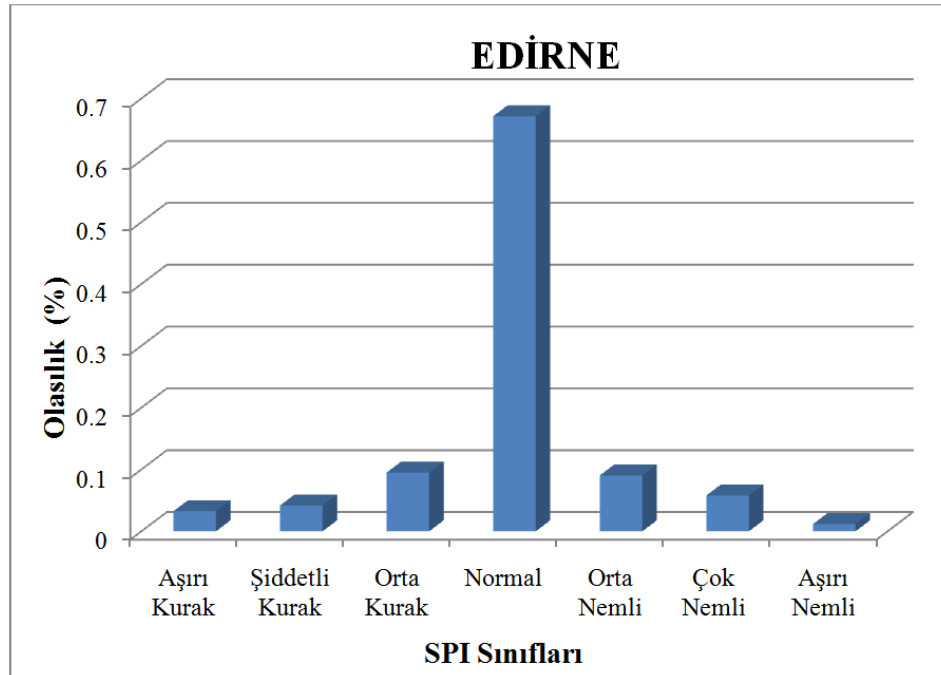
- van Lanen H.A.J., Peters E., 2000. Definition, Effects and Assessment of Groundwater Droughts. In: Vogt J.V. ve Somma F., Eds. *Drought and Drought Mitigation in Europe*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 49-61.
- van Rooy M.P., 1965. A Rainfall aAnomaly Index Independent of Time and Space. *Notos*,14: 43-48.
- Veihmeyer F.J., Hendrickson A.H., 1931. The Moisture Equivalent as a Measure of Field Capacity. *Soil Sci.*, 32(3), 181-194.
- Wang L., Qu J.J., 2007. NMDI: a Normalized Multi-band Drought Index for Monitoring Soil and Vegetation Moisture with Satellite Remote Sensing. *Geophysics Research Letters*, Vol. 34.
- Wilhelmi O.V., Wilhite D.A., 2002. Assessing Vulnerability to Agricultural Drought: a Nebraska Case Study. *Natural Hazards*, 25 (1): 37-58.
- Wilhite D.A., 1999a. *Drought preparedness in Sub-Saharan Africa Context*. Proc. Int. Conf. on Integrated Drought Management - Lessons for sub Saharan Africa, 20-22 September. Pretoria.
- Wilhite D.A., 1999b. "Preparing for Drought: A Methodology", in Wilhite, D.A. (Ed.), *Drought: A Global Assessment*, Routledge Publishers, London, Volume 2, pp. 89-104.
- Wilhite D.A., 2000. Drought Preparedness and Response in the Context of Sub-Saharan Africa. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 8(2): 81-92
- Wilhite D.A., Glantz M.H., 1985. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*, 10: 111-120.
- Wilks D.S., 1995. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: an Introduction*. Academic Press, San Diego. 467 p.
- WMO, 1986. Report on Drought and Countries Affected by Drought During 1974-1985. World Meteorological Organization (WMO), Geneva.118p.
- Yalcin A., Reis S., Aydinoglu A.C., Yomralioglu T., 2011. A GIS-Based Comparative Study of Frequency Ratio, Analytical Hierarchy Process, Bivariate Statistics and Logistics Regression Methods for Landslide Susceptibility Mapping in Trabzon, NE Turkey. *Catena*, 85: 274-287.

- Ying X., Guang-Ming Z., Gui-Qiu C., Lin T., Ke-Linc W., Dao-You H., 2007. Combining AHP with GIS in Synthetic Evaluation of Eco-environment Quality—A Case Study of Hunan Province, China. *Ecological Modelling*, 209: 97-109
- Yoo J., Kwon W.K., Kim T.W., Ahn J.H., 2012. Drought Frequency Analysis Using Cluster Analysis and Bivariate Probability Distribution. *Journal of Hydrology*, 420–421: 102-111.
- Yürekli K., Kurunç A., 2006. Simulating Agricultural Drought Periods Based on Daily Rainfall and Crop Water Consumption. *Journal of Arid Environments*, 67: 629-640.
- Zarafshani K., Sharafi L., Azadi H., Hosseininia G., De Maeyer P., Witlox F., 2012. Drought Vulnerability Assessment: The Case of Wheat Farmers in Western Iran. *Global and Planetary Change*, 98-99: 122-130.

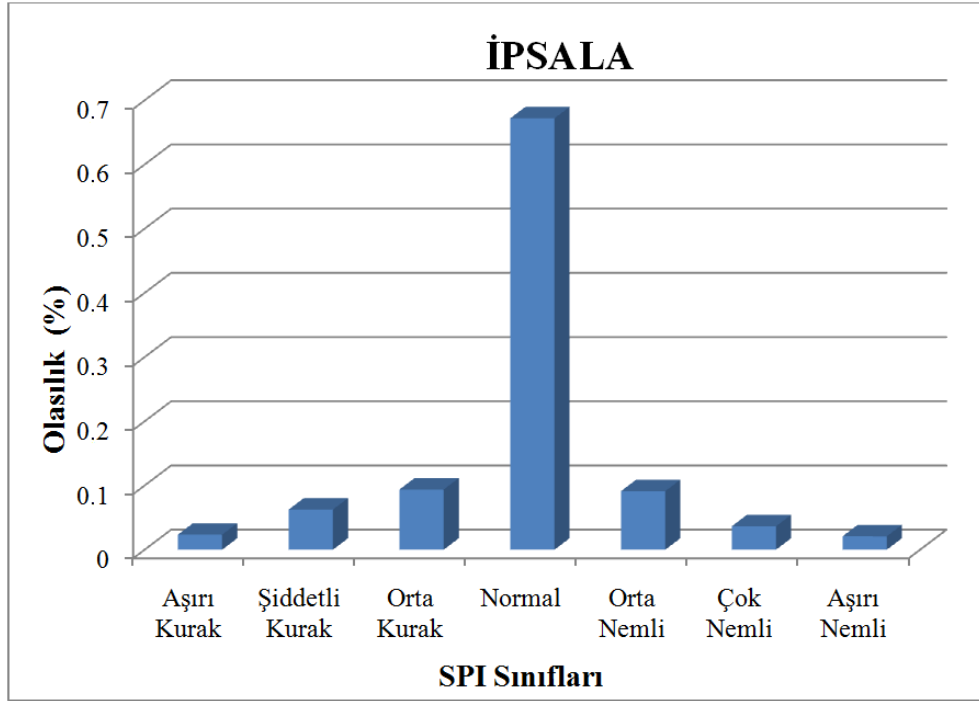
## EKLER



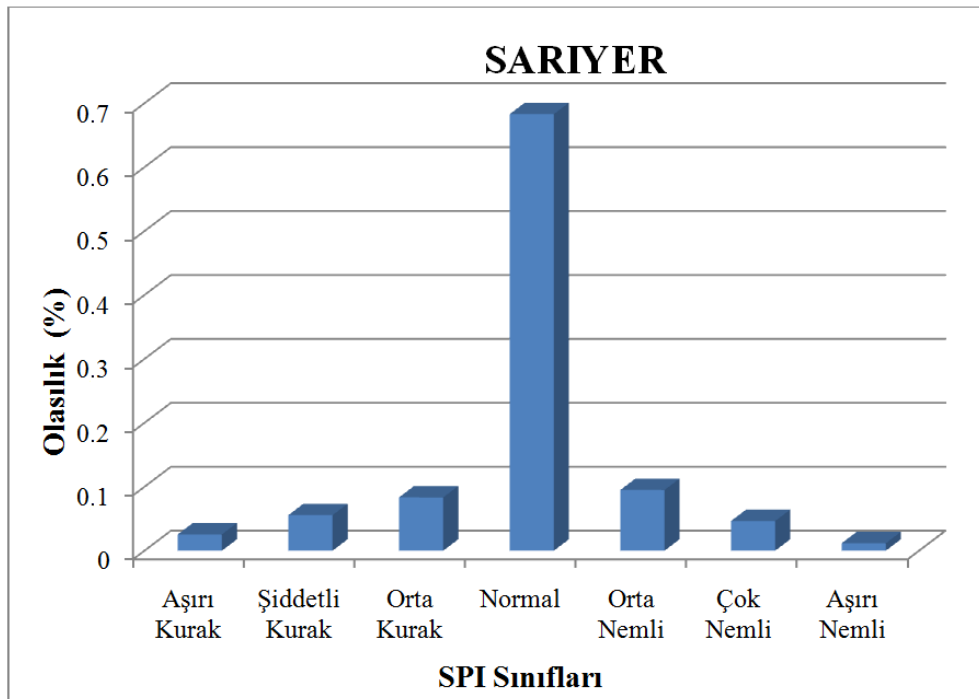
**Ek Şekil 1.** MGM Çorlu İstasyonu aylık SPI değerlerinin aşırı kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli olma olasılık dağılım desenleri



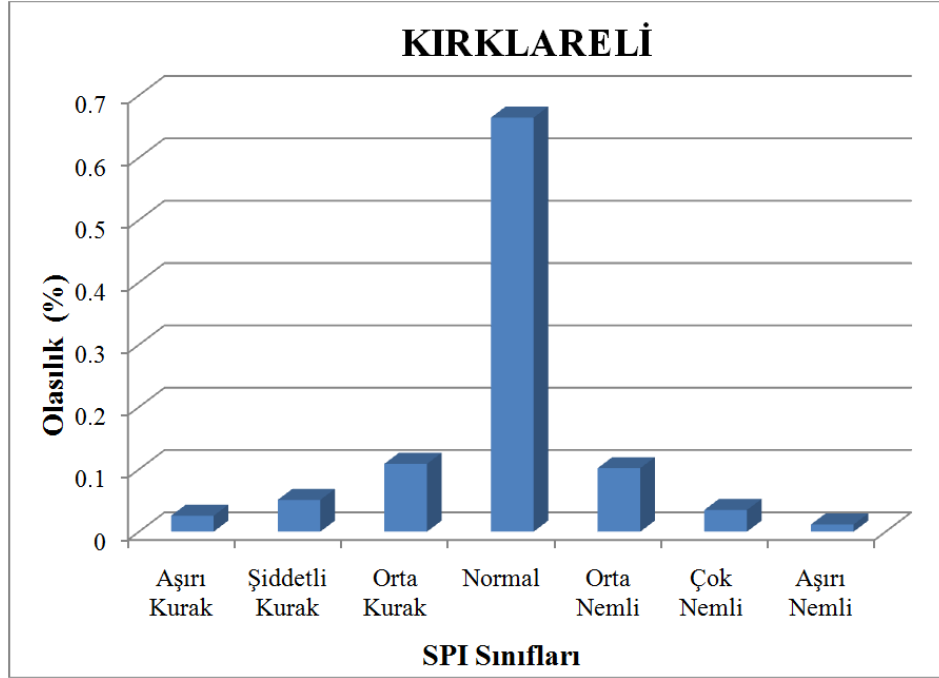
**Ek Şekil 2.** MGM Edirne İstasyonu aylık SPI değerlerinin aşırı kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli olma olasılık dağılım desenleri



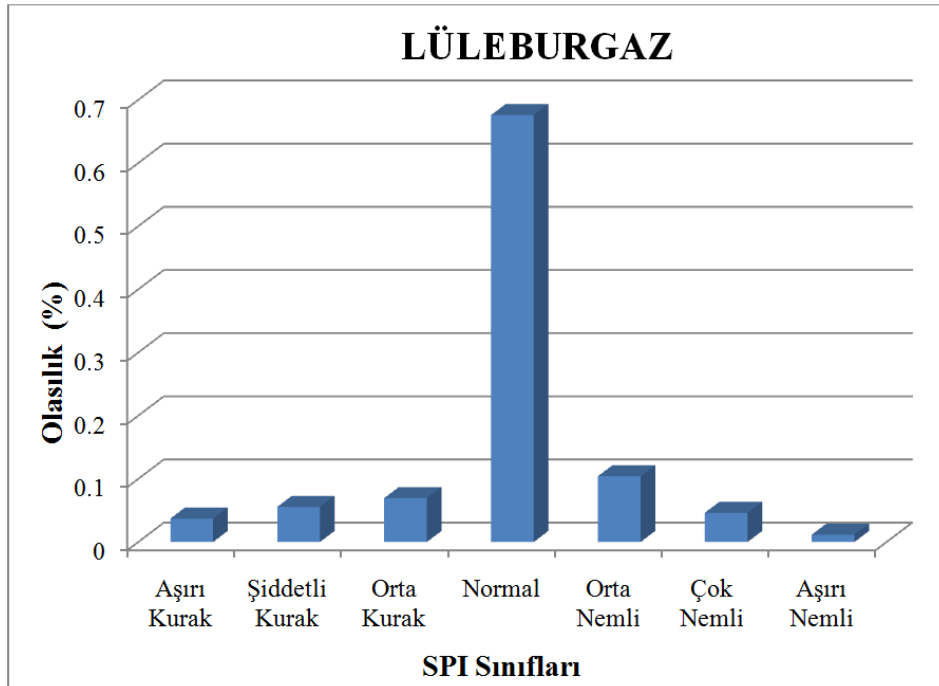
**Ek Şekil 3.** MGM İpsala İstasyonu aylık SPI değerlerinin aşırı kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli olma olasılık dağılım desenleri



**Ek Şekil 4.** MGM Sarıyer (Kireçburnu) İstasyonu aylık SPI değerlerinin aşırı kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli olma olasılık dağılım desenleri

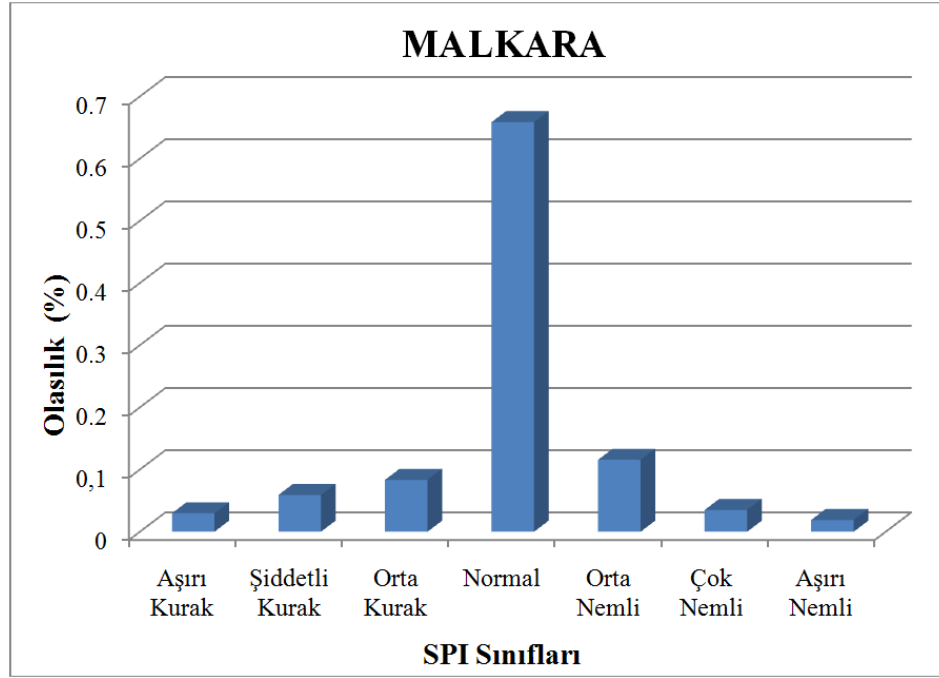


**Ek Şekil 5.** MGM Kırklareli İstasyonu aylık SPI değerlerinin aşırı kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli olma olasılık dağılım desenleri

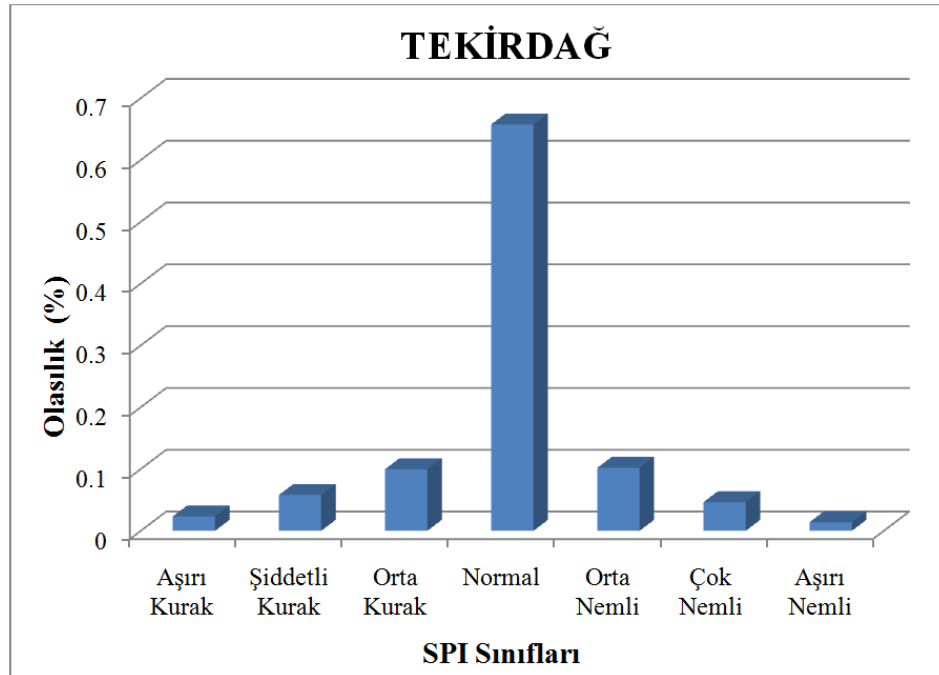


**Ek Şekil 6.** MGM Lüleburgaz İstasyonu aylık SPI değerlerinin aşırı kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli olma olasılık dağılım desenleri

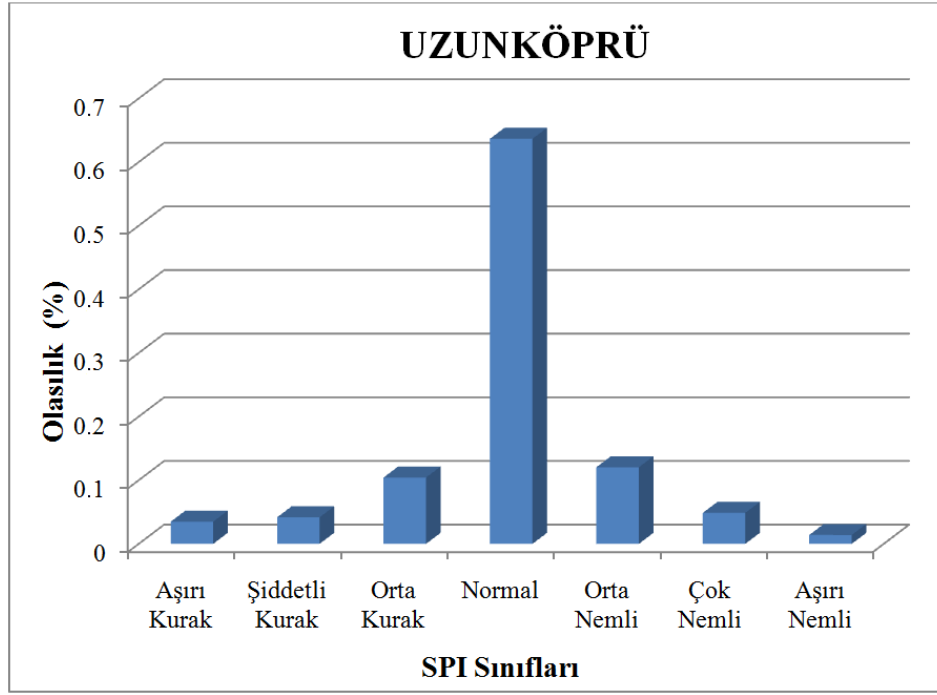




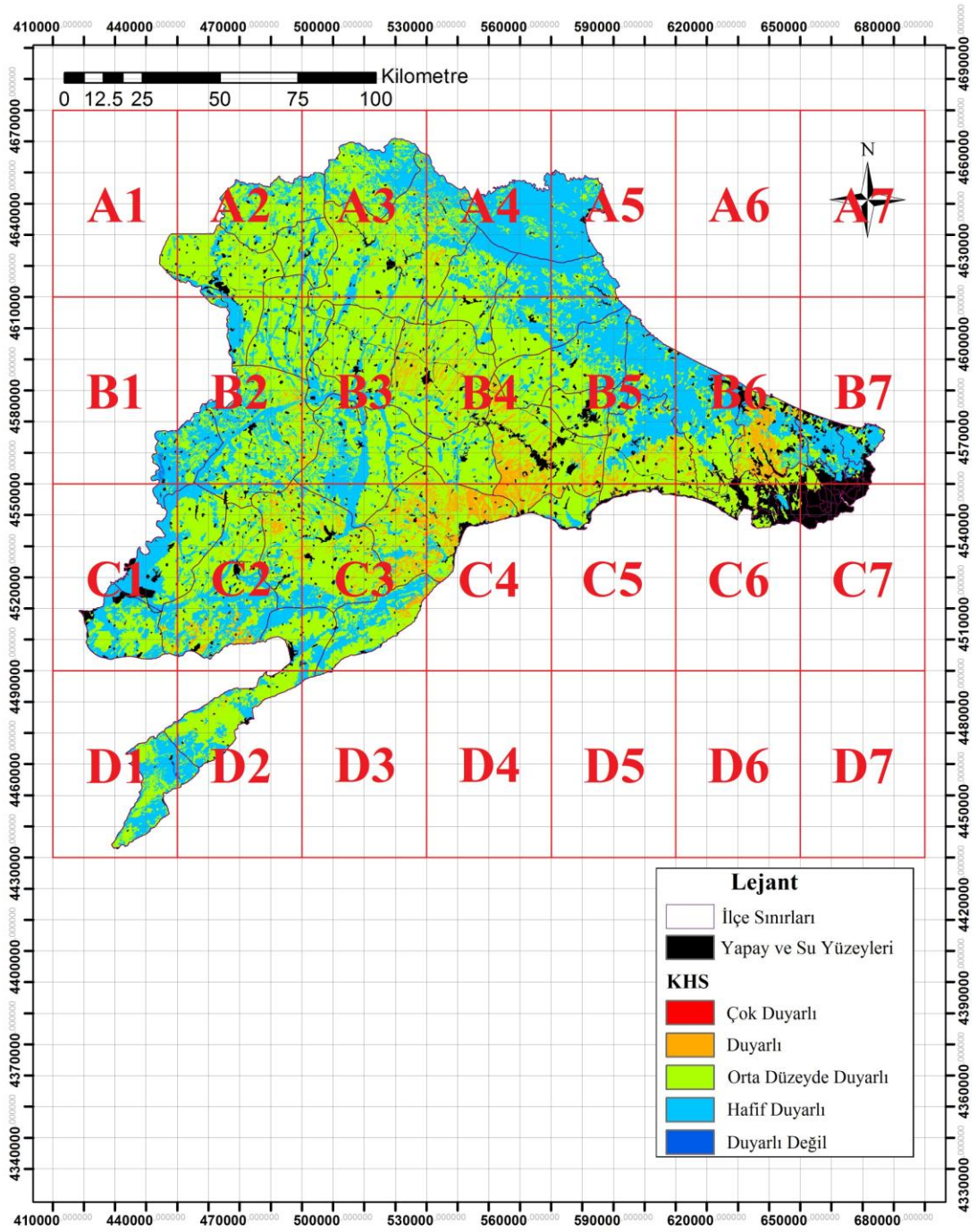
**Ek Şekil 7.** MGM Malkara İstasyonu aylık SPI değerlerinin aşırı kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli olma olasılık dağılım desenleri



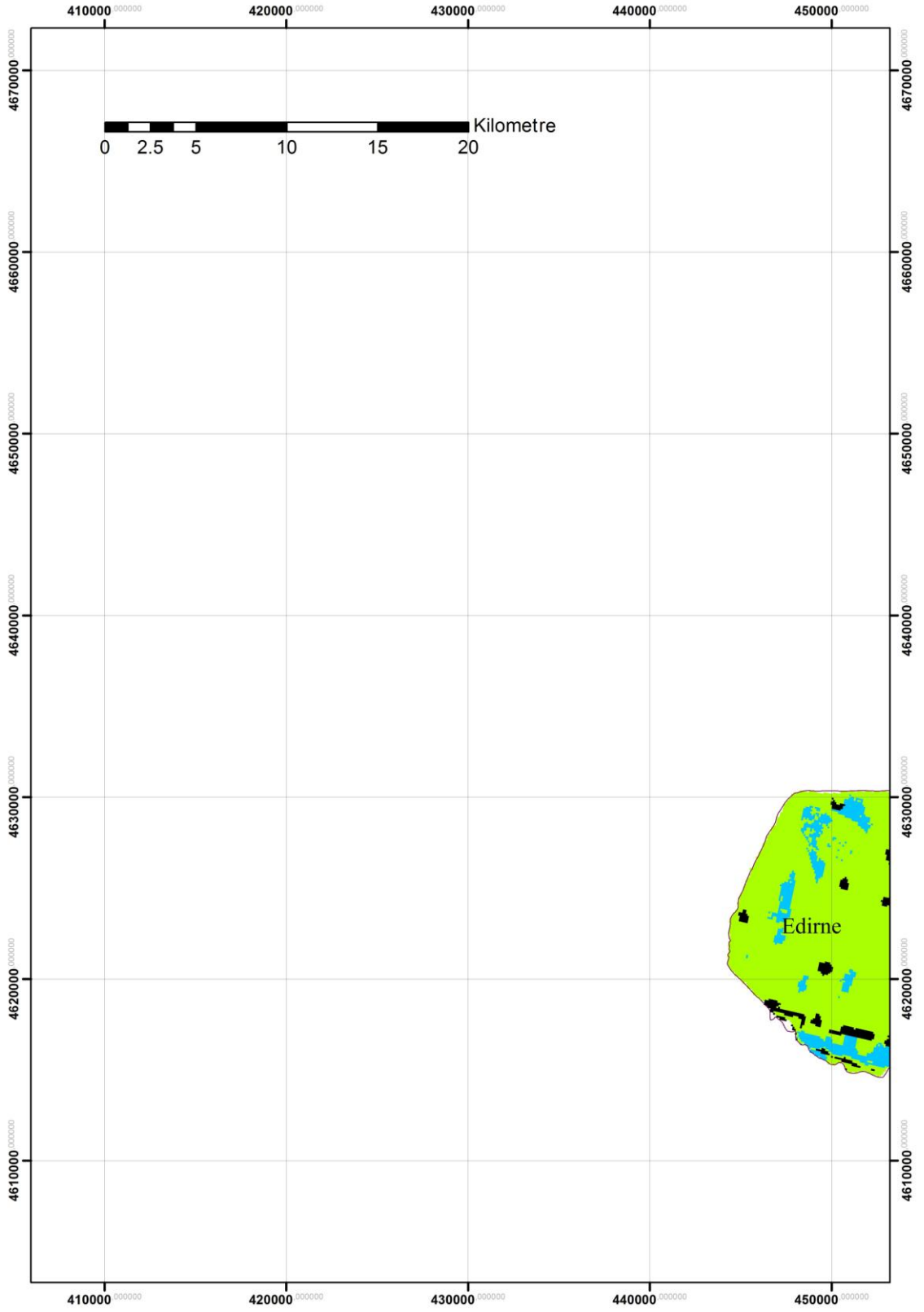
**Ek Şekil 8.** MGM Tekirdağ İstasyonu aylık SPI değerlerinin aşırı kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli olma olasılık dağılım desenleri



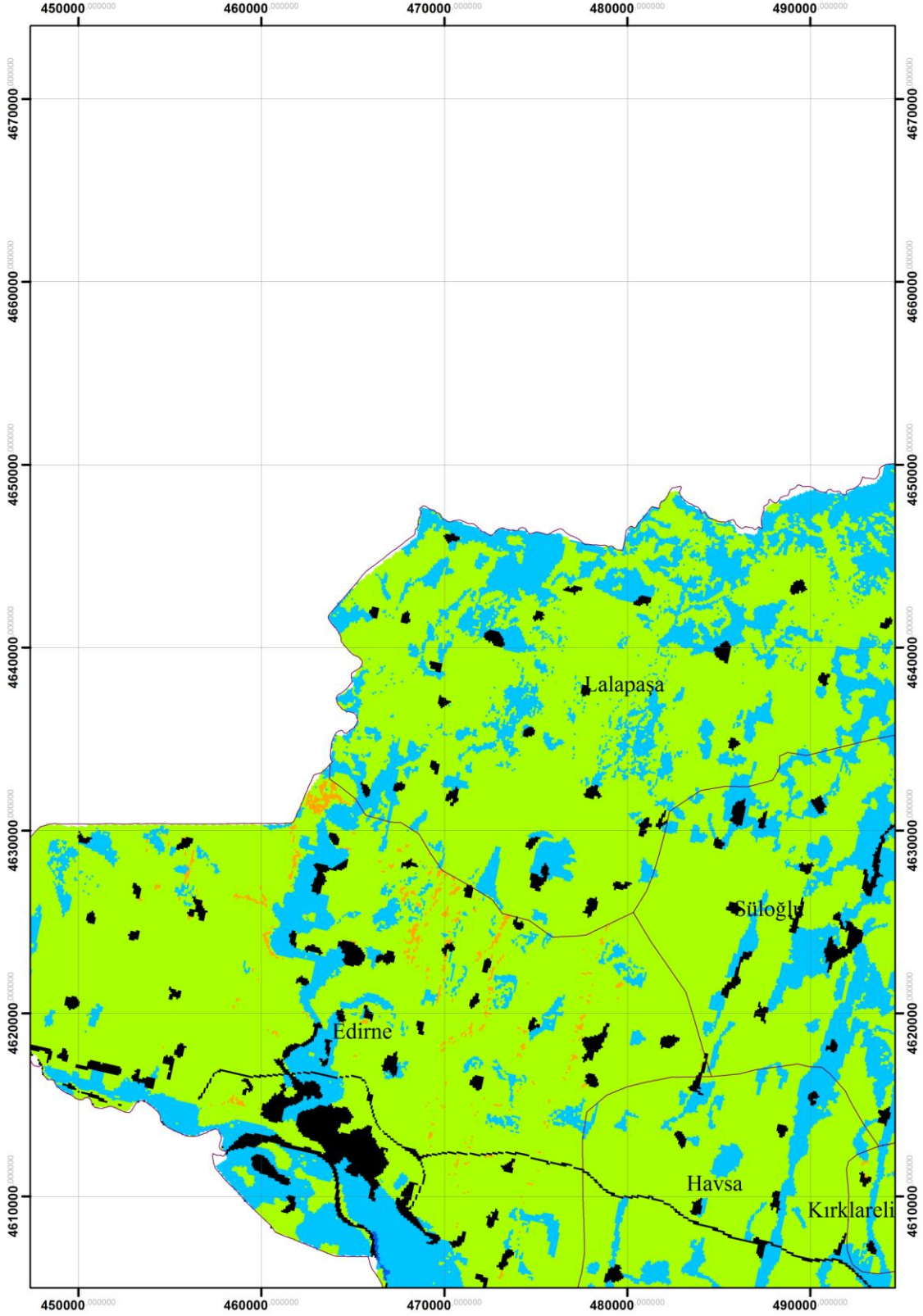
**Ek Şekil 9.** MGM Uzunköprü İstasyonu aylık SPI değerlerinin aşırı kurak, şiddetli kurak, orta düzeyde kurak, normal, orta düzeyde nemli, çok nemli ve aşırı nemli olma olasılık dağılım desenleri



Ek Şekil 10. 1/1,550,000 ölçekli kuraklık hassasiyet haritasının paftaları

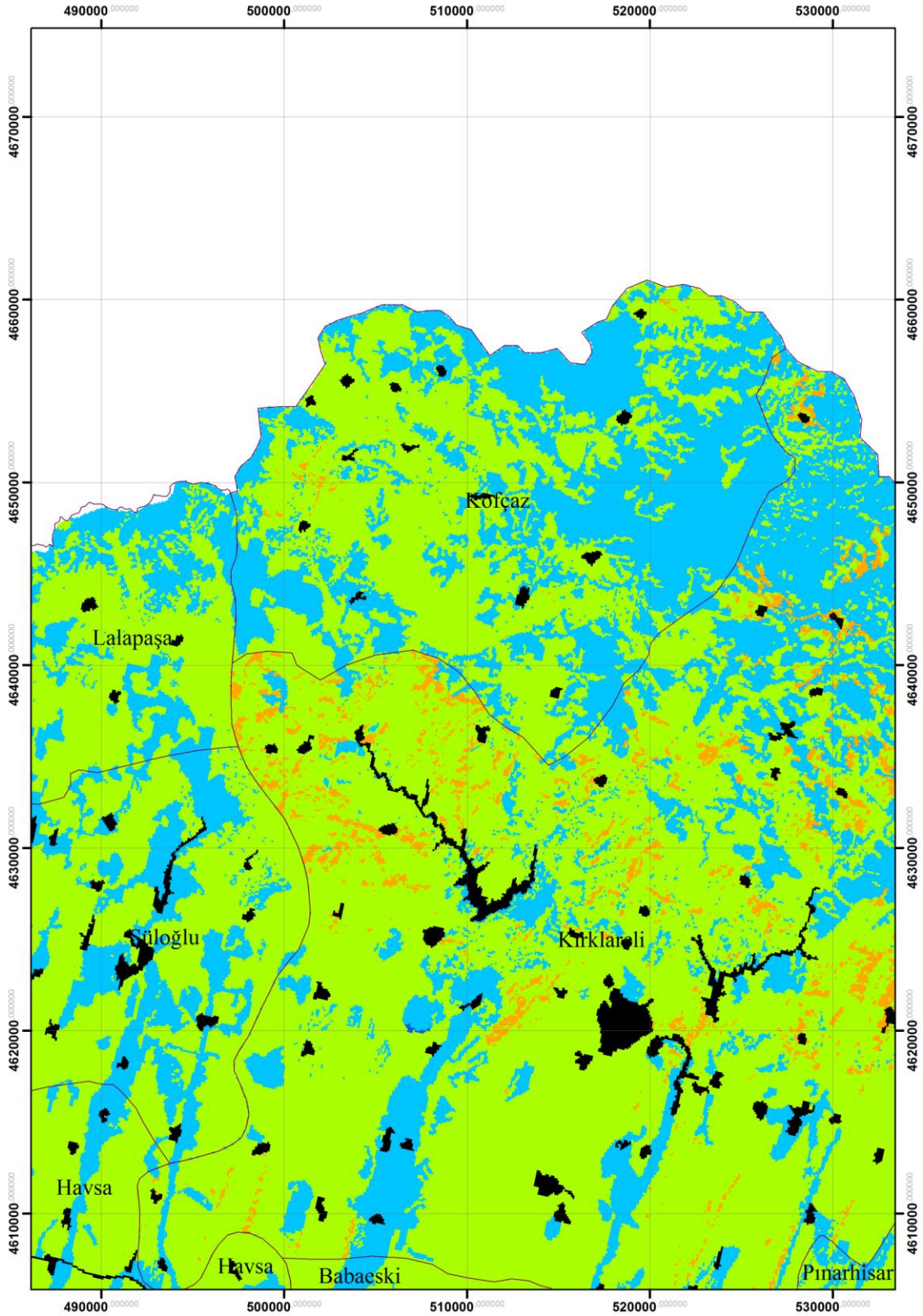


**Ek Şekil 11.** Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli A1 paftası

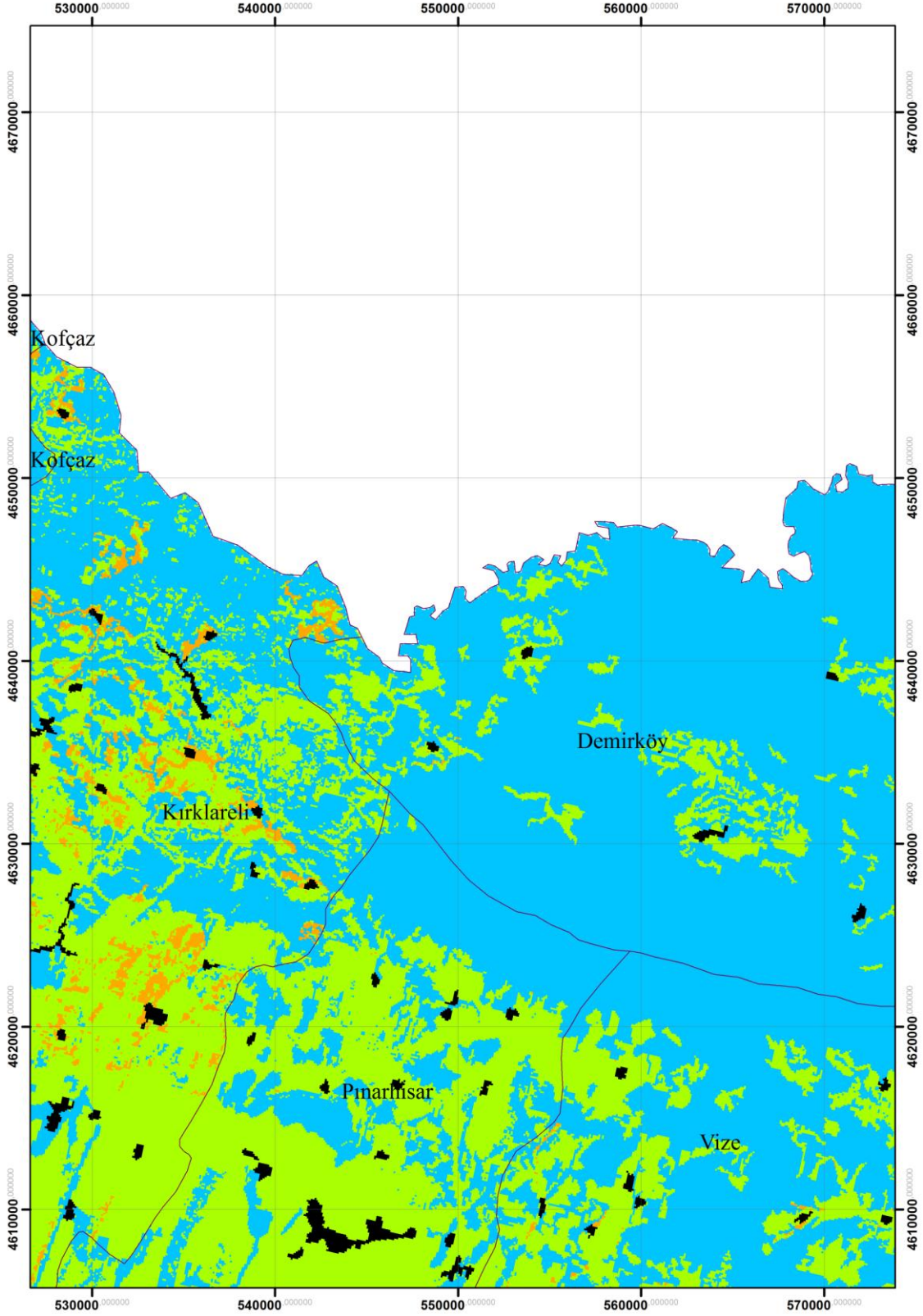


Ek Şekil 12. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli A2 paftası

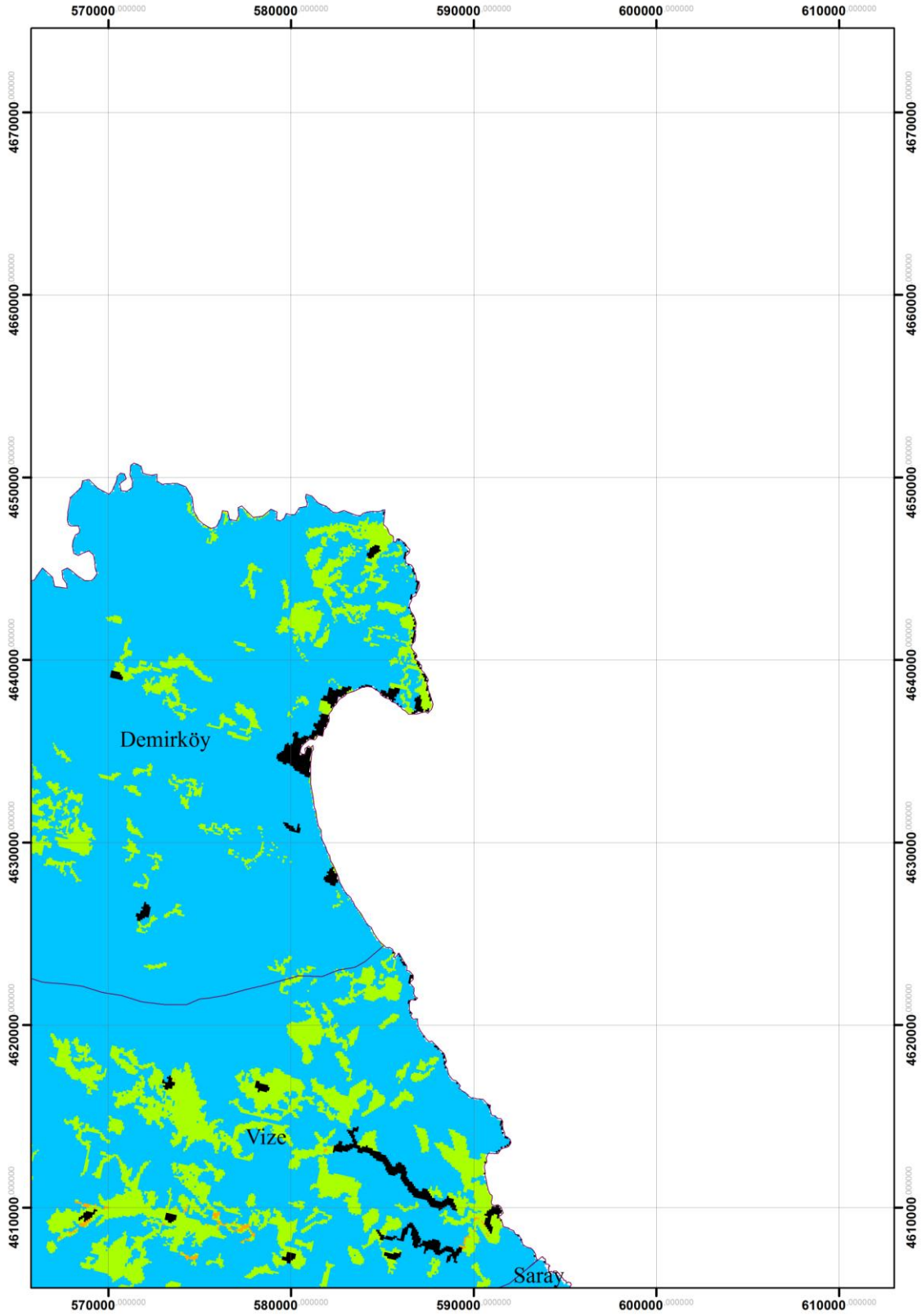




Ek Şekil 13. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli A3 paftası

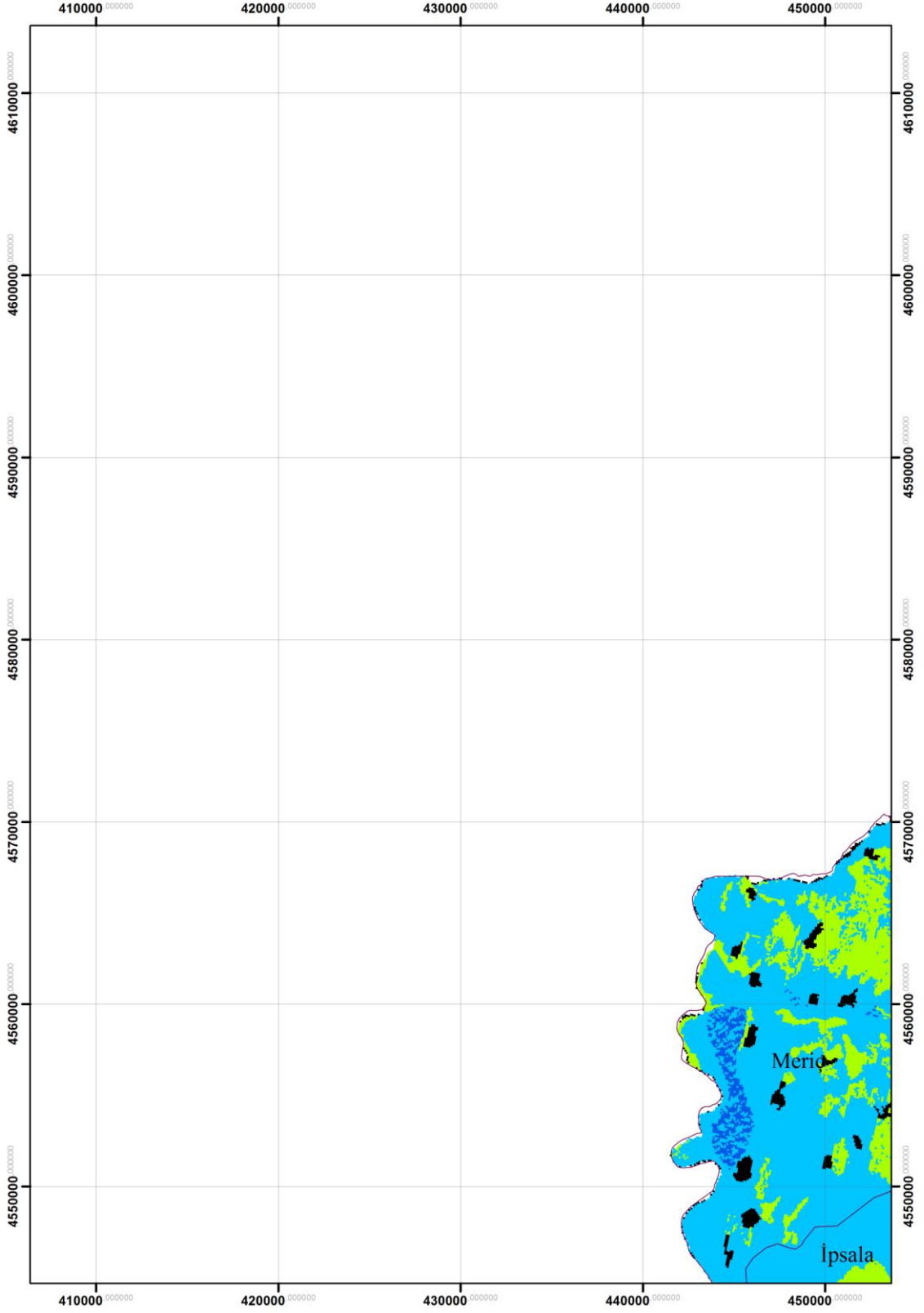


Ek Şekil 14. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli A4 paftası

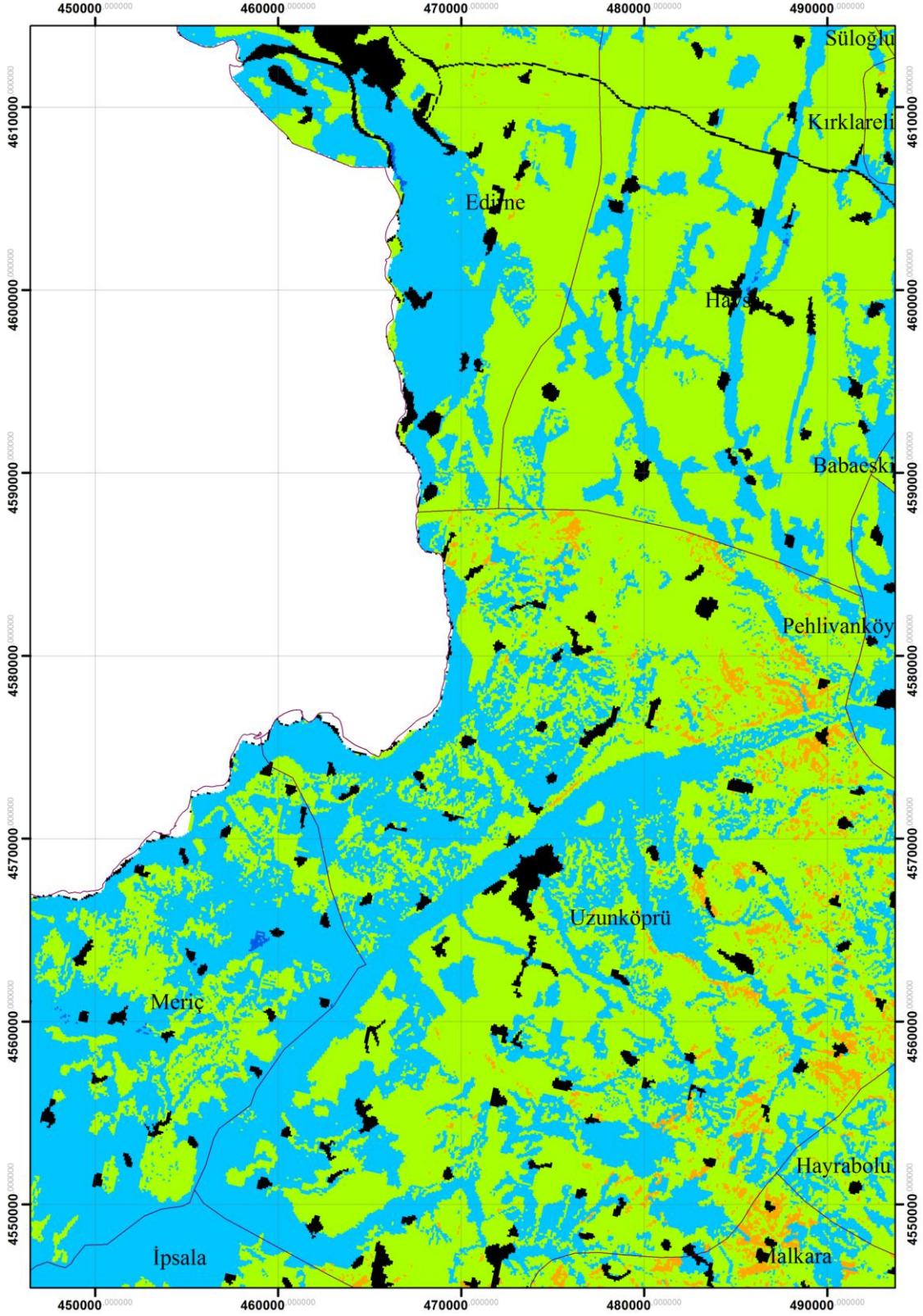


Ek Şekil 15. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli A5 paftası



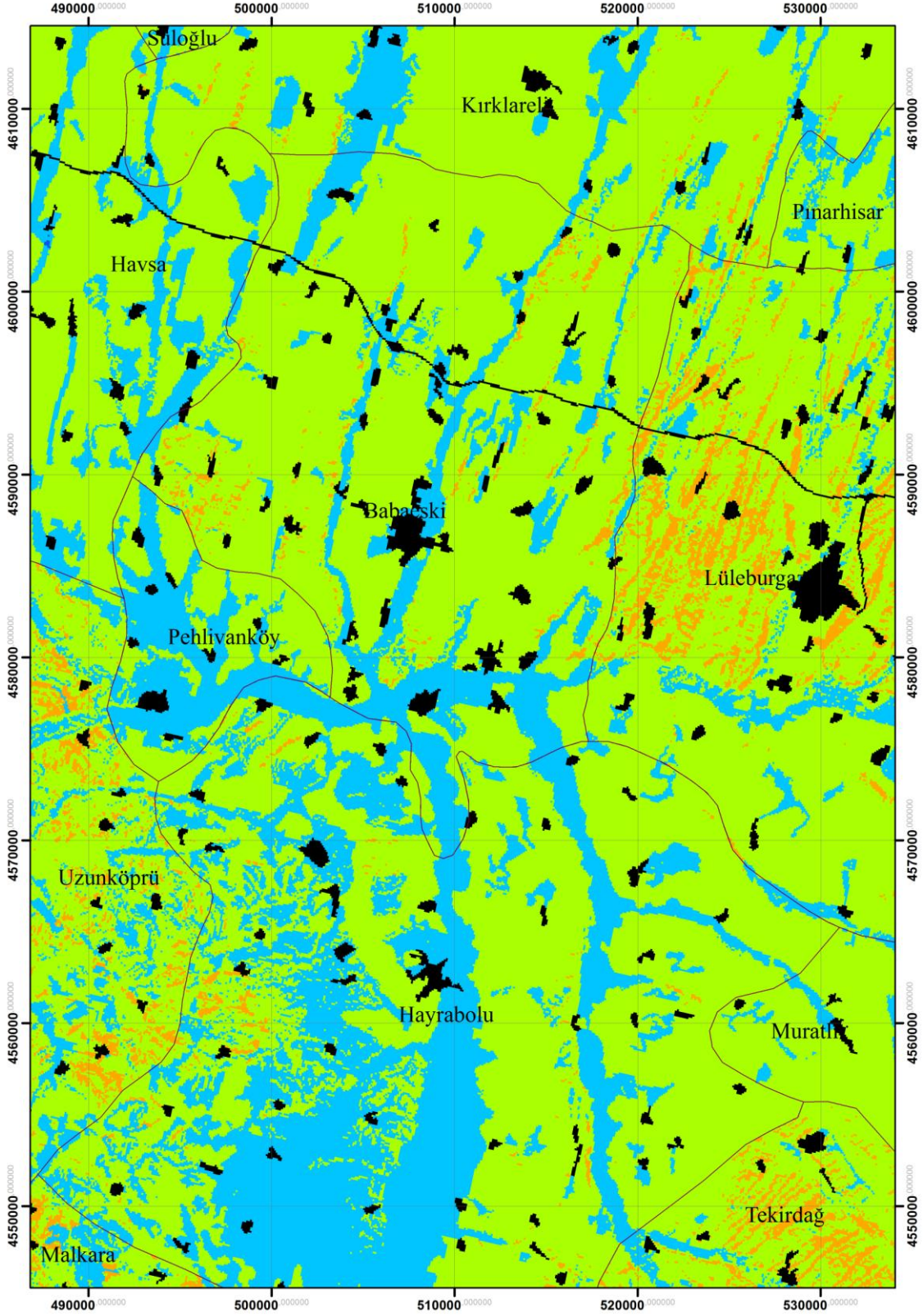


**Ek Şekil 16.** Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli B1 paftası



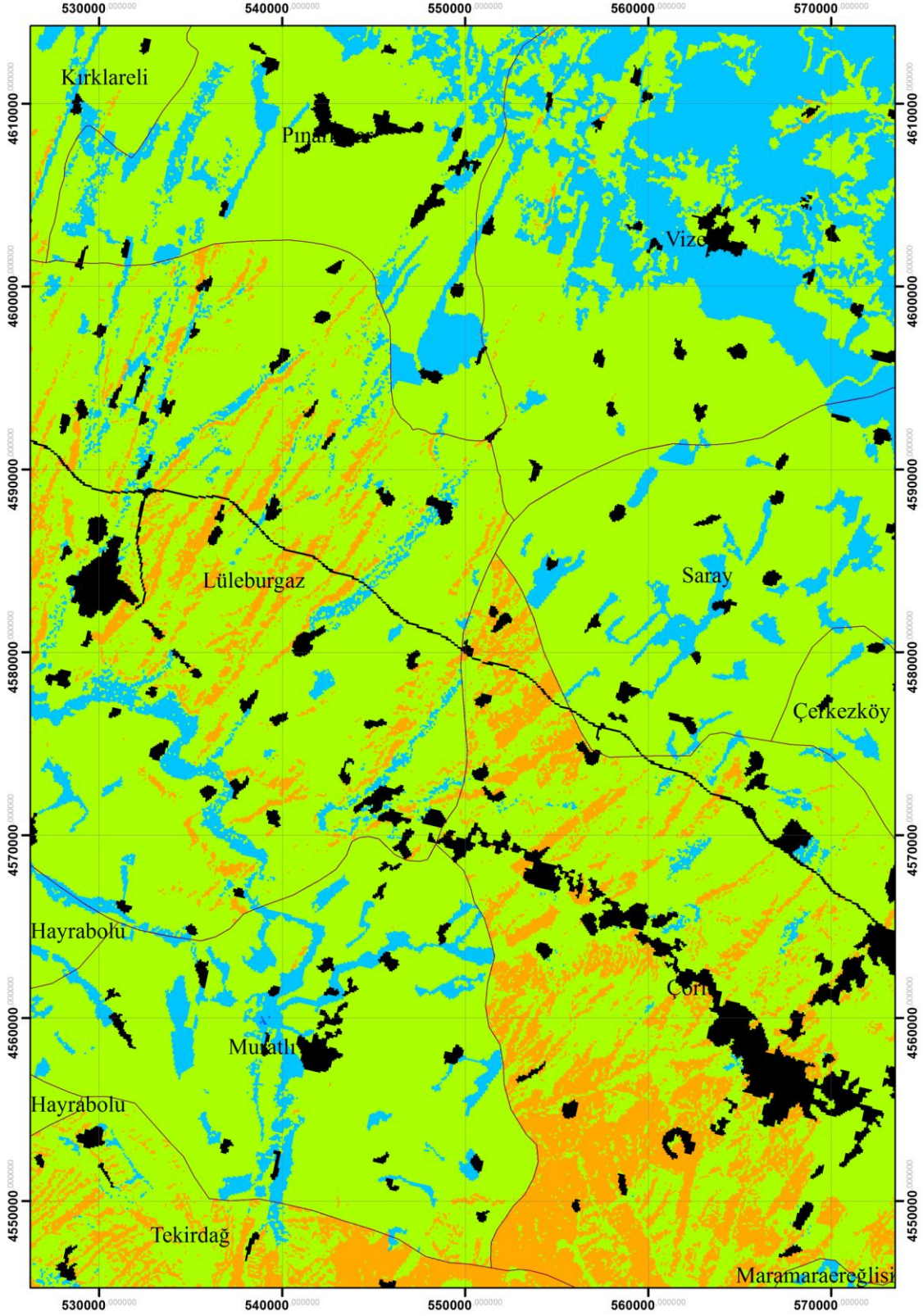
Ek Şekil 17. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli B2 paftası





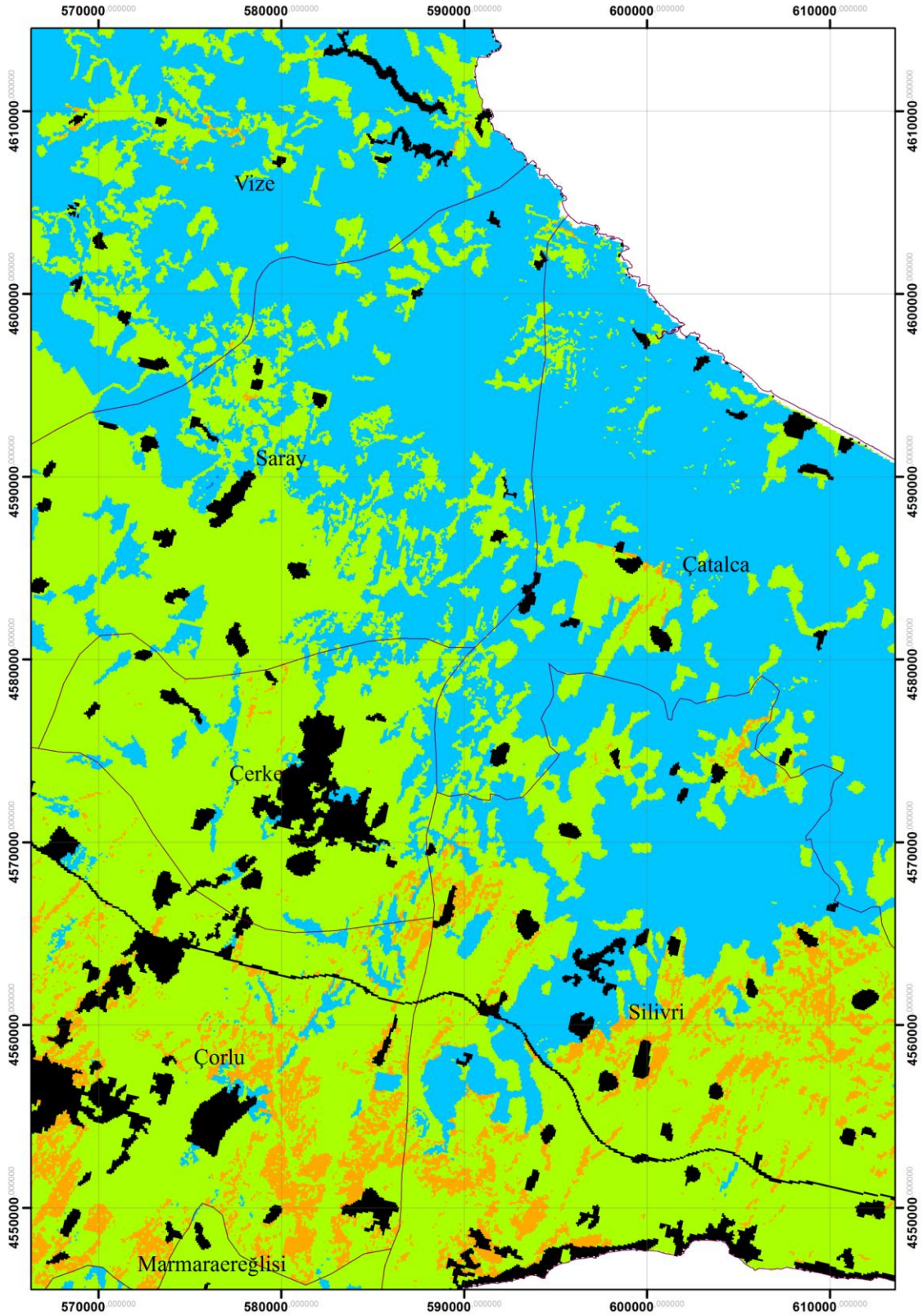
Ek Şekil 18. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli B3 paftası



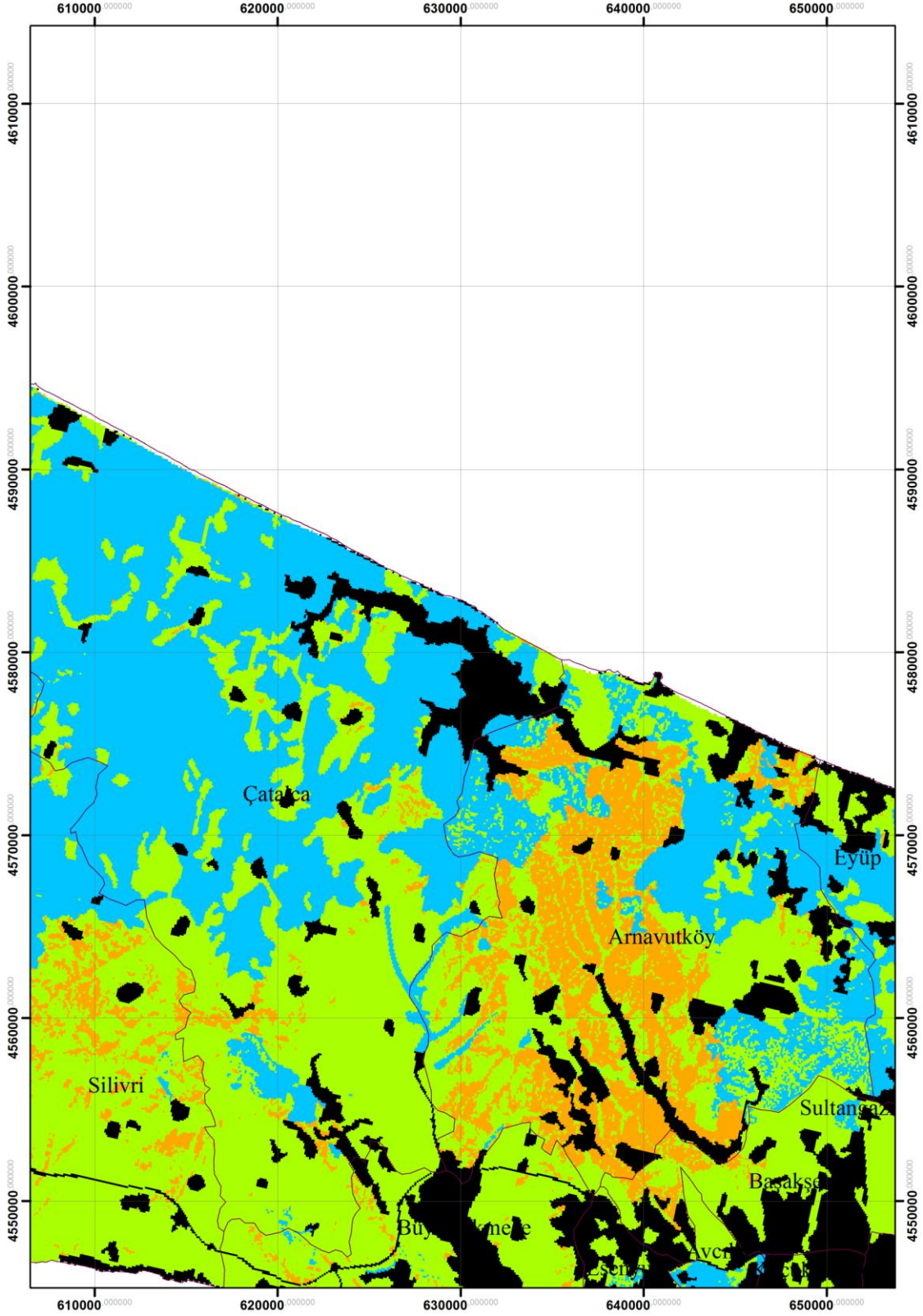


Ek Şekil 19. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli B4 paftası



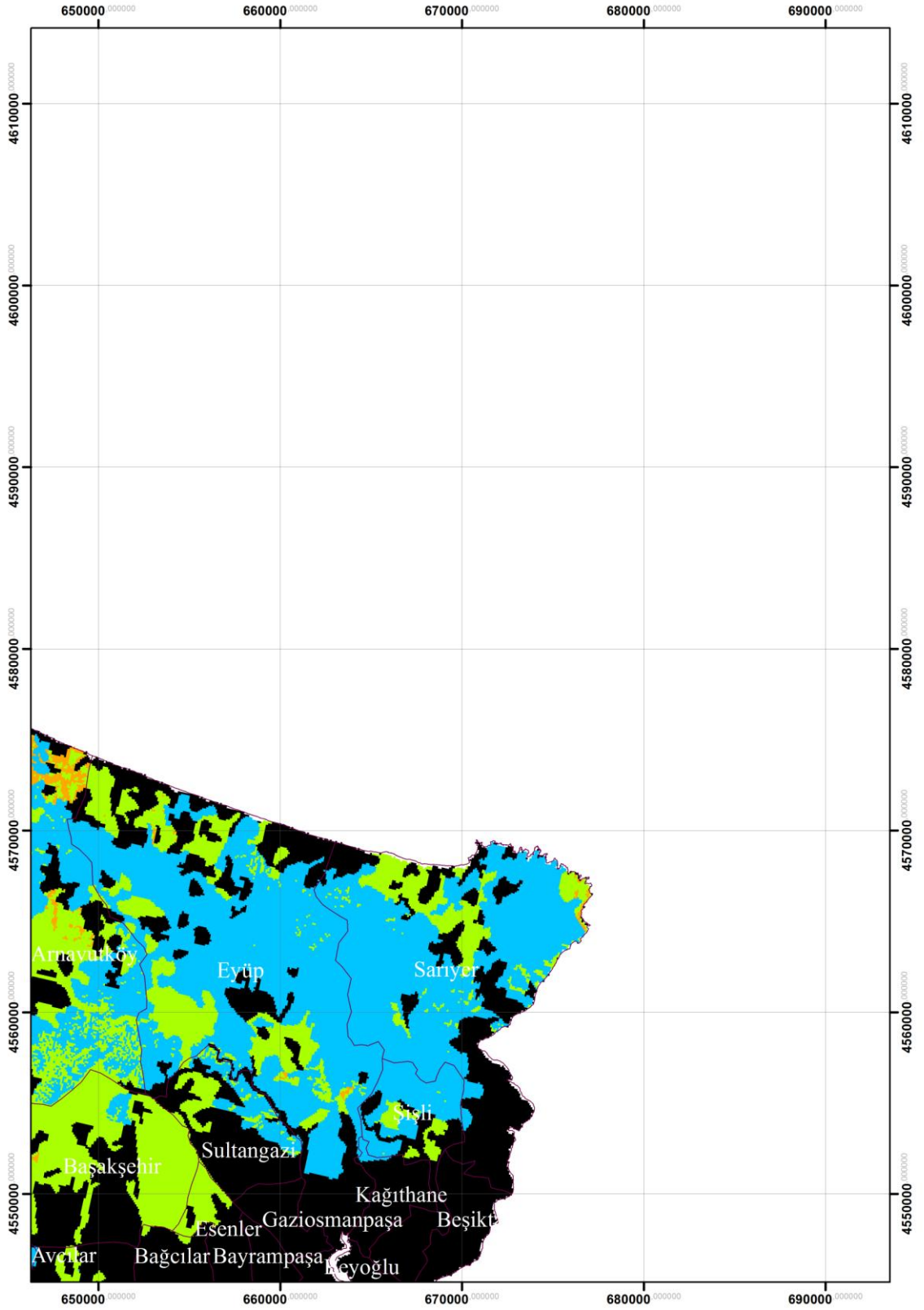


Ek Şekil 20. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli B5 paftası

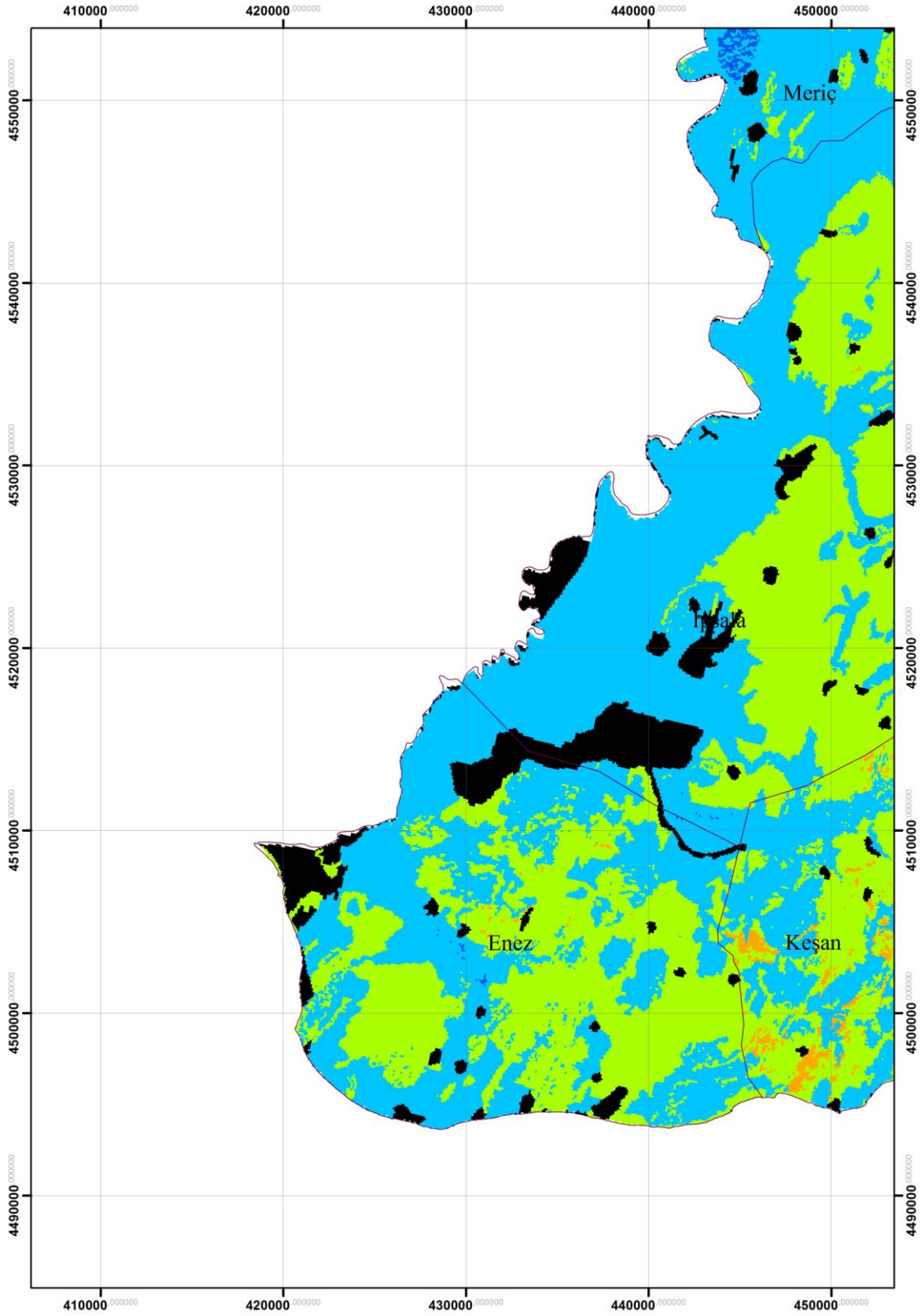


Ek Şekil 21. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli B6 paftası



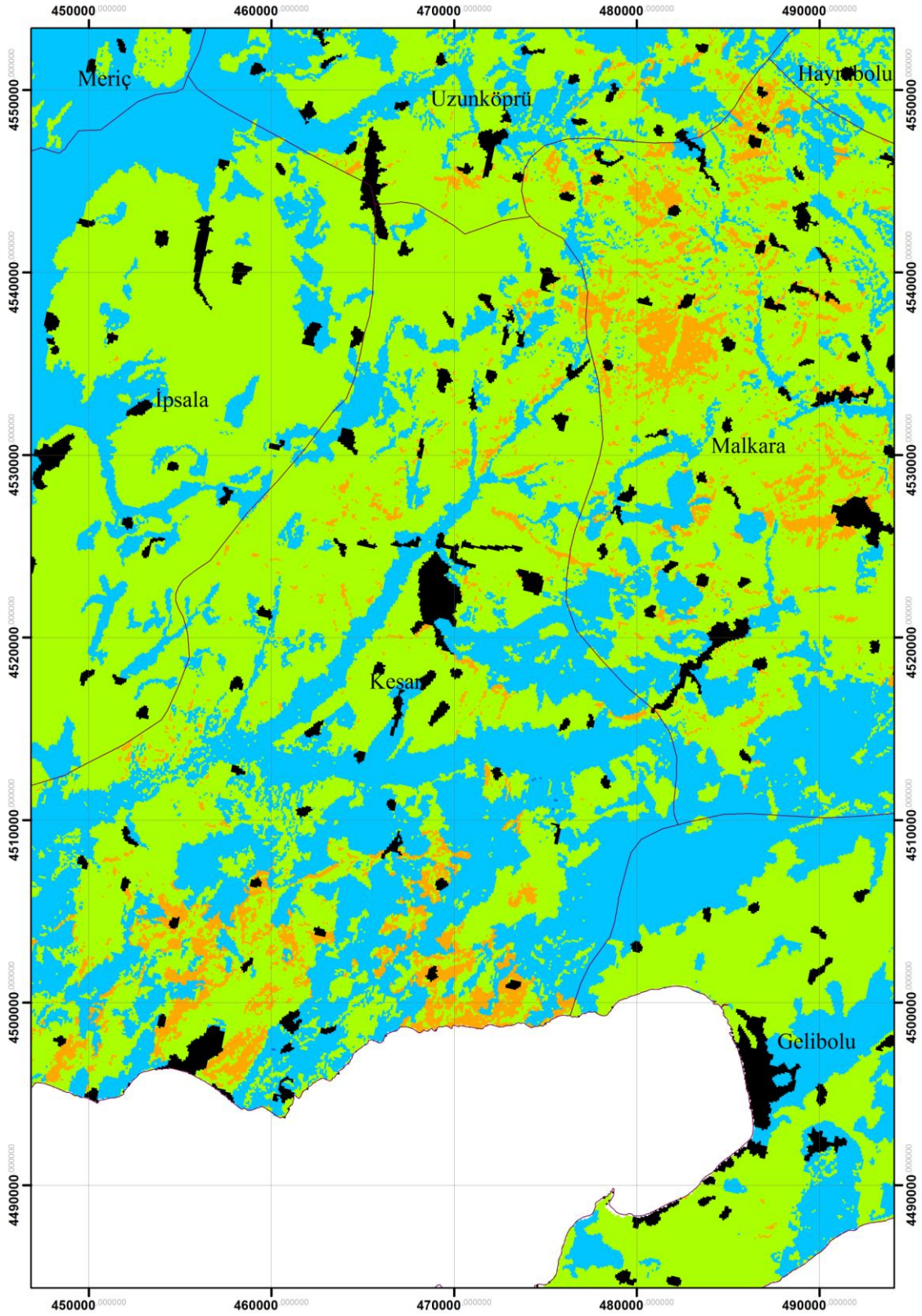


Ek Şekil 22. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli B7 paftası



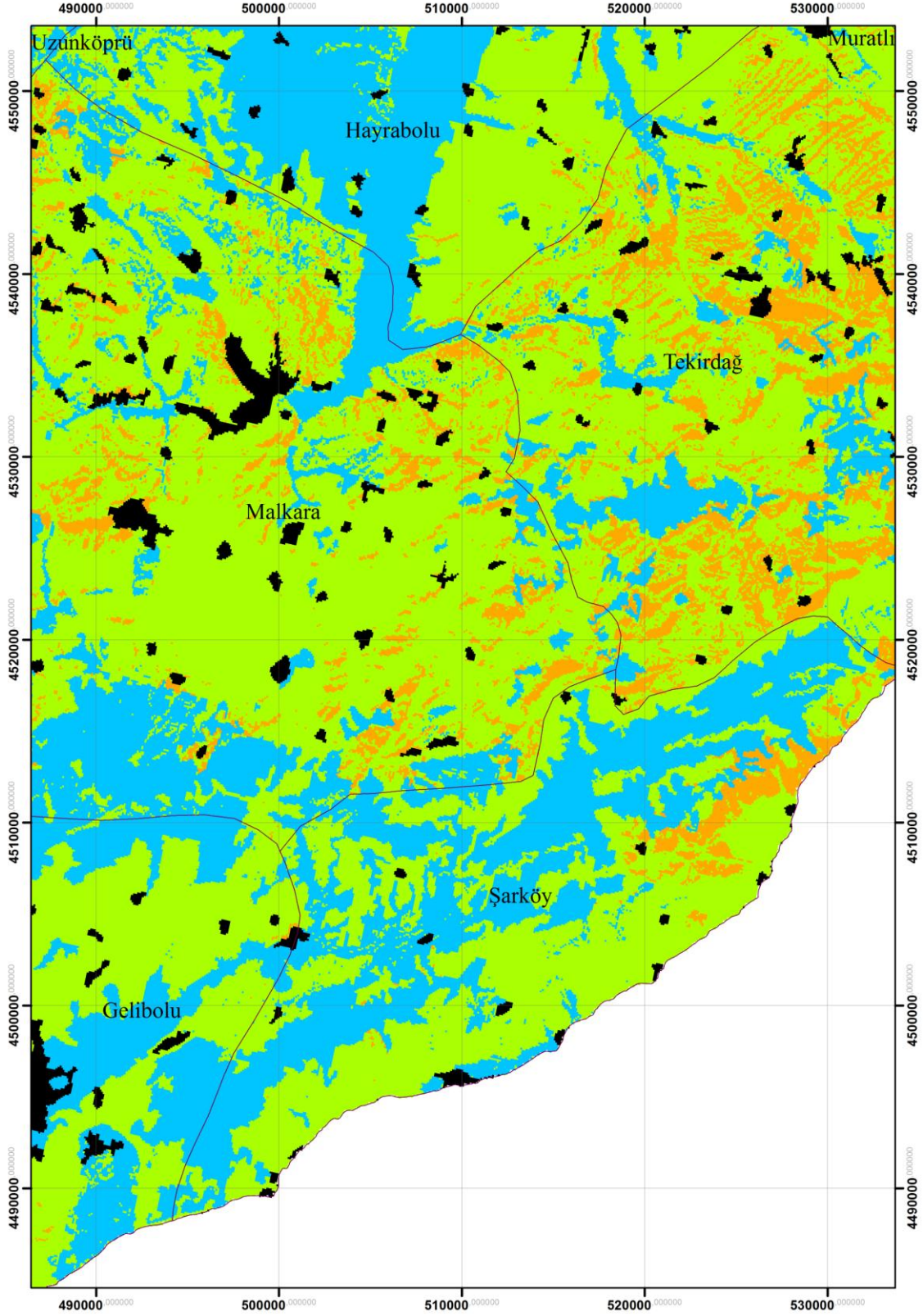
Ek Şekil 23. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli C1 paftası



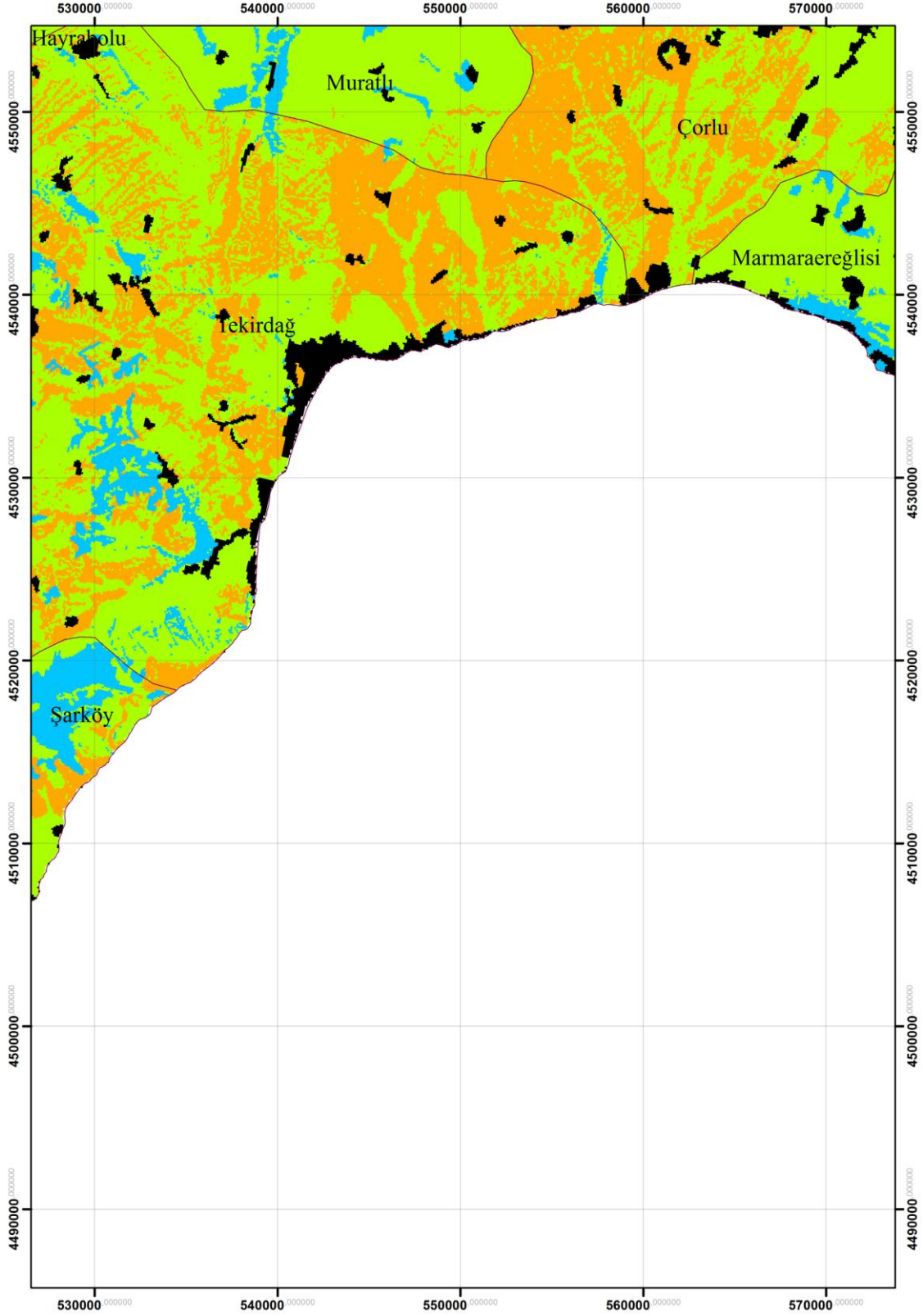


Ek Şekil 24. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli C2 paftası

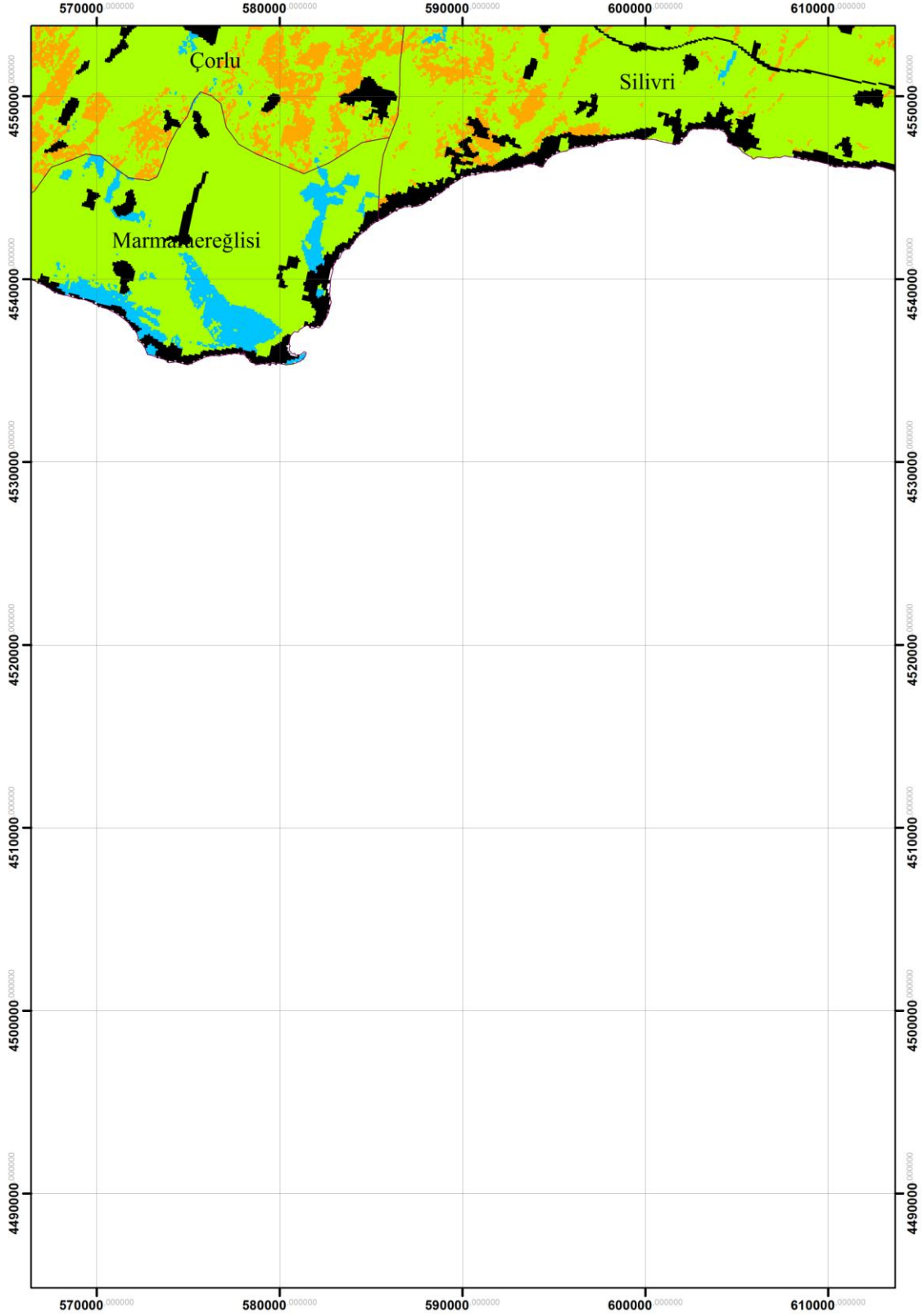




Ek Şekil 25. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli C3 paftası

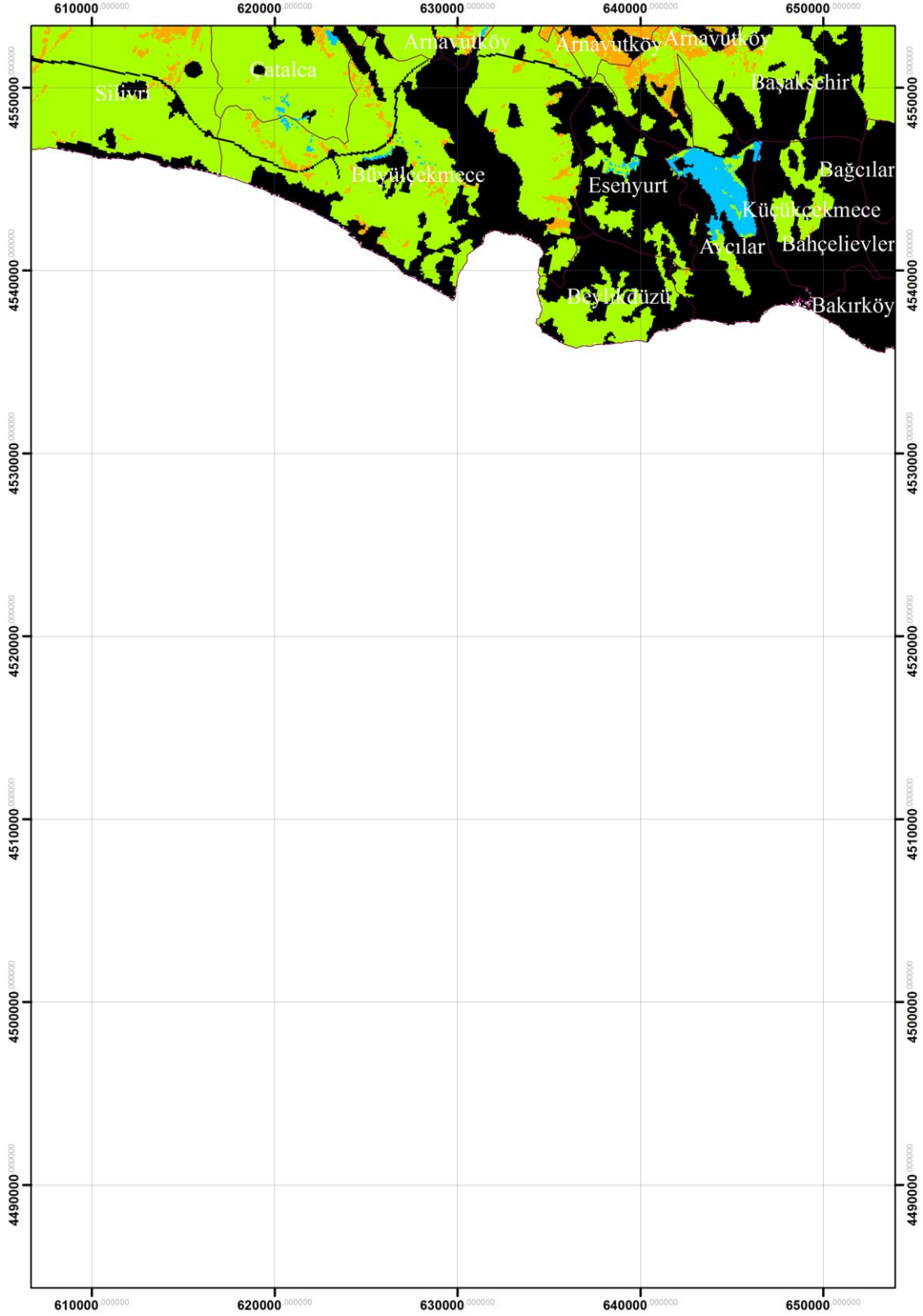


Ek Şekil 26. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli C4 paftası

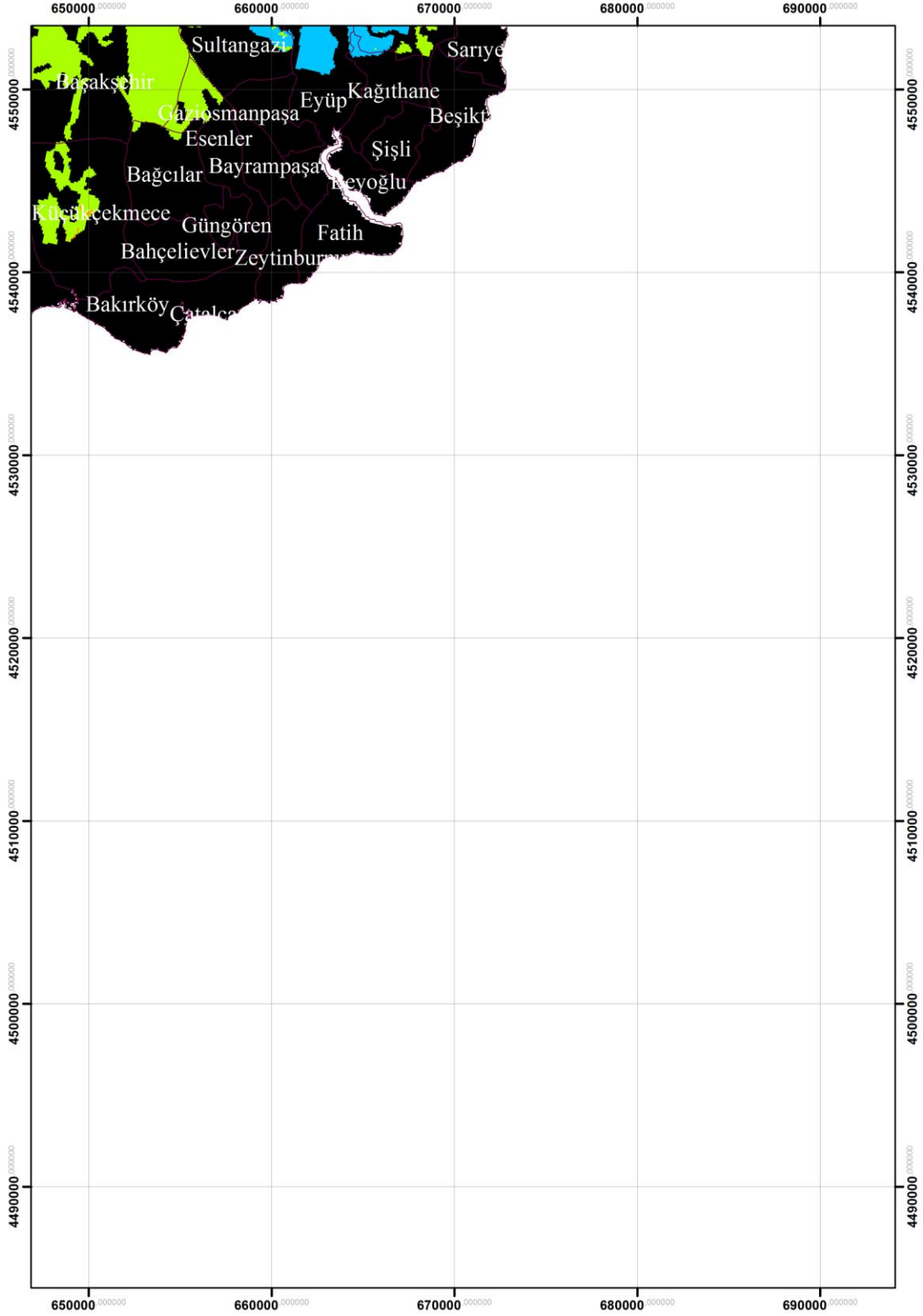


Ek Şekil 27. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli C5 paftası

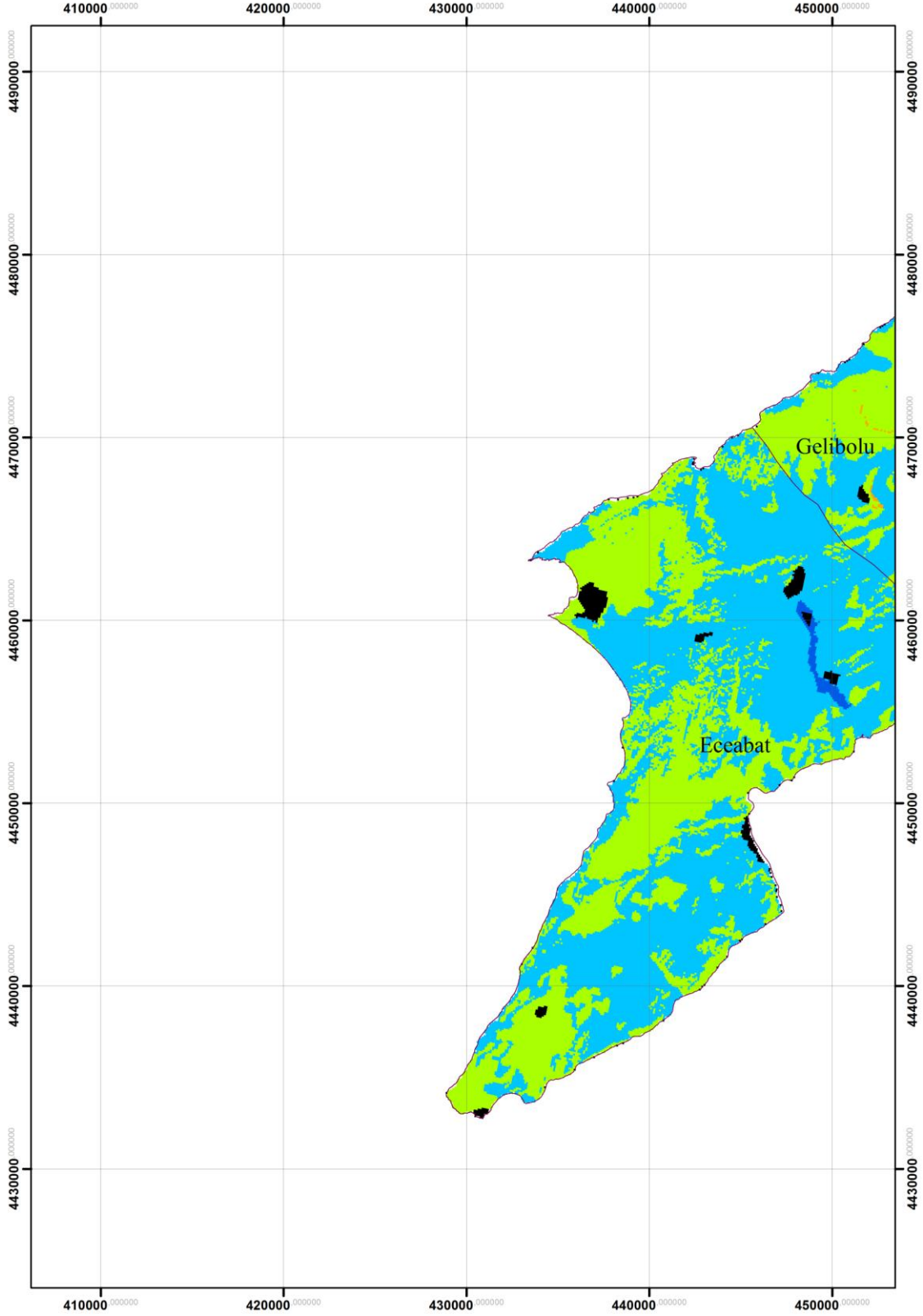




Ek Şekil 28. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli C6 paftası

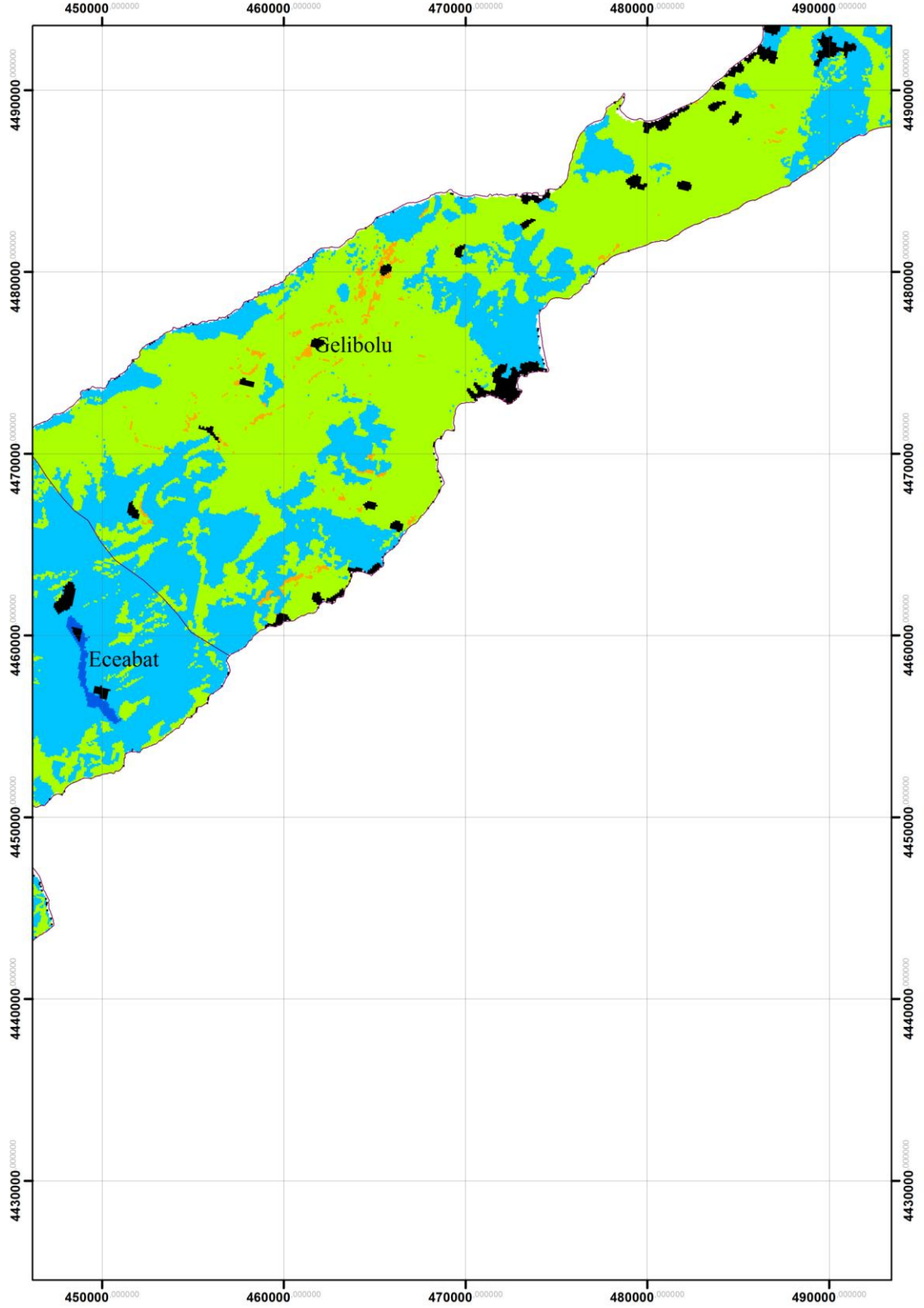


Ek Şekil 29. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli C7 paftası

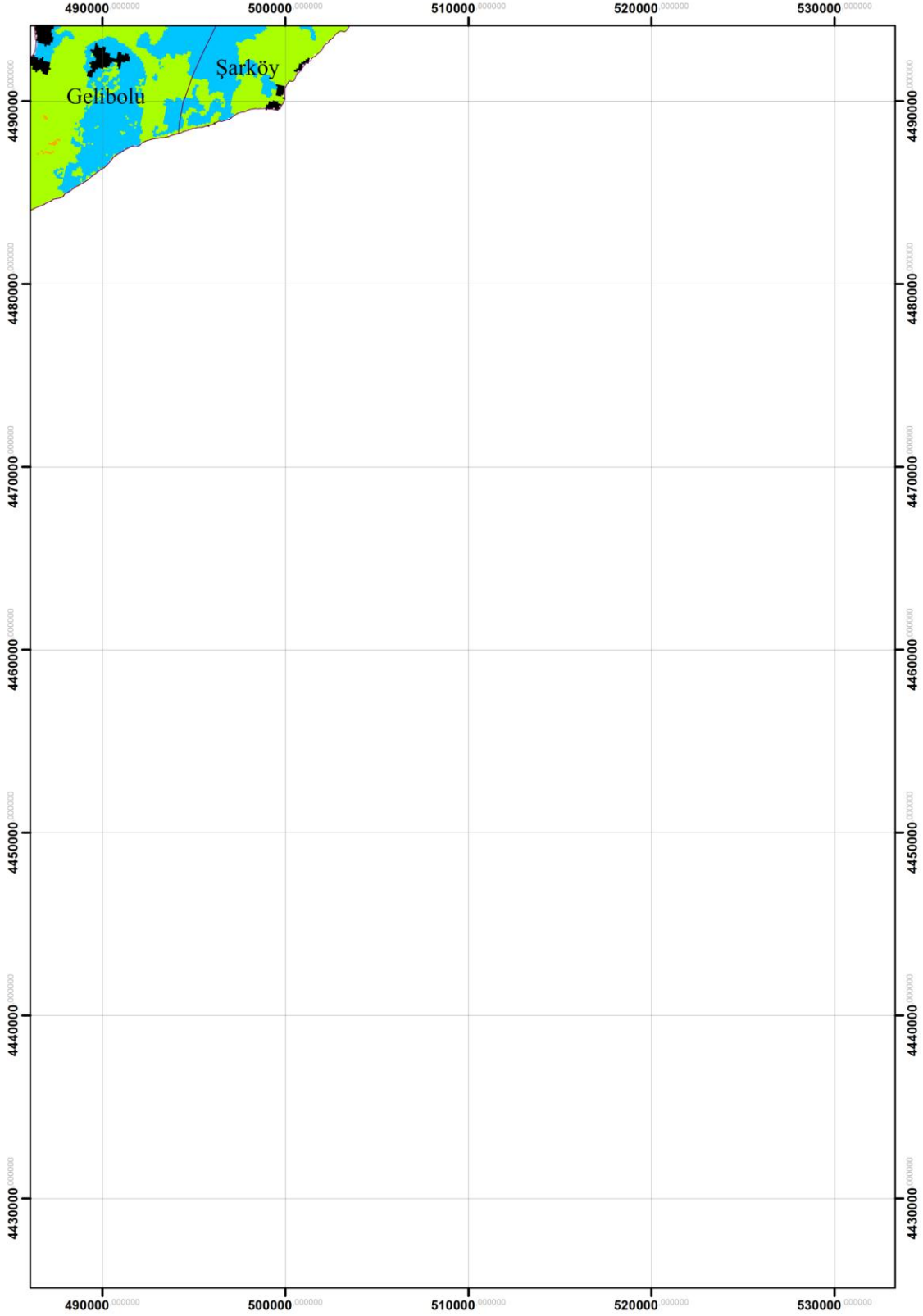


Ek Şekil 30. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli D1 paftası





Ek Şekil 31. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli D2 paftası



Ek Şekil 32. Kuraklık hassasiyet haritasının 1/250,000 ölçekli D3 paftası

**Ek Çizelge 1.** MGM Lüleburgaz İstasyonu verileri ile hesaplanan ET<sub>0</sub> değerleri

Yıllar	Aylar ve ET <sub>0</sub> Değerleri (mm/gün)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1975	1.2	1.5	2.6	3.4	3.7	4.5	4.8	4.5	4.2	2.6	1.6	1.2
1976	1.4	1.5	2.0	3.3	3.9	4.3	4.7	4.1	3.8	2.5	1.6	1.1
1977	1.1	2.0	2.3	3.3	4.1	4.4	4.9	5.0	3.6	2.5	2.0	1.2
1978	1.2	1.6	2.1	2.8	3.6	4.6	4.7	4.4	3.3	2.6	1.7	1.3
1979	1.2	1.6	2.5	3.0	3.8	4.7	4.4	4.3	3.8	2.3	1.6	1.2
1980	1.0	1.3	2.0	2.8	3.5	4.2	4.6	4.2	3.5	3.0	1.7	1.3
1981	1.0	1.5	2.3	3.3	3.7	4.8	4.4	4.4	3.7	2.8	1.5	1.3
1982	1.1	1.4	2.2	2.8	3.8	4.7	4.5	4.5	4.0	2.7	1.8	1.5
1983	1.3	1.7	2.6	3.5	4.1	4.1	4.8	4.4	3.9	2.6	1.5	1.2
1984	1.2	1.3	1.7	2.6	4.2	4.6	4.7	4.2	4.3	3.1	1.6	1.2
1985	1.1	1.3	1.8	3.3	4.2	4.2	4.5	4.7	3.7	2.4	1.6	1.2
1986	1.3	1.4	1.9	3.5	3.9	4.3	4.5	4.6	3.8	2.4	1.5	1.1
1987	1.2	1.6	1.9	2.8	3.7	4.5	4.9	4.3	4.1	2.3	1.6	1.1
1988	1.3	1.6	2.2	2.9	3.9	4.3	4.9	4.6	3.7	2.5	1.4	1.2
1989	1.2	2.0	2.5	3.8	3.6	4.1	4.5	4.6	3.6	2.5	1.6	1.2
1990	1.2	1.8	2.8	3.3	3.8	4.4	4.9	4.6	3.7	2.7	1.8	1.2
1991	1.2	1.6	2.0	2.7	3.5	4.7	4.9	4.5	3.9	2.6	1.6	1.1
1992	1.3	1.7	2.3	3.3	3.9	4.3	4.4	4.9	3.9	3.0	1.7	1.1
1993	1.2	1.5	2.2	3.2	3.5	4.7	5.1	5.0	4.2	3.2	1.6	1.4
1994	1.3	1.7	2.6	3.7	4.4	4.9	5.3	5.4	4.5	2.6	1.7	1.3
1995	1.4	2.0	2.6	3.4	4.4	5.2	5.0	4.7	3.8	2.7	1.6	1.4
1996	1.2	1.5	1.7	3.0	4.4	5.0	5.2	4.6	3.6	2.5	1.9	1.4
1997	1.3	1.9	2.3	2.8	4.5	5.0	5.2	4.5	3.8	2.7	1.8	1.4
1998	1.3	1.7	1.9	3.2	3.1	4.1	5.3	5.5	4.1	3	1.9	1.1
1999	1.3	1.7	2.5	3.7	4.4	5.1	5.2	5.3	4.0	2.9	2.2	1.9
2000	1.4	2.2	2.9	3.8	4.5	5.3	6.0	5.0	4.0	2.4	1.9	1.3
2001	1.3	1.8	2.8	3.1	4.2	5.2	5.6	5.3	4.4	3.0	1.9	1.0
2002	1.2	2.2	2.6	3.2	4.7	5.1	5.5	4.9	3.9	3.0	1.9	1.5
2003	1.7	1.7	2.4	3.3	4.9	5.6	5.6	5.6	4.1	3.1	1.9	1.5
2004	1.5	2.1	2.7	3.7	4.3	4.9	5.3	5.2	4.6	3.4	2.1	1.4
2005	1.4	1.6	2.5	3.6	4.3	4.6	5.2	5.2	4.1	2.7	1.7	1.3
2006	1.3	1.6	2.4	3.6	3.8	4.5	4.4	4.6	3.4	2.3	1.5	1.1
2007	1.4	1.6	2.3	3.5	4.4	5.7	6.5	6.0	4.1	2.8	1.4	0.9
2008	0.9	1.7	2.7	3.4	4.8	5.6	6.6	6.9	4.7	3.4	2.0	1.3
2009	1.2	1.6	2.4	3.6	4.7	5.5	5.8	5.8	4.0	2.7	1.6	1.3
2010	1.1	1.6	2.2	3.4	4.8	4.9	5.3	6.0	4.5	2.4	2.1	1.3
Ort	1.25	1.67	2.32	3.27	4.08	4.74	5.06	4.90	3.95	2.72	1.73	1.26

**Ek Çizelge 2.** MGM Edirne İstasyonu verileri ile hesaplanan ET<sub>0</sub> değerleri

Yıllar	Aylar ve ET <sub>0</sub> Değerleri (mm/gün)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1975	0.6	1.1	2.1	3.3	3.8	4.8	5.4	4.2	3.6	1.7	0.9	0.5
1976	0.8	1.1	1.7	3.3	4.3	5.1	5.2	4.1	3.2	1.8	0.9	0.7
1977	0.6	1.3	2.0	3.3	4.4	5.0	5.4	5.1	3.4	1.8	1.1	0.8
1978	0.7	1.0	1.7	2.6	3.9	5.1	5.6	4.7	2.9	1.8	1.0	0.6
1979	0.6	1.2	2.1	2.9	4.1	5.7	5.0	4.6	3.3	1.6	0.9	0.6
1980	0.6	0.9	1.7	2.7	3.7	4.9	5.5	4.5	3.2	2.2	0.9	0.7
1981	0.7	1.1	1.9	3.2	4.0	5.6	5.2	4.8	3.4	1.9	0.9	0.6
1982	0.5	1.0	1.7	2.6	4.2	5.2	5.0	4.6	3.6	1.8	1.0	0.7
1983	0.7	1.2	2.1	3.4	4.5	4.6	5.0	4.4	3.2	1.7	0.8	0.4
1984	0.6	0.9	1.3	2.6	4.2	5.0	5.1	4.1	3.6	2.1	0.9	0.5
1985	0.5	0.9	1.5	3.2	4.3	4.8	5.2	5.0	3.3	1.7	0.9	0.5
1986	0.7	0.8	1.5	3.5	4.3	5.0	5.2	5.1	3.7	1.8	0.8	0.5
1987	0.5	1.0	1.5	2.6	3.9	5.0	5.7	4.5	3.7	1.7	0.9	0.4
1988	0.6	1.0	1.7	2.6	3.9	4.9	5.7	4.9	3.3	1.8	0.7	0.5
1989	0.6	1.4	1.9	3.5	3.8	4.4	5.1	4.6	3.0	1.7	0.8	0.5
1990	0.5	1.3	2.5	3.0	4.1	5.0	5.7	4.8	3.2	1.8	1.0	0.5
1991	0.6	1.0	1.6	2.5	3.6	5.1	5.2	4.4	3.3	1.7	0.8	0.6
1992	0.6	1.1	1.9	3.0	4.0	4.5	4.9	5.0	3.2	1.9	0.9	0.5
1993	0.6	1.0	1.7	3.1	3.5	4.9	5.3	4.8	3.3	1.8	0.8	0.5
1994	0.5	1.0	2.0	3.1	4.3	5.1	5.3	4.9	3.7	1.7	0.8	0.5
1995	0.6	1.2	1.8	2.9	4.2	5.2	5.0	4.6	3.2	1.8	0.8	0.6
1996	0.6	0.9	1.3	2.9	4.6	5.6	5.7	4.5	2.8	1.7	1.0	0.6
1997	0.6	1.2	1.8	2.6	4.7	5.0	5.2	4.0	3.2	1.8	0.8	0.5
1998	0.6	1.1	1.6	3.3	3.6	5.0	5.4	5.1	2.9	1.6	0.8	0.4
1999	0.5	1.0	1.7	3.1	4.0	5.1	5.2	4.7	3.2	1.8	0.9	0.6
2000	0.6	1.1	1.9	3.2	4.3	5.5	6.4	5.2	3.4	1.8	0.9	0.6
2001	0.7	1.2	2.3	3.0	4.4	5.5	5.9	5.5	3.7	2.0	1.1	0.6
2002	0.5	1.3	2.0	2.7	4.5	5.3	5.7	4.5	3.0	1.7	0.8	0.7
2003	0.7	1.2	1.9	3.0	4.9	5.6	5.5	5.2	3.3	1.8	0.9	0.5
2004	0.6	1.3	2.0	3.4	4.2	4.7	5.4	4.5	3.5	2.0	0.9	0.6
2005	0.7	1.0	1.9	3.2	4.1	4.8	4.9	4.5	3.2	1.8	0.8	0.5
2006	0.7	0.9	1.8	3.1	4.3	4.8	5.3	5.0	3.0	1.6	0.8	0.4
2007	0.9	1.2	2.2	3.8	4.7	6.6	6.5	6.5	3.3	2.2	0.8	0.4
2008	0.5	1.2	2.2	2.9	4.4	5.2	5.8	5.5	3.3	1.9	1.0	0.6
2009	0.5	1.0	1.8	3.2	4.5	5.6	5.7	5.3	3.3	1.7	0.7	0.5
2010	0.5	0.9	1.6	3.1	4.6	4.7	5.0	5.4	3.6	1.5	1.0	0.5
Ort	0.61	1.08	1.83	3.04	4.19	5.11	5.40	4.81	3.31	1.80	0.88	0.55

**Ek Çizelge 3.** MGM İpsala İstasyonu verileri ile hesaplanan ET<sub>0</sub> değerleri

Yıllar	Aylar ve ET <sub>0</sub> Değerleri (mm/gün)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1979	0.7	1.3	2.2	3.0	4.3	6.0	5.4	5.0	3.8	1.7	1.0	0.7
1980	0.7	0.9	1.6	2.7	3.6	5.0	5.8	4.9	3.5	2.4	1.0	0.7
1981	0.6	1.0	2.1	3.4	4.1	6.2	5.8	5.4	3.9	2.3	1.0	0.9
1982	0.8	1.1	1.9	2.8	4.8	6.0	5.7	5.4	4.3	2.2	1.2	1.0
1983	0.8	1.4	2.2	3.7	4.8	5.3	5.6	5.0	3.9	2.2	1.1	0.6
1984	0.8	1.0	1.5	2.7	4.6	5.6	5.9	4.7	4.2	2.6	1.1	0.8
1985	0.8	1.1	1.6	3.5	4.9	5.3	6.1	6.0	4.3	2.2	1.2	0.9
1986	0.9	1.0	1.7	4.1	4.8	5.5	6.0	6.0	4.2	2.2	1.0	0.8
1987	0.8	1.2	1.7	3.0	4.1	5.6	6.5	5.0	4.2	1.9	1.1	0.6
1988	0.7	1.3	1.9	2.9	4.5	5.5	6.4	5.7	3.6	2.3	1.0	0.7
1989	0.9	1.6	2.1	3.9	4.3	5.0	5.9	5.3	3.4	2.0	1.1	0.7
1990	0.8	1.5	2.7	3.3	4.8	5.7	6.7	6.0	3.7	2.2	1.3	0.6
1991	0.7	1.2	1.9	2.7	3.8	6.1	6.1	5.3	4.0	2.2	1.2	0.8
1992	0.9	1.4	2.1	3.1	4.5	5.0	4.9	5.8	3.9	2.4	1.3	0.9
1993	0.9	1.3	1.7	2.7	3.1	5.0	5.7	5.5	4.0	2.3	1.1	0.8
1994	0.7	1.1	2.1	3.4	4.9	5.8	6.5	5.8	4.6	2.0	1.1	0.7
1995	0.8	1.5	2.1	3.1	4.9	6.1	6.1	5.3	3.6	2.3	1.1	0.9
1996	0.8	1.1	1.5	3.1	4.9	6.4	6.7	5.4	3.4	2.1	1.4	0.8
1997	0.8	1.6	2.0	2.7	5.1	5.6	5.8	4.5	3.5	1.9	0.8	0.6
1998	0.6	1.1	1.4	2.9	3.6	5.6	6.3	5.8	3.3	1.9	0.8	0.6
1999	0.7	1.2	1.9	3.2	4.8	6.0	6.4	5.5	3.8	2.2	1.3	0.9
2000	0.9	1.4	2.0	3.3	4.8	6.1	6.6	6.0	3.9	2.1	1.2	0.9
2001	0.8	1.5	2.4	3.3	4.8	6.1	6.7	6.6	4.2	2.7	1.4	0.6
2002	0.8	1.8	2.4	3.3	5.2	6.1	6.4	5.2	3.5	2.1	1.0	0.8
2003	0.9	1.3	2.0	3.1	5.4	6.3	6.1	6.1	3.8	2.2	1.2	0.8
2004	0.9	1.5	2.3	3.6	4.5	5.3	6.1	5.1	4.1	2.5	1.3	0.8
2005	0.9	1.1	2.1	3.6	4.5	5.3	5.7	5.3	3.7	2.1	1.1	0.8
2006	0.8	1.1	1.9	3.4	4.7	5.6	6.2	5.6	3.7	2.1	1.0	0.6
2007	1.3	1.4	2.2	4.0	5.2	6.8	8.2	5.9	3.7	2.5	1.0	0.6
2008	0.6	1.3	2.2	2.9	4.8	6.0	6.3	6.2	3.7	2.3	1.2	0.8
2009	0.6	1.2	1.8	3.3	5.0	5.9	6.4	5.8	3.5	2.0	0.9	0.7
2010	0.7	1.1	1.9	3.4	5.0	5.5	5.7	6.0	4.0	1.7	1.2	0.9
Ort	0.79	1.27	1.97	3.22	4.60	5.73	6.15	5.53	3.84	2.18	1.12	0.76

**Ek Çizelge 4.** MGM Uzunköprü İstasyonu verileri ile hesaplanan ET<sub>0</sub> değerleri

Yıllar	Aylar ve ET <sub>0</sub> Değerleri (mm/gün)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1975	0.7	1.2	2.1	3.2	3.7	4.9	5.7	4.5	4.1	1.9	1.0	0.7
1976	1.1	1.1	1.6	3.2	4.1	4.7	5.1	3.8	3.2	1.6	0.9	0.7
1977	0.6	1.3	1.9	3.1	4.3	5.4	5.9	5.7	3.9	2.1	1.6	1.0
1978	1.0	1.3	1.9	2.7	4.1	5.7	6.2	5.2	3.3	2.4	1.4	0.8
1979	0.9	1.5	2.2	2.9	4.2	6.0	5.2	5.1	4.1	2.1	1.3	0.9
1980	0.8	0.9	1.4	2.5	3.5	4.6	5.5	4.6	3.3	2.6	1.1	0.7
1981	0.7	1.0	1.9	3.2	3.9	6.0	5.8	5.3	3.7	2.1	1.0	0.8
1982	0.6	1.2	1.8	2.5	4.1	5.7	5.5	5.2	4.0	2.1	1.2	1.0
1983	0.8	1.3	2.1	3.4	4.6	4.7	5.3	4.6	3.7	2.2	1.2	0.7
1984	0.9	1.0	1.4	2.5	4.3	5.4	5.9	4.6	4.2	2.7	1.2	0.8
1985	0.8	1.0	1.5	3.3	4.5	5.2	5.9	5.8	4.0	2.0	1.2	0.8
1986	0.9	1.0	1.6	3.8	4.5	5.1	5.6	5.6	3.9	2.1	1.0	0.7
1987	0.7	1.1	1.6	2.8	3.9	5.4	6.2	4.7	4.0	1.9	1.0	0.6
1988	0.8	1.2	1.8	2.5	4.1	5.1	6.2	5.4	3.6	2.2	0.9	0.6
1989	0.7	1.6	2.1	3.9	4.0	4.4	5.2	5.1	3.4	2.0	1.1	0.7
1990	0.7	1.5	2.6	3.0	4.2	5.5	6.4	5.5	3.6	2.1	1.2	0.6
1991	0.8	1.1	1.6	2.2	3.5	5.3	5.7	5.0	3.6	1.9	1.0	0.7
1992	0.8	1.2	1.9	2.9	4.2	4.9	5.3	5.6	3.7	2.5	1.1	0.8
1993	0.9	1.2	1.8	3.1	3.6	5.4	6.0	5.3	3.8	2.2	0.9	0.7
1994	0.6	1.1	2.1	3.2	4.5	5.6	6.2	5.6	4.4	1.9	1.0	0.6
1995	0.7	1.3	1.8	2.8	4.6	5.6	5.5	4.8	3.2	1.9	1.0	0.9
1996	0.8	1.0	1.5	2.9	4.8	6.2	6.4	5.0	3.1	2.0	1.4	0.9
1997	0.8	1.6	2.1	2.7	5.0	5.5	5.5	4.2	3.2	1.8	0.9	0.6
1998	0.6	1.1	1.4	2.8	3.2	4.9	5.8	5.5	3.2	1.8	0.9	0.6
1999	0.7	1.1	1.8	3.1	4.3	5.5	5.7	5.3	3.5	2.1	1.1	0.8
2000	0.7	1.1	1.8	3.0	4.2	5.4	6.2	5.3	3.6	1.9	1.0	0.6
2001	0.7	1.2	2.1	2.9	4.3	5.6	6.1	5.7	3.8	2.2	1.1	0.5
2002	0.6	1.3	1.9	2.7	4.6	5.5	5.6	4.6	3.0	1.9	0.9	0.7
2003	0.8	1.1	1.7	2.8	4.8	5.7	5.7	5.5	3.4	1.8	0.9	0.6
2004	0.7	1.2	1.9	3.1	4.3	4.9	5.7	5.0	3.7	2.2	1.2	0.7
2005	0.8	1.1	2.0	3.3	4.2	4.9	5.4	5.1	3.5	2.0	1.0	0.6
2006	0.8	1.1	1.9	3.2	4.4	5.1	5.5	5.3	3.2	1.7	0.9	0.4
2007	1.0	1.2	2.1	3.5	4.7	6.7	8.1	6.7	4.1	2.4	0.8	0.4
2008	0.5	1.1	1.9	2.7	4.4	5.4	5.9	5.7	3.4	2.0	1.0	0.7
2009	0.5	1.0	1.7	2.9	4.7	5.8	6.0	5.6	3.3	1.7	0.9	0.5
2010	0.5	0.9	1.6	3.0	4.7	5.0	5.3	5.7	3.7	1.6	1.0	0.6
Ort	0.75	1.17	1.84	2.98	4.25	5.35	5.81	5.20	3.62	2.04	1.06	0.69

**Ek Çizelge 5.** MGM Tekirdağ İstasyonu verileri ile hesaplanan ET<sub>0</sub> değerleri

Yıllar	Aylar ve ET <sub>0</sub> Değerleri (mm/gün)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1975	0.7	1.1	1.6	2.6	2.9	4.1	4.8	3.9	3.4	1.8	1.0	0.7
1976	0.9	1.0	1.3	2.4	3.5	4.6	4.8	3.9	3.1	1.7	1.0	0.8
1977	0.7	1.3	1.6	2.7	3.5	4.3	4.8	4.6	3.1	1.9	1.2	0.9
1978	0.7	1.0	1.6	2.3	3.6	4.7	5.1	4.3	2.8	2.0	1.2	0.9
1979	0.9	1.4	1.8	2.6	3.3	4.9	4.7	4.2	3.2	1.8	1.0	0.9
1980	0.8	1.0	1.5	2.4	3.3	4.2	4.8	4.4	3.2	2.2	1.2	1.0
1981	0.8	1.1	1.7	2.9	3.5	4.6	4.7	4.4	3.0	1.9	1.1	0.8
1982	0.7	1.1	1.6	2.1	3.1	4.3	4.5	4.1	3.1	1.9	1.1	0.9
1983	0.8	1.2	1.8	2.6	3.8	4.1	4.6	4.0	3.2	1.8	1.1	0.7
1984	0.7	0.8	1.3	2.2	3.6	4.5	4.7	4.1	3.2	2.2	1.1	1.0
1985	0.9	1.2	1.3	2.8	3.5	4.4	4.9	4.5	3.4	1.8	1.1	0.8
1986	0.9	1.0	1.4	2.8	3.6	4.4	4.7	4.6	3.1	2.0	1.0	0.8
1987	0.8	1.1	1.5	2.6	3.3	4.3	5.0	4.2	3.3	1.8	1.0	0.6
1988	0.8	1.1	1.7	2.2	3.3	4.4	5.0	4.5	3.2	2.0	1.0	0.7
1989	0.8	1.3	1.7	3.0	3.5	4.3	5.0	4.3	3.3	1.9	1.0	0.7
1990	0.8	1.3	1.9	2.7	3.4	4.4	5.0	4.4	3.0	1.9	1.0	0.7
1991	0.7	1.0	1.3	2.2	3.2	4.1	4.7	4.5	3.1	1.7	0.9	0.7
1992	0.8	1.1	1.7	2.6	3.5	4.1	4.5	4.5	3.4	2.2	1.1	0.7
1993	0.7	1.0	1.5	2.6	3.1	4.6	4.7	4.3	3.2	1.9	0.9	0.6
1994	0.7	1.0	1.9	2.7	3.5	4.4	5.0	4.5	3.3	1.7	1.1	0.6
1995	0.8	1.1	1.8	2.6	3.8	4.4	4.7	4.2	3.0	1.8	0.9	0.8
1996	0.7	0.9	1.3	2.2	3.7	4.7	4.8	4.1	2.9	1.7	1.0	0.7
1997	0.8	1.2	1.6	2.3	3.8	4.1	4.7	3.9	2.9	1.7	0.8	0.7
1998	0.6	1.2	1.5	3.0	3.2	4.4	4.9	4.4	3.0	1.7	0.9	0.6
1999	0.7	1.1	1.5	2.6	3.4	4.5	4.7	4.1	2.9	1.7	1.1	0.7
2000	0.7	1.0	1.6	2.5	3.4	4.5	5.0	4.6	3.1	1.7	0.9	0.8
2001	0.7	1.2	2.3	2.6	3.9	4.9	5.1	4.7	3.5	2.2	1.1	0.6
2002	0.7	1.2	1.9	2.4	3.8	4.9	5.2	4.4	2.8	2.0	1.0	0.8
2003	0.8	1.0	1.5	2.2	3.7	4.8	5.0	4.5	3.0	2.0	0.9	0.7
2004	0.7	1.2	1.7	2.6	3.7	4.0	4.6	3.9	3.0	1.8	1.1	0.7
2005	0.7	0.9	1.7	2.7	3.2	4.1	4.7	4.1	3.1	1.8	0.9	0.7
2006	0.7	0.9	1.6	2.5	3.5	4.4	4.8	4.3	2.7	1.5	0.8	0.5
2007	0.7	0.8	1.2	2.3	3.3	5.0	5.5	4.8	3.4	1.6	1.0	0.8
2008	0.7	1.1	2.1	2.8	3.8	4.8	5.4	5.0	3.2	2.0	1.1	0.8
2009	0.6	0.9	1.4	2.3	3.5	4.4	5.0	4.5	2.6	1.4	0.7	0.4
2010	0.5	1.1	1.7	2.9	4.1	4.8	5.1	5.0	3.5	1.9	1.2	0.8
Ort	0.74	1.08	1.61	2.54	3.49	4.46	4.87	4.35	3.12	1.85	1.01	0.74



**Ek Çizelge 6.** MGM Malkara İstasyonu verileri ile hesaplanan ET<sub>0</sub> değerleri

Yıllar	Aylar ve ET <sub>0</sub> Değerleri (mm/gün)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1980	0.6	1.0	1.4	2.6	3.4	4.1	4.6	4.0	2.7	2.1	0.9	0.7
1981	0.6	1.0	1.8	3.0	3.6	5.0	4.8	4.8	3.2	2.4	1.3	1.2
1982	0.8	1.3	1.9	2.5	4.1	5.7	5.3	5.2	4.2	2.3	1.4	1.3
1983	1.1	1.6	2.5	3.8	4.6	4.9	5.3	4.8	4.0	2.4	1.4	0.9
1984	1.0	1.0	1.6	2.6	4.4	5.2	5.7	4.6	4.3	2.9	1.2	1.0
1985	0.9	1.3	1.6	3.8	4.4	4.8	5.6	5.4	3.9	2.0	1.2	0.9
1986	1.0	1.0	1.4	3.5	4.1	4.8	5.2	5.6	4.0	2.2	1.1	0.8
1987	0.9	1.2	1.6	2.9	3.8	4.8	5.6	4.6	4.0	1.8	1.2	0.8
1988	1.0	1.3	2.0	2.5	3.8	4.7	5.6	5.1	3.5	2.0	1.1	0.8
1989	1.0	1.6	2.1	3.7	3.7	4.6	5.3	5.1	3.6	2.3	1.3	1.0
1990	0.9	1.5	2.8	3.1	4.1	5.0	5.8	5.1	3.3	2.2	1.4	0.9
1991	0.8	1.1	1.5	2.3	3.3	4.8	4.8	4.3	3.3	1.9	1.1	0.8
1992	1.0	1.3	2.0	2.9	3.9	4.4	4.7	5.3	3.6	2.6	1.3	0.7
1993	0.9	1.1	1.7	2.7	3.2	4.7	5.1	5.0	3.7	2.5	1.0	0.9
1994	0.8	1.1	2.0	3.0	4.0	4.9	5.5	5.2	4.0	1.9	1.1	0.7
1995	0.8	1.3	1.9	2.7	4.2	5.0	5.0	4.6	3.3	1.9	1.1	0.8
1996	0.8	1.0	1.3	2.5	4.3	5.3	5.5	4.5	3.0	1.8	1.2	0.8
1997	0.8	1.4	1.7	2.2	4.2	4.6	4.8	4.0	3.2	2.0	0.9	0.7
1998	0.8	1.3	1.6	3.1	3.2	4.6	5.2	4.8	3.1	2.0	1.0	0.6
1999	0.7	1.1	1.8	2.9	4.2	5.0	5.2	4.9	3.3	2.0	1.1	0.9
2000	0.8	1.2	1.9	2.9	3.9	5.1	5.7	5.0	3.5	1.9	1.2	0.9
2001	0.9	1.4	2.4	2.7	3.9	5.1	5.6	5.2	3.4	2.2	1.2	0.6
2002	0.7	1.4	1.8	2.5	4.0	5.0	5.1	4.4	2.8	1.9	1.1	0.8
2003	0.8	0.9	1.5	2.5	4.4	5.3	5.2	5.1	3.1	1.9	1.0	0.7
2004	0.7	1.3	1.8	2.9	3.9	4.5	5.1	4.4	3.4	2.2	1.3	0.8
2005	0.9	1.0	1.9	3.2	3.7	4.3	4.7	4.5	3.3	2.0	1.0	0.8
2006	0.7	1.0	1.9	3.0	4.0	4.7	5.0	5.0	3.0	1.7	1.1	0.7
2007	1.2	1.1	1.7	3.4	4.6	6.4	6.4	6.4	4.1	2.1	0.8	0.4
2008	0.5	1.1	1.9	2.6	4.1	5.2	5.8	5.8	3.3	2.1	1.2	0.8
2009	0.7	1.0	1.7	2.8	4.5	5.5	5.8	5.4	3.3	1.8	1.0	0.7
2010	0.6	1.0	1.7	3.0	4.4	4.5	5.0	5.6	3.6	1.6	1.4	0.8
Ort	0.83	1.19	1.82	2.90	4.00	4.92	5.29	4.96	3.48	2.08	1.15	0.81

**Ek Çizelge 7.** MGM Çorlu İstasyonu verileri ile hesaplanan ET<sub>0</sub> değerleri

Yıllar	Aylar ve ET <sub>0</sub> Değerleri (mm/gün)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1975	0.8	1.2	2.2	3.2	3.5	4.8	5.5	4.5	4.0	2.2	1.3	0.8
1976	1.0	1.1	1.5	3.1	4.1	5.0	5.5	4.2	3.5	2.1	1.2	0.8
1977	0.8	1.7	2.0	3.0	3.8	4.8	5.6	5.3	3.7	2.3	1.5	1.0
1978	0.8	1.0	1.4	2.2	3.4	4.7	5.3	4.5	2.7	1.8	0.9	0.6
1979	0.6	1.0	1.8	2.6	3.5	5.4	4.6	4.4	3.3	1.5	0.9	0.6
1980	0.5	0.6	1.3	2.4	3.4	4.2	4.8	4.4	3.0	2.3	0.9	0.7
1981	0.5	0.9	1.7	3.0	3.4	5.2	4.5	4.1	3.0	1.9	1.0	0.6
1982	0.6	0.9	1.4	2.0	3.3	4.5	4.6	4.3	3.4	1.9	1.0	0.7
1983	0.7	1.2	2.0	3.0	3.9	4.3	4.6	4.1	3.4	1.8	0.9	0.7
1984	0.7	0.8	1.2	2.0	3.8	4.7	5.0	4.1	3.5	2.3	0.9	0.8
1985	0.7	0.8	1.2	3.0	4.0	4.5	5.2	4.7	3.4	1.8	0.9	0.6
1986	0.7	0.9	1.3	3.2	3.8	4.6	5.1	5.0	3.3	1.7	0.9	0.7
1987	0.7	1.0	1.2	2.3	3.4	4.6	5.6	4.3	3.6	1.7	1.0	0.6
1988	0.7	1.0	1.7	2.4	3.6	4.5	5.3	4.6	3.2	1.8	0.8	0.6
1989	0.6	1.2	1.7	3.4	3.5	4.3	4.9	4.5	3.1	1.9	1.0	0.6
1990	0.7	1.1	2.2	2.7	3.6	4.5	5.6	4.7	3.2	2.0	1.0	0.7
1991	0.6	1.1	1.4	2.2	3.2	4.5	4.7	4.4	3.1	1.9	1.0	0.7
1992	0.7	1.0	1.6	2.8	3.8	4.4	4.5	4.5	3.4	2.1	1.1	0.7
1993	0.8	1.0	1.6	2.7	3.2	4.7	5.2	4.8	3.6	2.5	0.9	0.7
1994	0.7	1.0	1.7	2.9	3.9	4.8	5.5	4.0	3.7	1.8	1.0	0.6
1995	0.6	1.0	1.6	2.5	3.9	4.9	5.2	4.4	2.9	1.7	0.9	0.6
1996	0.6	0.8	1.1	2.2	3.9	4.8	4.9	4.0	2.5	1.5	0.9	0.7
1997	0.7	1.0	1.4	2.0	3.8	4.4	4.7	3.9	2.8	1.6	0.8	0.6
1998	0.6	1.1	1.4	2.8	3.1	4.3	5.0	4.7	2.9	1.7	0.9	0.6
1999	0.7	1.0	1.7	2.6	3.6	4.5	4.7	4.3	2.9	1.7	0.9	0.7
2000	0.6	1.0	1.6	2.7	3.6	4.7	5.5	4.2	3.1	1.6	1.0	0.6
2001	0.7	1.2	2.2	2.6	3.9	5.0	5.3	4.2	2.9	1.8	0.9	0.4
2002	0.6	1.3	1.8	2.3	4.0	4.6	5.0	3.8	2.6	1.7	0.9	0.6
2003	0.7	0.8	1.5	2.3	4.3	5.2	5.2	4.8	3.2	1.9	0.9	0.8
2004	0.7	1.1	1.8	2.9	3.8	4.4	5.0	4.1	3.2	2.0	1.2	0.8
2005	0.8	1.0	1.9	3.2	3.7	4.3	4.7	4.2	2.9	1.7	0.9	0.7
2006	0.6	0.9	1.7	2.8	4.0	4.9	4.9	4.6	2.8	1.6	0.8	0.6
2007	0.9	1.1	1.8	3.3	4.5	5.4	7.4	5.1	3.6	2.1	0.9	0.5
2008	0.5	1.0	1.8	2.6	3.9	4.8	5.2	5.1	3.0	1.8	1.0	0.7
2009	0.6	0.9	1.4	2.6	4.0	5.0	5.2	4.7	2.9	1.6	0.7	0.6
2010	0.6	0.9	1.4	2.7	4.0	4.3	4.7	5.0	3.2	1.5	1.0	0.7
Ort	0.68	1.02	1.62	2.67	3.73	4.68	5.12	4.46	3.18	1.86	0.96	0.67

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Erdem BAHAR

Doğum Yeri : Çanakkale

Doğum Tarihi : 02.06.1980

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü / Trakya Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi : Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı / ÇOMÜ

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (72.5 ÜDS)

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

#### a) Yayınlar -SCI -Diğer

- Demirel K., Genc L., **Bahar E.**, Inalpulat M., Smith S., Kizil U., 2014. Yield Estimate Using Spectral Indices in Eggplant and Bell Pepper Grown Under Deficit Irrigation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(5): 1232-1237.
- Yavuz M.Y., Çakir R., Kavdir Y., Deveciler M., **Bahar E.**, 2012. Irrigation Water Management for Sprinkler Irrigated Corn Using Rooting Data Obtained by The Minirhizotron Technique. *Int. J. Agric. Biol.*, 14: 11–19.
- Yıldırım M., Demirel K., **Bahar E.**, 2012. Effect of Restricted Water Supply and Stress Development on Growth of Bell Pepper (*Capsicum Annuum L.*) Under Drought Conditions. *Agro Crop Sci. J.*, 3(1): 1-9.
- Yavuz M.Y., Demirel K., Erken O., **Bahar E.**, Deveciler M., 2010. Emitter Clogging and Effects on Drip Irrigation Systems Performances. *African Journal of Agricultural Research*, 5(7): 532-538.

#### b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

- Bahar E.**, Özcan H., Türkeş M., 2014. Kuraklık Afet Risk Yönetiminde Etkilenebilirliğin Önemi: Trakya Örneği. *II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu*. (Sempozyum kitabı basımda).

- Bahar E.**, Özcan H., Tatlı H., Türkeş M., 2014. Kırklareli İl Topraklarının Kuraklık Hassasiyet Analizi. *12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu*. (Sempozyum kitabı basımda).
- Yıldırım M., **Bahar E.**, Demirel K., 2014. Farklı Sulama Düzeylerinin Serada Yetiştirilen Kıvrıkcık Marulun Verim ve Bitki Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu*. (Sempozyum kitabı basımda).
- Yıldırım M., Demirel K., **Bahar E.**, 2014. Farklı Sulama Suyu Düzeylerinin Biber Bitkisinde Verim, Bitki Su Tüketimi ve Morfolojik Özelliklerine Etkisi. *12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu*. (Sempozyum kitabı basımda).
- Bahar E.**, İnalpulat M., Demirel K., Erken O., Kızıl Ü., Genç L., 2012. Çanakkale Koşullarında Farklı Sulama Suyu Miktarlarının Patlıcan Bitkisinde Verime, Yaprak Alanına ve Klorofile Etkisi. *II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*. 231 - 237.
- Erken O., Genç L., Kızıl Ü., İnalpulat M., **Bahar E.**, Demirel K., Çamoğlu G., 2012. Farklı Su Kısıtı Uygulamalarının Yer Kirazı Üzerine Etkileri ve Yer Kirazı Veriminin Tahmininde Spektral İndekslerin Kullanımı. *II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*. 677 - 683.
- Demirel K., Genç L., İnalpulat M., **Bahar E.**, 2012. Biber Bitkisinin Verim Tahmininde Meyve Özellikleri ve Klorofil Okumalarının Kullanımı. *II. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Sempozyumu*. 165 - 172.
- Yıldırım M., Tekiner M., **Bahar E.**, Demirel K., Erken O., 2011. Çanakkale Koşullarında Damla Sulama İle Sulanan Biberde Bilgisayar Destekli Sulama Programlamasının Tarla Denemesi İle Karşılaştırılması. *Çanakkale Tarımı Sempozyumu. Dünü, Bugünü, Geleceği*. 308 - 314.
- Yavuz M.Y., Çakır R., Kavdır Y., **Bahar E.**, Devciler M., 2011. Tekil Lateral Tekniği İle Sulanan Mısır Bitkisi Kök Gelişiminin Bitki Su Tüketimi Üzerine Etkisi. *Çanakkale Tarımı Sempozyumu Dünü, Bugünü, Geleceği*. 168-182.
- Durukan S., Yavuz M.Y., **Bahar E.**, Devciler M., 2011. Çanakkale Bölgesinde Arazi Toplulaştırma Uygulamaları ve Kumkale Ovası Arazi Toplulaştırma Projesi. *Çanakkale Tarımı Sempozyumu. Dünü, Bugünü, Geleceği*. 423 - 433.
- Bahar E.**, Yavuz M.Y., 2011. Farklı Sulama Düzeylerinin Organik Tarım Koşullarında Yetiştirilen Domates Bitkisinin Verimine Etkisi. *Çanakkale Tarımı Sempozyumu. Dünü, Bugünü, Geleceği*. 538 - 545.
- Çankaya R., Yavuz M.Y., **Bahar E.**, Devciler M., 2011. Onsekiz Mart Çan Termik Santrali Uçucu Külünün Tarımsal Sulama Sistemlerinde Kullanılan Betonun

- Geçirgenlik ve Mukavemet Özelliklerine Etkileri. *Çanakkale Tarımı Sempozyumu. Dünü, Bugünü, Geleceği*. 412 - 422.
- Bahar E.**, Yavuz M. Y., Yıldırım M., Demirel K., Erken O., Deveciler M., 2010. Gökçeada'da Organik Olarak Yetiştirilen Soya Bitkisinde Farklı Sulama Düzeylerinin Verime Etkisi. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*. 942-951.
- Demirel K., Yavuz M.Y., Yıldırım M., Erken O., **Bahar E.**, Deveciler M., 2010. Organik Tarım Koşullarında Yetiştirilen Kavun Bitkisinde Sulama Uygulamalarının Verim ve Su Kullanım Randımanı Üzerine Etkisi. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*. 935 – 941.
- Erken O., Yıldırım M., Yavuz M. Y., **Bahar E.**, Demirel K., 2010. Gökçeada Koşullarında Organik Olarak Yetiştirilen Yerfıstığına En Uygun Sulama Suyu Miktarının Belirlenmesi. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*. 952 – 958.
- Yıldırım M., Tekiner M., **Bahar E.**, K. Demirel, O. Erken., 2010. Bilgisayar Destekli Sulama Programının Tarla Denemesi ile Karşılaştırılması. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*. 790 – 798.
- Yavuz M.Y., Çakır R., Kavdır Y., **Bahar E.**, Deveciler M., 2010. Tekil Lateral Tekniği ile Uygulanan Farklı Su Düzeylerinin Mısır Bitkisinin Verimi ve Kök Dağılımı Üzerine Etkileri. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*. 913 – 924.
- Yavuz M.Y., Çakır R., Kavdır Y., **Bahar E.**, Deveciler M., 2009. Minirhizotron Kamera Yardımı ile Elde Edilen Kök Gelişimine Ait Görüntülerin Sulama Uygulamalarında Kullanım Olanakları. *I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu*. 416-423.
- Yıldırım M., Şener S., Yavuz M.Y., **Bahar E.**, 2007. Türkiye'de Tarımsal, Kentsel ve Endüstriyel Atıklarla Kirlenen Sulama Suyu Kaynakları Üzerine Yapılan Bazı Araştırmalar. *III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*. 271-280.
- Yavuz M.Y., Yıldırım M., Gazi G., Demirel K., **Bahar E.**, 2006. Results of Transferring of Irrigation Systems Management in Turkey. International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture. (Özet Bildiri)
- Şener S., Yıldırım M., **Bahar E.**, Demirel K., Erken O., 2006. Kazdağları Su Kaynakları Ve Biga Kocabaş Çayında Su Kalitesi Üzerine Gözlemler. Kazdağları *II. Ulusal Sempozyumu*. 341-349.

### c) Katıldığı Projeler

- Trakya Yöresi Tarım Topraklarının Bitki Besin Maddesi ve Potansiyel Toksik Element Kapsamlarının Belirlenmesi, Veri Tabanının Oluşturulması ve Haritalanması. 2013 <>2016 - TAGEM
- Marmara Bölgesi Trakya Bölümü Topraklarının Kuraklık Hassasiyet Analizi. 2011<>2013 - ÇOMÜ BAP
- Marmara Bölgesi Trakya Bölümü Topraklarının Karbon İçeriklerinin Belirlenmesi ve Tematik Haritaların Oluşturulması. 2011<>2013 - ÇOMÜ BAP
- Minirhizotron Kamera Yardımı İle Elde Edilen Kök Gelişimine Ait Görüntülerin Sulama Uygulamalarında Kullanılma Olanakları. 2008<>2011 TUBITAK.
- Biga Yöresindeki Yeraltı ve Yerüstü Su Kaynaklarının Sulamaya Uygunluğunun Araştırılması. 2005<>2007 - ÇOMÜ BAP
- Gökçeada Organik Tarım Alanında Domates, Kavun, Soya ve Yerfıstığı Bitkilerinin Fizyolojik Gelişim Performanslarına Uygun Organik Damla Sulama Programlarının Oluşturulması. 2005<>2007 – DPT

### **İŞ DENEYİMİ**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü

Araştırma Görevlisi: 2005-2012

TAGEM / Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü

Ziraat Mühendisi: 2012 -

### **İLETİŞİM**

[erdemtys@gmail.com](mailto:erdemtys@gmail.com)

[erdem.bahar@tarim.gov.tr](mailto:erdem.bahar@tarim.gov.tr)