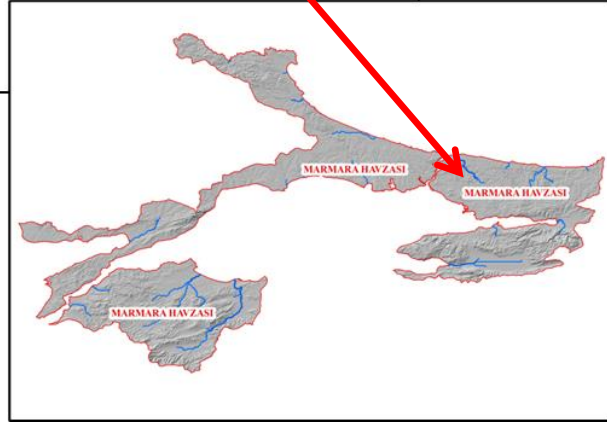
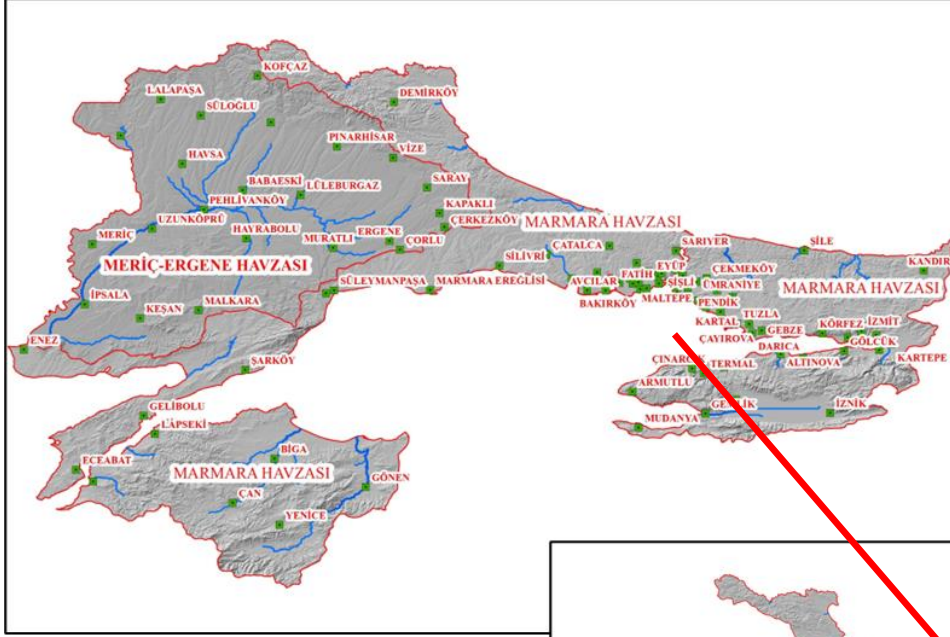




T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



MARMARA HAVZASI KURAKLIK YÖNETİM PLANI



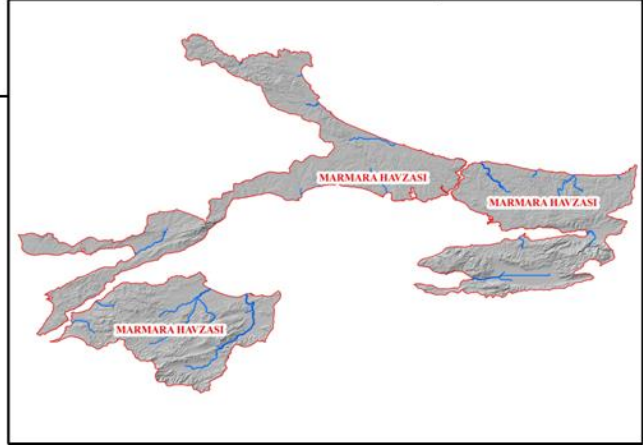
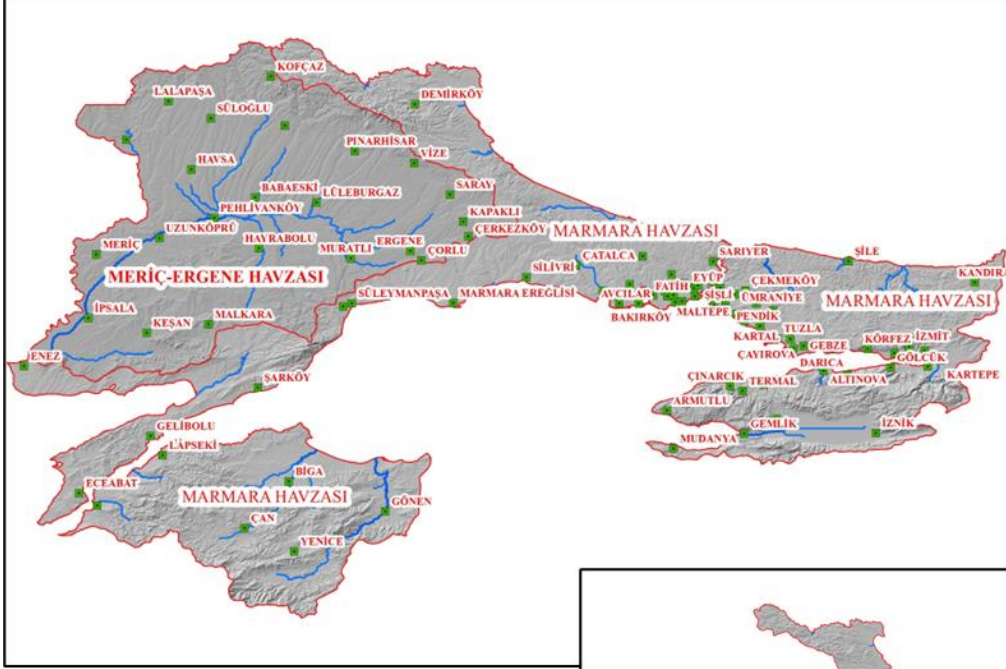
NIHAİ RAPORU CİLT 1: HAVZANIN TANITIMI VE KURAKLIK ANALİZLERİ

YAŞLIOĞLU
İNŞAAT VE TİCARET Ltd. Şti.

ANKARA / 2023



T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



MARMARA HAVZASI KURAKLIK YÖNETİM PLANI

NIHAİ RAPORU CİLT 1: HAVZANIN TANITIMI VE KURAKLIK ANALİZLERİ

ANKARA / 2023

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Yüklenici
YAŞLIOĞLU İNŞ. ve TİC. LTD. ŞTİ. Şirketine hazırlattırılmıştır.

Her hakkı saklıdır.

Bu doküman ve içeriği Su Yönetimi Genel Müdürlüğünün izni alınmadan kullanılamaz ve
çoğaltılamaz.

SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

AFİRE SEVER	Genel Müdür
MARUF ARAS	Genel Müdür Yardımcısı
SATUK BUĞRA FINDIK	Daire Başkanı
AHMET MURAT ÖZALTIN	Çalışma Grubu Sorumlusu
BAHADIR ÖZÇAM	Mühendis
HAFİZE KAYA	Mühendis
YELİZ SARICAN	Uzman
DR. MUSTAFA BERK DUYGU	Uzman
ÇİĞDEM GÜRLER	Uzman
ELİF SÜRÜCÜ	Mühendis
HALDUN AKCENGİZ	Mühendis

YAŞLIOĞLU İNŞ. ve TİC. LTD. ŞTİ.

GÜRKAN URAY	İnş. Yük. Müh. / Proje Müdürü
AYÇİÇEK YAŞLIOĞLU	İnşaat Mühendisi
MUAMMER ERYILDIRIM	Ziraat Mühendisi
SÜLEYMAN TOSYALIOĞLU	Çevre Mühendisi
CENGİZ KUMKAYA	Meteoroloji Mühendisi
MUHAMMET TOKAT	Jeoloji Mühendisi

DANIŞMAN

PROF. DR. OSMAN YILDIZ	Kırıkkale Üniversitesi
PROF. DR. MİKDAT KADIOĞLU	İstanbul Teknik Üniversitesi
DR. ÖĞR. ÜYESİ GAYE AKTÜRK	Kırıkkale Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
TABLO LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR.....	xxviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Yetki.....	3
1.2. Maksat	4
1.3. Kapsam.....	5
1.4. Temel İlkeler	7
1.5. Sorumluluk	7
1.6. Hedefler	7
2. KURAKLIK YÖNETİM PLANI UYGULAMA ALANI.....	9
2.1. Marmara Havzası.....	9
2.1.1. Yerleşim Yerleri.....	10
2.1.1.1. Çanakkale	11
2.1.1.2. İstanbul.....	12
2.1.1.3. Kocaeli	13
2.1.1.4. Kırklareli	13
2.1.1.5. Tekirdağ.....	14
2.1.2. Coğrafi ve Topografik Durum	14
2.1.3. Genel Jeoloji	15
2.2. Demografik Ve Sosyo-Ekonomik Yapı	16
2.2.1. Nüfus	16
2.2.2. Eğitim.....	19
2.2.3. Sağlık.....	19
2.2.4. Sosyo-Ekonomik Durum.....	20
2.2.5. Tarım	23
2.2.5.1. Tarım Alanları	23
2.2.5.2. Tarımsal Üretim.....	26
2.2.5.3. Tahıllar	26

2.2.5.4. Sebzeler	28
2.2.5.5. Meyveler.....	29
2.2.5.6. Süs Bitkileri	30
2.2.6. Hayvancılık.....	31
2.2.7. Madencilik	32
2.2.8. Sanayi	34
2.2.8.1. Çanakkale	34
2.2.8.2. Kocaeli	37
2.2.8.3. Diğer İller	37
2.2.9. Kültürel Alanlar ve Turizm	38
2.2.10. Ekosistem	42
2.2.10.1. Flora	42
2.2.10.2. Fauna	44
2.2.10.3. Korunan Alanlar	45
2.3. İklim Ve Su Kaynakları	47
2.3.1. İklim	47
2.3.2. Yağış	50
2.3.3. Sıcaklık	52
2.3.4. Bağıl Nem.....	58
2.3.5. Rüzgâr	60
2.3.6. Buharlaşma	62
2.4. Su Kaynakları	63
2.4.1. Yerüstü Su Kaynakları	63
2.4.1.1. Akarsular	63
2.4.2. Akım Gözlem İstasyonları.....	65
2.4.3. Göller.....	68
2.4.4. Depolamalar.....	72
2.4.4.1. Darlık Barajı	78
2.4.4.2. Ömerli Barajı	78
2.4.4.3. Elmalı 1 ve 2 Barajları	78
2.4.4.4. Kirazdere (Yuvacık) Barajı	78
2.4.4.5. Sazlıdere Barajı.....	78
2.4.4.6. Düzdere Barajı	79
2.4.4.7. Elmalıdere Barajı	79
2.4.4.8. Kuzuludere Barajı	79
2.4.5. Su Transferleri	81
2.4.6. Yeraltı Suları.....	83
2.4.7. Su Kalitesi	85

2.4.8. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi.....	88
2.5. Toprak Ve Su Kaynaklarının Kullanımı	92
2.5.1. Arazi Kullanımı	92
2.5.2. Arazi Kullanım Sınıfları	92
2.5.3. Marmara Havzası Arazi Kullanımı	94
2.5.4. Erozyon Durumu.....	97
2.5.5. Havzada Sediment Durumu	100
2.6. Su Kullanımı.....	104
2.6.1. Türkiye Su Potansiyeli ve Kullanımı	104
2.6.2. İçme Kullanma Suyu ve Proses Suyu Kullanımı	107
2.6.3. Bitki Su Kullanımları	111
2.7. Havza Hidrojeolojisi Ve Yeraltı Su Kaynakları	112
2.7.1. Havza Genel Hidrojeolojisi	112
2.7.2. Alt Havzalar Hidrojeolojisi	114
2.7.3. Biga Çayı Alt Havzası (1/8)	114
2.7.3.1. Genel Jeoloji	114
2.7.3.2. Akifer Durumu.....	114
2.7.4. Körfez Alt Havzası (2/8)	116
2.7.4.1. Genel Jeoloji	116
2.7.4.2. Akifer Durumu.....	116
2.7.5. Gönen Çayı Alt Havzası (3/8)	118
2.7.5.1. Genel Jeoloji	118
2.7.5.2. Akifer Durumu.....	119
2.7.6. İznik Gölü Alt Havzası (4/8)	120
2.7.6.1. Genel Jeoloji	120
2.7.6.2. Akifer Durumu.....	121
2.7.7. Ağva Deresi Alt Havzası (5/8)	122
2.7.7.1. Genel Jeoloji	122
2.7.7.2. Akifer Durumu.....	122
2.7.8. Batı İstanbul Alt Havzası (6/8)	122
2.7.8.1. Genel Jeoloji	122
2.7.8.2. Akifer Durumu.....	123
2.7.9. Kuzey Kırklarerli Alt Havzası (7/8).....	125
2.7.9.1. Genel Jeoloji	125
2.7.9.2. Akifer Durumu.....	125
2.7.10. Kuzey Çanakkale Alt Havzası (8/8).....	126
2.7.10.1. Genel Jeoloji	126
2.7.10.2. Akifer Durumu.....	127

3. KURAKLIK ANALİZLERİ.....	129
3.1. Kuraklık Analiz Yöntemleri	129
3.1.1. Meteoroloji ve Hidroloji Verisi Tabanlı İndisler	131
3.1.1.1. Standart Yağış İndisi (SPI).....	131
3.1.1.2. Palmer Kuraklık İndisleri	135
3.1.1.2.1. Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (scPDSI).....	136
3.1.1.2.2. Kendinden Kalibreli Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (scPHDI)	140
3.1.1.3. Standart Yağış-Buharlaşma İndisi (SPEI).....	141
3.1.1.4. Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI).....	144
3.1.1.5. Keşif Kuraklık İndisi (RDI).....	146
3.1.1.6. Ondalıklar İndisi (Deciles)	149
3.1.1.7. Standart Akım İndisi (SRI).....	150
3.1.1.8. Standart Yeraltı Suyu İndisi (SGI).....	151
3.1.1.9. Standart Rezervuar Miktar Suyu İndisi (SRSI)	152
3.1.2. Uzaktan Algılama Temelli İndisler	153
3.1.2.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI).....	156
3.1.2.2. Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI).....	157
3.1.2.3. Bitki Durumu İndeksi (VCI)	159
3.1.3. Kuraklık Sınıflandırmaları ve Eşik Değerler	160
3.1.4. Eğilim Analizleri.....	160
3.1.5. Meteorolojik Eğilim Analizleri.....	161
3.1.5.1. Yağış Eğilim Analizleri.....	161
3.1.5.2. Sıcaklık Eğilim Analizleri	163
3.1.5.3. Potansiyel Buharlaşma-Terleme (Evapotranspirasyon) Eğilim Analizleri	165
3.1.5.4. Bağıl Nem Eğilim Analizleri.....	167
3.1.6. Hidrolojik Eğilim Analizleri.....	169
3.1.6.1. Akım Eğilim Analizleri.....	169
3.1.6.2. Yeraltı Suyu Eğilim Analizleri	172
3.2. Kuraklık Şiddet Analizleri.....	173
3.2.1. Standart Yağış İndisi (SPI).....	178
3.2.1.1. Havza Bazında SPI Analiz Sonuçları.....	178
3.2.1.1.1. SPI-12 Aylık Periyot	179
3.2.1.2. Gökçeada ve Bozcaada SPI Sonuçları	181
3.2.2. Palmer Kuraklık İndisleri	182
3.2.2.1. Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (scPDSI).....	182
3.2.2.1.1. Alt Havza Bazında scPDSI Analiz Sonuçları	182

3.2.2.1.2. Havza Bazında scPDSI Analiz Sonuçları	186
3.2.3. Standart Yağış-Buharlaştırma İndisi (SPEI).....	188
3.2.3.1. İstasyon Bazında SPEI Analiz Sonuçları	188
3.2.3.1.1. SPEI-9 Aylık Periyot.....	188
3.2.3.2. Alt Havza Bazında SPEI Analiz Sonuçları	191
3.2.3.2.1. SPEI-9 Aylık Periyot.....	192
3.2.3.3. Havza Bazında SPEI Analiz Sonuçları	195
3.2.3.3.1. SPEI-9 Aylık Periyot.....	196
3.2.3.3.2. Gökçeada ve Bozcaada SPEI Sonuçları	198
3.2.4. Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI).....	199
3.2.4.1. İstasyon Bazında PNPI Analiz Sonuçları.....	199
3.2.4.1.1. PNPI-12 Aylık Periyot	199
3.2.4.2. Alt Havza Bazında PNPI Analiz Sonuçları.....	202
3.2.4.2.1. PNPI-12 Aylık Periyot	203
3.2.4.3. Havza Bazında PNPI Analiz Sonuçları.....	206
3.2.4.3.1. PNPI-12 Aylık Periyot	207
3.2.5. Keşif Kuraklık İndisi (RDI).....	209
3.2.5.1. İstasyon Bazında RDI Analiz Sonuçları.....	209
3.2.5.1.1. RDI-12 Aylık Periyot.....	209
3.2.5.2. Alt Havza Bazında RDI Analiz Sonuçları.....	212
3.2.5.2.1. RDI-12 Aylık Periyot.....	213
3.2.5.3. Havza Bazında RDI Analiz Sonuçları.....	215
3.2.5.3.1. RDI-12 Aylık Periyot.....	216
3.2.6. Ondalık İndisi (Deciles)	218
3.2.6.1. İstasyon Bazında Ondalık İndisi Analiz Sonuçları	218
3.2.6.2. Alt Havza Bazında Ondalık İndisi Analiz Sonuçları	221
3.2.6.3. Havza Bazında Ondalık İndisi Analiz Sonuçları	225
3.2.7. Standart Akım İndisi (SRI).....	228
3.2.8. Standart Yeraltı Suyu İndisi (SGI).....	234
3.2.9. Standart Rezervuar Miktar Suyu İndisi (SRSI)	238
3.2.10. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI).....	243
3.2.11. Genişletilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI).....	245
3.2.12. Bitki Durumu İndeksi (VCI).....	248
3.2.13. Kuraklık Şiddet Analiz Değerlendirmeleri.....	253
3.2.14. Kuraklık Risk Analizleri	257
3.2.15. Standart Yağış İndisi (SPI).....	257
3.2.15.1. İstasyon Bazında SPI Risk Analizleri	257
3.2.15.2. Alt Havza Bazında SPI Risk Analizleri	258
3.2.16. Palmer Kuraklık İndisleri	259
3.2.16.1. Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (scPDSI).....	259
3.2.16.1.1. İstasyon Bazında scPDSI Risk Analizleri.....	259
3.2.16.1.2. Alt Havza Bazında scPDSI Risk Analizleri.....	259

3.2.16.2. Kendinden Kalibreli Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (scPHDI) ...	260
3.2.16.3. İstasyon Bazında scPHDI Risk Analizleri.....	260
3.2.16.3.1. Alt Havza Bazında scPHDI Risk Analizleri	260
3.2.17. Standart Yağış-Buharlaştırma İndisi (SPEI).....	261
3.2.17.1. İstasyon Bazında SPEI Risk Analizleri.....	261
3.2.17.2. Alt Havza Bazında SPEI Risk Analizleri	262
3.2.18. Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI).....	262
3.2.18.1. İstasyon Bazında PNPI Risk Analizleri	262
3.2.18.2. Alt Havza Bazında PNPI Risk Analizleri	263
3.2.19. Keşif Kuraklık İndisi (RDI).....	264
3.2.19.1. İstasyon Bazında RDI Risk Analizleri	264
3.2.19.2. Alt Havza Bazında RDI Risk Analizleri	265
3.3. Kurak Dönemlerin Tespiti.....	266
3.4. Kuraklık Şiddet Haritaları	271
3.4.1. Meteorolojik Kuraklık Şiddet Haritaları	276
3.4.1.1. SPI 3 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları	276
3.4.1.1.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	276
3.4.1.1.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	277
3.4.1.2. SPEI 3 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları.....	278
3.4.1.2.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	278
3.4.1.2.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	279
3.4.2. Tarımsal Kuraklık Şiddet Haritaları.....	280
3.4.2.1. SPI 6 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları	280
3.4.2.1.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	280
3.4.2.1.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	281
3.4.2.2. SPEI 6 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları.....	282
3.4.2.2.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	282
3.4.2.2.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	284
3.4.2.3. SPEI 9 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları.....	285
3.4.2.3.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	285
3.4.2.3.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	286
3.4.2.4. PNPI 9 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları	288
3.4.2.4.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	288
3.4.2.4.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	289
3.4.2.5. VCI ile Hazırlanmış Kuraklık Şiddet Haritaları	290
3.4.2.5.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	290
3.4.3. Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları	291
3.4.3.1. SPI 24 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları	291
3.4.3.1.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	291
3.4.3.1.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	292
3.4.3.2. SPEI 12 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları.....	293

3.4.3.2.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	293
3.4.3.2.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	294
3.4.3.3. scPDSI Kuraklık Şiddet Haritaları.....	295
3.4.3.3.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	295
3.4.3.3.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	296
3.4.3.4. scPHDI Kuraklık Şiddet Haritaları	297
3.4.3.4.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem.....	297
3.4.3.4.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem.....	298
3.5. Kuraklık Risk Haritaları.....	300
3.5.1. Meteorolojik Kuraklık Şiddet Haritaları	301
3.5.1.1. SPI 3 Aylık Kuraklık Risk Haritaları.....	301
3.5.1.2. SPEI 3 Aylık Periyot Kuraklık Risk Haritaları	303
3.5.2. Tarımsal Kuraklık Şiddet Haritaları.....	305
3.5.2.1. SPI 6 Aylık Kuraklık Risk Haritaları.....	305
3.5.2.2. SPEI 6 Aylık Kuraklık Risk Haritaları.....	307
3.5.2.3. SPEI 9 Aylık Kuraklık Risk Haritaları.....	309
3.5.2.4. PNPI 9 Aylık Kuraklık Risk Haritaları	311
3.5.3. Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları	313
3.5.3.1. SPI 24 Aylık Kuraklık Risk Haritaları.....	313
3.5.3.2. SPEI 12 Aylık Kuraklık Risk Haritaları.....	315
3.5.3.3. scPDSI Kuraklık Risk Haritaları.....	317
3.5.3.4. scPHDI Kuraklık Risk Haritaları.....	319
3.6. Maruziyet İndeksi Hesaplanması.....	321
4. İKLİM PROJEKSİYONLARI.....	325
4.1. Projeksiyon Tanımları.....	325
4.1.1. HadGEM2 – ES	326
4.1.2. MPI-ESM-MR	327
4.1.3. CNRM-CM5.1	328
4.1.4. İklim Senaryoları	329
4.2. En Kötü Senaryonun Bulunması	334
4.3. Kullanılan Metodoloji.....	335
4.4. Kuraklık Şiddet Analizleri.....	337
4.4.1. Standart Yağış İndisi (SPI).....	337
4.4.1.1. Alt Havza Bazında SPI 3 Aylık Zaman Serisi.....	338
4.4.1.2. Havza Bazında SPI 3 Aylık Zaman Serisi.....	339
4.4.1.3. Alt Havza Bazında SPI 9 Aylık Zaman Serisi.....	341

4.4.1.4.	Havza Bazında SPI 9 Aylık Zaman Serisi.....	342
4.4.1.5.	Alt Havza Bazında SPI 12 Aylık Zaman Serisi.....	344
4.4.1.6.	Havza Bazında SPI 12 Aylık Zaman Serisi.....	345
4.4.2.	Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (scPDSI).....	347
4.4.2.1.	Alt Havza Bazında scPDSI Zaman Serisi	347
4.4.2.2.	Havza Bazında scPDSI Zaman Serisi	349
4.5.	Kuraklık Risk Analizleri	351
4.5.1.	SPI 3 Aylık Periyot Bazında Alt Havza Risk Analizleri.....	352
4.5.2.	SPI 9 Aylık Periyot Bazında Alt Havza Risk Analizleri.....	352
4.5.3.	SPI 12 Aylık Periyot Bazında Alt Havza Risk Analizleri.....	353
1.1.1.	scPDSI Bazında Alt Havza Risk Analizleri	353
4.6.	Kurak Dönemlerin Tespiti.....	354
4.7.	Kuraklık Şiddet Haritaları	362
4.7.1.	Meteorolojik Kuraklık Şiddet Haritaları (SPI-3).....	362
4.7.1.1.	07/2097 ile 12/2099 Arası Kurak Dönem	362
4.7.1.2.	06/2084 ile 01/2086 Arası Kurak Dönem	363
4.7.2.	Tarımsal Kuraklık Şiddet Haritaları (SPI-9)	364
4.7.2.1.	07/2097 ile 12/2099 Arası Kurak Dönem	364
4.7.2.2.	06/2084 ile 01/2086 Arası Kurak Dönem	365
4.7.3.	Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları (SPI-12)	367
4.7.3.1.	07/2097 ile 12/2099 Arası Kurak Dönem	367
4.7.3.2.	06/2084 ile 01/2086 Arası Kurak Dönem	368
4.7.4.	Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları (scPDSI)	368
4.7.4.1.	07/2097 ile 12/2099 Arası Kurak Dönem	369
4.7.4.2.	06/2084 ile 01/2086 Arası Kurak Dönem	370
4.8.	Kuraklık Risk Haritaları.....	371
4.8.1.	SPI 3 Aylık Kuraklık Risk Haritaları	372
4.8.2.	SPI 9 Aylık Kuraklık Risk Haritaları	374
4.8.3.	SPI 12 Aylık Kuraklık Risk Haritaları	376
4.8.4.	scPDSI Kuraklık Risk Haritaları.....	378
4.9.	Maruziyet İndeksi Hesapları.....	380
4.10.	Kuraklık Frekans Analizleri	387

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Havzada Yer Alan İller ve Havza İçindeki Alanları.....	11
Tablo 2.2 Havzada yer alan ilçelerin toplam ve havza içi nüfusları	16
Tablo 2.3 Havzadaki illerde Öğretmen, Okul ve Öğrenci Sayısı (TÜİK, 2020)	19
Tablo 2.4 Havzadaki illerin hastane ve yatak sayıları (TÜİK, 2019).....	19
Tablo 2.5 Havza İllerinin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Endeks Değeri (SEGE, 2017)	20
Tablo 2.6 Havza illerinin 2020 yılı toplam ithalat ve ihracat değerleri (TÜİK, 2020)	22
Tablo 2.7 Havzada 15 ve daha yukarı yaştaki kurumsal olmayan nüfusun işgücü durumu (TÜİK, 2020).....	22
Tablo 2.8 Havzadaki tarım alanları (TÜİK,2020).....	25
Tablo 2.9 Havza içi tarım alanlarının illere göre dağılımı (TÜİK,2020)	26
Tablo 2.10 Havzadaki Tahıl Üretimi (TÜİK, 2020).....	27
Tablo 2.11 Havzadaki Sebze Üretimi (TÜİK, 2020)	28
Tablo 2.12 Havzadaki Meyve Üretimi (TÜİK, 2020).....	29
Tablo 2.13 Havzadaki Süs Bitkisi Üretimi (TÜİK, 2020).....	30
Tablo 2.14 Havzadaki küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayıları (TÜİK, 2020)	31
Tablo 2.15 Havzadaki kümes hayvanları sayıları (TÜİK, 2020).....	32
Tablo 2.16 2021 yılı turizm tesis istatistikleri (T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2021).....	41
Tablo 2.17 Dünya üzerindeki en zengin popülasyonları İstanbul'da bulunan bitki türleri (İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020).....	42
Tablo 2.18 Marmara Havzası Koruma Alanları (TÜBİTAK MAM, 2013)	45
Tablo 2.19 Havzada 25 yıl ve üzeri verisi olan MGİ'lerin karakteristikleri.....	48
Tablo 2.20 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) (MGİ, 2020)..	50
Tablo 2.21 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C) (MGİ, 2020)	52

Tablo 2.22 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Minimum Sıcaklık Değerleri (°C) (MGİ, 2020)	54
Tablo 2.23 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Maksimum Sıcaklık Değerleri (°C) (MGİ, 2020)	56
Tablo 2.24 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Ortalama Nispi Nem Değerleri (MGİ, 2020) ...	58
Tablo 2.25 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Ortalama Rüzgâr Sürati Değerleri (m/s) (MGİ, 2020).....	60
Tablo 2.26 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Toplam Açık Yüzey Buharlaşması Değerleri (mm) (MGİ, 2020)	62
Tablo 2.27 Akım Gözlem İstasyonları.....	65
Tablo 2.28 Marmara Havzası'ndaki Gölet ve Barajlar (DSİ, 2021)	72
Tablo 2.29 Meriç Ergene Havzası ile Kuzey Marmara (Trakya kesimi) Havzaları Arasındaki Su Aktarımları (DSİ, 2018)	82
Tablo 2.30 Havzalara Göre Yıllık Yeraltısuyu Potansiyeli (DSİ, 2019).....	83
Tablo 2.31 CORINE Arazi Örtüsü Sınıfları	93
Tablo 2.32 CORINE Türkiye Ek Sınıflandırma.....	94
Tablo 2.33 Marmara Havzası CORINE 3. Seviye Arazi Kullanımı	95
Tablo 2.34 Marmara Havzası Erozyon Durumu Tablosu (DSİ)	99
Tablo 2.35 Türkiye Havzaları Su Potansiyelleri Dağılımı (SYGM, 2016)	105
Tablo 2.36 İçme ve Kullanma Suyu Kullanımları (DSİ, 2014)	107
Tablo 2.37 Marmara Havzası Master Planı proje sahasında yer alan tüm yerleşimlere ait içme ve kullanma suyu ihtiyaç tahmin tablosu (DSİ, 2014)	108
Tablo 2.38 Kuzey Marmara Havzası içme ve kullanma suyu ihtiyacı.....	109
Tablo 2.39 Kırsal ve Kentsel Nüfusun Yıllık Su İhtiyacı Projeksiyonu (SYGM, 2016)	109
Tablo 2.40 İstanbul'a Verilen Su Miktarlarının Aylara Göre Günlük Ortalama Dağılımı (İSKİ, 2020).....	110

Tablo 2.41 Bitki su ihtiyaçlarını karşılayan tesisler ve bulunduğu havzalar (DSİ, 2014).....	111
Tablo 2.42 DSİ MP (DSİ, 2014) kapsamında hazırlanan Sulama suyu kullanımları özet tablosu	111
Tablo 2.43 Çökelme Ortamları (Şengüler vd., 2000).....	113
Tablo 2.44 Biga Çayı Alt Havzası YAS Alt Havzaları	115
Tablo 2.45 Körfez Alt Havzası YAS Alt Havzaları	118
Tablo 2.46 Gönen Çayı Alt Havzası YAS Alt Havzaları	120
Tablo 2.47 İznik Gölü Alt Havzası YAS Alt Havzaları	121
Tablo 2.48 Batı İstanbul Alt Havzası Yağış Beslenimi.....	124
Tablo 2.49 Kuzey Kırklareli Alt Havzası Yağış Beslenimi.....	126
Tablo 2.50 Kuzey Çanakkale Alt Havzası Yağış Beslenimi	128
Tablo 3.1 Normal Dağılıma göre SPI Kuraklık Sınıflandırması.....	133
Tablo 3.2 SPI Kuraklık Sınıflandırması	134
Tablo 3.3 Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti (scPDSI) İndisi Sınıflandırması	139
Tablo 3.4 Kendinden Kalibreli Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi Sınıflandırması	141
Tablo 3.5 Standart Yağış Buharlaşma İndisi (SPEI) Sınıflandırması	143
Tablo 3.6 Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI) 1-3 Aylık Sınıflandırması	145
Tablo 3.7 Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI) 6 Aylık Sınıflandırması	145
Tablo 3.8 Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI) 9 Aylık Sınıflandırması	146
Tablo 3.9 Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI) 12-24 Aylık Sınıflandırması	146
Tablo 3.10 Keşif Kuraklık İndisi (RDI) Sınıflandırması.....	148
Tablo 3.11 Ondalıklar İndisi Sınıflandırması	149
Tablo 3.12 SRI Kuraklık Sınıflandırması	150
Tablo 3.13 SGI Kuraklık Sınıflandırması.....	152
Tablo 3.14 SRSI Kuraklık Sınıflandırması.....	153

Tablo 3.15 MODIS ve AVHRR Uydu Özellikleri.....	156
Tablo 3.16 VCI Kuraklık İndisi Sınıflandırması.....	159
Tablo 3.17 Kuraklık sınıflandırmaları ve renkleri.....	160
Tablo 3.18 Yağış verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları	161
Tablo 3.19 Sıcaklık verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları	164
Tablo 3.20 Potansiyel evapotranspirasyon verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları	165
Tablo 3.21 Bağıl nem verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları	167
Tablo 3.22 Akış verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları.....	169
Tablo 3.23 Yeraltı suyu seviyesi verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları.....	172
Tablo 3-24 Havza içerisinde Kuraklık Analizleri için kullanılan MGM İstasyonları.....	175
Tablo 3-25 Havza dışı Kuraklık Analizleri için kullanılan MGM İstasyonları	176
Tablo 3-26 Havza içerisinde SRI Analizleri için kullanılan Akım Gözlem İstasyonları	231
Tablo 3-27 Havza İçerisinde SGI Analizleri İçin Kullanılan Gözlem Kuyuları.....	234
Tablo 3-28 Havza İçerisinde SRSI Analizleri İçin Kullanılan Depolama Tesisleri	239
Tablo 3.29 Bütünleşik indis için hesaplama durumu	267
Tablo 3.30 SPI-3 için 1984 kurak dönemi toplam şiddet hesabı	268
Tablo 3-31 Havzada 1980-2021 yılları arasında görülen kurak dönemler listesi	270
Tablo 3-32 Havzada 1980-2021 yılları arasında görülen kurak dönemler etki analizi	270
Tablo 3-33 Havza kapsamında 1980-2021 arasında görülen en kurak dönemler listesi	271
Tablo 3-34 NDVI ile diğer indislerin korelasyon durumları	272
Tablo 3-35 EVI ile diğer indislerin korelasyon durumları	273
Tablo 3-36 VCI ile diğer indislerin korelasyon durumları	275
Tablo 3-37 Alt Havzalarda kurak geçen ay sayıları	321
Tablo 3-38 Alt Havzalarda kurak geçen aylardaki indis değerleri toplamları	322

Tablo 3-39 Alt Havzalardaki normalize edilmiş indis değerleri toplamları ve maruziyet indeksi	323
Tablo 4.1 HadGEM2 Sürümleri ve Bileşenleri.....	326
Tablo 4.2 IPCC Geçmiş İklim Senaryoları ve Raporları (SEI, 2017).....	330
Tablo 4.3 IPCC AR5 RCP İklim Senaryoları (IPCC, 2017).....	331
Tablo 4.4 Bütünleşik İndis İçin Hesaplama Durumu	355
Tablo 4.5 Havzada 2021-2100 Yılları Arasında Görülen Kurak Dönemler Listesi.....	356
Tablo 4.6 SPI-3 İçin 2063 Yılı Kurak Dönemi Toplam Şiddet Hesabı.....	357
Tablo 4.7 Havzada 2021-2100 Yılları Arasında Görülen Kurak Dönemler Etki Analizi	358
Tablo 4.8 Havzadaki 2021 ile 2100 Yılları Arasında Görülen En Kurak 2 Dönem Listesi ...	362
Tablo 4.9 Alt Havzalarda Kurak Geçen Ay Sayıları (MPI RCP 8.5 Senaryosu).....	380
Tablo 4.10 Alt Havzalarda Kurak Geçen Aylardaki İndis Toplamları (MPI RCP 8.5 Senaryosu)	381
Tablo 4.11 Alt Havzalardaki Normalize Edilmiş İndis Toplamları ve Maruziyet İndeksi (MPI RCP 8.5 Senaryosu)	382
Tablo 4.12 MPI RCP 8.5 Kapsamında Alt Havzaların Dönemlik Maruziyet İndeksleri	383
Tablo 4.13 Tüm Senaryolar Bazında Alt Havzaların Maruziyet İndeksleri	383

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Kuraklığın etkileri ve sıralaması ((Akbaş, 2014) (Wilhite ve Buchanan Smith, 2005) (NDMC, 2012)).....	2
Şekil 1.2 Türkiye üzerinde Marmara Havzası.....	4
Şekil 2.1 Marmara Havzası sınırları içinde kalan iller	9
Şekil 2.2 Marmara Havzası Alt Havzalar Haritası	10
Şekil 2.3 Havzayı Oluşturan İllerin Alansal Dağılımları.....	11
Şekil 2.4 Çanakkale ili haritası.....	12
Şekil 2.5 İstanbul ili haritası	12
Şekil 2.6 Kocaeli ili haritası	13
Şekil 2.7 Kırklareli ili haritası.....	13
Şekil 2.8 Tekirdağ ili haritası.....	14
Şekil 2.9 Marmara Havzası Fiziki Haritası.....	14
Şekil 2.10 Marmara Havzası Jeoloji Haritası (2002) (SYGM, 2016)	15
Şekil 2.11 İllerin Havza Nüfusundaki Payları.....	18
Şekil 2.12 Havza illerinde istihdamın sektörlere göre dağılımı (TÜİK, 2020).....	21
Şekil 2.13 Marmara Havzası Tarım Alanları Haritası (CORINE, DSI).....	24
Şekil 2.14 Küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayılarının oransal dağılımı (TÜİK, 2020)	32
Şekil 2.15 Çanakkale İlinde Sanayi İşletmelerinin Sektörel Dağılımı (İlk 10 Sektör) (Çanakkale Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019).....	35
Şekil 2.16 İstanbul İlinde Sanayi İşletmelerinin Sektörel Dağılımı (İlk 10 Sektör) (İstanbul Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019)	36
Şekil 2.17 Kocaeli İlinde Sanayi İşletmelerinin Sektörel Dağılımı (İlk 10 Sektör) (Kocaeli Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019)	37
Şekil 2.18 İstanbul'un Önemli Tarihi Yapılarından Topkapı Sarayı (İstanbul İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2020)	39

Şekil 2.19 Çanakkale Şehitler Abidesi (Çanakkale İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2020) ...	40
Şekil 2.20 Kocaeli, Kandıra, Pembe Kayalıklar (Kocaeli İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2020).....	40
Şekil 2.21 2021 yılı turizm tesis istatistikleri illere göre dağılımı (T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2021).....	41
Şekil 2.22 Keltepe Çiğdemi (Crocus keltepeensis) (Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019).....	44
Şekil 2.23 Marmara Havzası Korunan Alanlar (TÜBİTAK MAM, 2013)	46
Şekil 2.24 Marmara Havzası'ndaki Meteoroloji Gözlem İstasyonları	49
Şekil 2.25 Marmara Havzası Uzun Yıllar Ortalama Toplam Yağış Alansal Dağılımı (MGİ, 2020).....	51
Şekil 2.26 Marmara Havzası Uzun Yıllar Ortalama Sıcaklık Alansal Dağılımı (MGİ, 2020) .	53
Şekil 2.27 Marmara Havzası Uzun Yıllar Minimum Sıcaklık Alansal Dağılımı (MGİ, 2020)	55
Şekil 2.28 Marmara Havzası Uzun Yıllar Maksimum Sıcaklık Alansal Dağılımı (MGİ, 2020)	57
Şekil 2.29 Marmara Havzası Uzun Yıllar Ortalama Nisbi Nem Alansal Dağılımı (MGİ, 2020)	59
Şekil 2.30 Marmara Havzası Uzun Yıllar Ortalama Rüzgâr Sürati Alansal Dağılımı (MGİ, 2020).....	61
Şekil 2.31 Marmara Havzası Akarsuları (DSİ, HGM)	64
Şekil 2.32 Havzadaki Açık Akım Gözlem İstasyonları.....	67
Şekil 2.33 İznik Gölü'nde keşfedilen, 1500 yıl önce Aziz Neophytos adına inşa edildiği düşünülen bazilika (Cumhuriyet Gazetesi, 2020).....	69
Şekil 2.34 Marmara Havzası Gölleri ve Göl Gözlem İstasyonları.....	71
Şekil 2.35 Marmara Havzası Baraj ve Göletleri	77
Şekil 2.36 Marmara Havzası İçme Suyu İsale Hatları ve Arıtma Tesisleri Haritası (DSİ, 2021)	80

Şekil 2.37 İstanbul İli Su Transferleri Şematik Gösterimi (SYGM, 2016)	81
Şekil 2.38 Marmara Havzası YAS beslenme ve rezervleri (DSİ, 2019).....	84
Şekil 2.39 RCP4.5 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi (SYGM, 2016).....	90
Şekil 2.40 RCP8.5 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi (SYGM, 2016).....	91
Şekil 2.41 RCP4.5 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi (SYGM, 2016)	91
Şekil 2.42 RCP8.5 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi (SYGM, 2016)	92
Şekil 2.43 Marmara Havzası CORINE 2018 3. Seviye Arazi Kullanım Haritası (Tarım Orman Bakanlığı, E-U Land Monitoring Service)	96
Şekil 2.44 Marmara Havzası Erozyon Durumu Haritası (DSİ)	101
Şekil 2.45 Türkiye ve Marmara Havzası Sediment Verimi ve Miktarı Haritası (DSİ).....	103
Şekil 2.46 Türkiye Ortalama Kullanılabilir Su Potansiyeli Haritası (YAS-YÜS) (DSİ)	106
Şekil 2.47 Türkiye Toplam Su Kullanımı 1960-2100 (SYGM, 2016).....	107
Şekil 2.48 İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi İçin Çekilen Toplam Su Miktarı (hm ³ /yıl) (TÜİK, 2021).....	110
Şekil 2.49 Marmara Havzası Anadolu Bölümü Çanakkale Kısmı Hidrojeoloji Haritası (DSİ, 2018).....	112
Şekil 2.50 Biga Çayı Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası (DSİ, 2014)	115
Şekil 2.51 Körfez Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası (DSİ, 2014)	117
Şekil 2.52 Gönen Çayı Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası (DSİ, 2014)	119
Şekil 2.53 İznik Gölü Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası (DSİ, 2014)	121
Şekil 2.54 Batı İstanbul Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası.....	124
Şekil 2.55 Kuzey Kırklareli Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası	126

Şekil 2.56 Kuzey Çanakkale Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası	128
Şekil 3.1 Yağışın Gamma dağılımına çevrilmesi ve oradan da SPI indisine dönüşümü.....	133
Şekil 3.2 SPI'in standart normal dağılım grafiği.....	133
Şekil 3.3 ISRIC veri tabanından hazırlanan Türkiye kapsamındaki Toprak Su Tutma Kapasite	136
Şekil 3.4 Uzaktan Algılamada kullanılan elektromanyetik spektrum (Açıköğretim İstanbul Üni., 2021).....	154
Şekil 3.5 Yağış verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı	162
Şekil 3.6 Sıcaklık verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı	163
Şekil 3.7 Potansiyel evapotranspirasyon verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı	166
Şekil 3.8 Bağıl nem verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı	168
Şekil 3.9 Akış verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı.....	171
Şekil 3.10 Yeraltı suyu seviyesi verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı.....	173
Şekil 3.11 Havza için içerde ve dışarda seçilen MGM istasyonları haritası.....	177
Şekil 3.12 Havza geneline ait SPI 12 Aylık Çizgisel Grafik	179
Şekil 3.13 Havza geneline ait SPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	179
Şekil 3.14 SPI 12 Aylık En Kurak 4 aya ait haritalar.....	180
Şekil 3.15 Havza geneline ait SPI 12 Aylık Bar Grafiği	180
Şekil 3.16 SPI 12 Aylık Gökçeada ve Bozcaada Sonuçları.....	181
Şekil 3.17 Biga Çayı Alt Havzasına ait scPDSI Çizgisel Grafiği	183
Şekil 3.18 Biga Çayı Alt Havzasına ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği	183
Şekil 3.19 Biga Çayı Alt Havzasına ait scPDSI Bar Grafiği	184
Şekil 3.20 Ağva Deresi Alt Havzasına ait scPDSI Çizgisel Grafiği	184
Şekil 3.21 Ağva Deresi Alt Havzasına ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği	185

Şekil 3.22 Ağva Deresi Alt Havzasına ait scPDSI Bar Grafiği	185
Şekil 3.23 Havza geneline ait scPDSI Çizgisel Grafiği.....	186
Şekil 3.24 Havza geneline ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği.....	187
Şekil 3.25 scPDSI İndisi En Kurak 4 aya ait haritalar.....	187
Şekil 3.26 Havza geneline ait scPDSI Bar Grafiği.....	188
Şekil 3.27 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik	189
Şekil 3.28 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği.....	189
Şekil 3.29 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği.....	190
Şekil 3.30 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik	190
Şekil 3.31 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	191
Şekil 3.32 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği	191
Şekil 3.33 Biga Çayı Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik	192
Şekil 3.34 Biga Çayı Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	193
Şekil 3.35 Biga Çayı Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği	193
Şekil 3.36 Ağva Deresi Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik	194
Şekil 3.37 Ağva Deresi Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	194
Şekil 3.38 Ağva Deresi Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği	195
Şekil 3.39 Havza geneline ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik.....	196
Şekil 3.40 Havza geneline ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği.....	196
Şekil 3.41 Havza geneline ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği.....	197
Şekil 3.42 SPEI 9 Aylık En Kurak 4 aya ait haritalar	197
Şekil 3.43 SPEI 12 Aylık Gökçeada ve Bozcaada Sonuçları	198
Şekil 3.44 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik	199
Şekil 3.45 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	200
Şekil 3.46 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği	200

Şekil 3.47 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik	201
Şekil 3.48 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği.....	201
Şekil 3.49 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği	202
Şekil 3.50 Biga Çayı Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik	203
Şekil 3.51 Biga Çayı Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği.....	203
Şekil 3.52 Biga Çayı Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği	204
Şekil 3.53 Ağva Deresi Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik	204
Şekil 3.54 Ağva Deresi Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği.....	205
Şekil 3.55 Ağva Deresi Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği	205
Şekil 3.56 Havza geneline ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik	207
Şekil 3.57 Havza geneline ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	207
Şekil 3.58 PNPI 12 Aylık En Kurak 4 aya ait haritalar	208
Şekil 3.59 Havza geneline ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği	208
Şekil 3.60 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik	209
Şekil 3.61 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	210
Şekil 3.62 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği	210
Şekil 3.63 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik.....	211
Şekil 3.64 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği.....	211
Şekil 3.65 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği.....	212
Şekil 3.66 Biga Çayı Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik.....	213
Şekil 3.67 Biga Çayı Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	213
Şekil 3.68 Biga Çayı Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği.....	214
Şekil 3.69 Ağva Deresi Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik.....	214
Şekil 3.70 Ağva Deresi Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği.....	215
Şekil 3.71 Ağva Deresi Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği.....	215

Şekil 3.72 Havza geneline ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik	216
Şekil 3.73 Havza geneline ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	217
Şekil 3.74 RDI 12 Aylık En Kurak 4 aya ait haritalar	217
Şekil 3.75 Havza geneline ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği	218
Şekil 3.76 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği	219
Şekil 3.77 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği ...	219
Şekil 3.78 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Bar Grafiği	220
Şekil 3.79 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği.....	220
Şekil 3.80 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği....	221
Şekil 3.81 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Bar Grafiği.....	221
Şekil 3.82 Biga Çayı Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği	222
Şekil 3.83 Biga Çayı Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği	223
Şekil 3.84 Biga Çayı Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Bar Grafiği.....	223
Şekil 3.85 Ağva Deresi Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği.....	224
Şekil 3.86 Ağva Deresi Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği	224
Şekil 3.87 Ağva Deresi Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Bar Grafiği.....	225
Şekil 3.88 Havza geneline ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği	226
Şekil 3.89 Havza geneline ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği	226
Şekil 3.90 Ondalıklar İndisi En Kurak 4 aya ait haritalar.....	227
Şekil 3.91 Havza geneline ait Ondalıklar İndisi Bar Grafiği	227
Şekil 3.92 Havza kapsamında seçilen Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) haritası	233
Şekil 3.93 Havza Kapsamında Seçilen Gözlem Kuyuları Haritası	235
Şekil 3.94 6780/2 Nolu Kuyuya Ait SGI Aylık Bar ve Çizgisel Kuyu Seviyesi Grafiği	236
Şekil 3.95 8243/B Nolu Kuyuya Ait SGI Aylık Bar ve Çizgisel Kuyu Seviyesi Grafiği	236
Şekil 3.96 20919 Nolu Kuyuya Ait SGI Aylık Bar ve Çizgisel Kuyu Seviyesi Grafiği	237

Şekil 3.97 20920 Nolu Kuyuya Ait SGI Aylık Bar ve Çizgisel Kuyu Seviyesi Grafiği	238
Şekil 3.98 Havza Kapsamında Seçilen Depolama Tesisleri Haritası	240
Şekil 3.99 İstanbul'daki Tüm Barajlara Ait SRSI Aylık Bar ve Çizgisel Hacim Grafiği	241
Şekil 3.100 Bakacak Barajına Ait SRSI Aylık Bar ve Çizgisel Hacim Grafiği.....	241
Şekil 3.101 Kirazdere Barajına Ait SRSI Aylık Bar ve Çizgisel Hacim Grafiği.....	242
Şekil 3.102 Kazandere Barajına Ait SRSI Aylık Bar ve Çizgisel Hacim Grafiği	243
Şekil 3.103 Havza geneli NDVI aylık zaman serisi grafiği.....	243
Şekil 3.104 Havza genelindeki tarımsal alanların NDVI aylık zaman serisi grafiği	244
Şekil 3.105 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların NDVI aylık zaman serisi grafiği	245
Şekil 3.106 Havza geneli EVI aylık zaman serisi grafiği	246
Şekil 3.107 Havza genelindeki tarımsal alanların EVI aylık zaman serisi grafiği.....	247
Şekil 3.108 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların EVI aylık zaman serisi grafiği	247
Şekil 3.109 Havza geneli VCI aylık zaman serisi çizgisel grafiği	248
Şekil 3.110 Havza geneli VCI aylık zaman serisi zamansal kuraklık grafiği.....	249
Şekil 3.111 VCI İndeksi En Kurak 4 aya ait haritalar	249
Şekil 3.112 Havza geneli VCI aylık zaman serisi bar grafiği.....	250
Şekil 3.113 Havza genelindeki tarımsal alanların VCI aylık zaman serisi çizgisel grafiği	250
Şekil 3.114 Havza genelindeki tarımsal alanların VCI aylık zaman serisi zamansal kuraklık grafiği	251
Şekil 3.115 Havza genelindeki tarımsal alanların VCI aylık zaman serisi bar grafiği.....	251
Şekil 3.116 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların VCI aylık zaman serisi çizgisel grafiği	252
Şekil 3.117 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların VCI aylık zaman serisi zamansal kuraklık grafiği.....	252

Şekil 3.118 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların VCI aylık zaman serisi bar grafiği	253
Şekil 3.119 Havza Geneli Meteorolojik Kuraklığı Temsil Eden İndislerin Karşılaştırılması	254
Şekil 3.120 Havza Geneli Tarımsal Kuraklığı Temsil Eden İndislerin Karşılaştırılması.....	255
Şekil 3.121 Havza Geneli Hidrolojik Kuraklığı Temsil Eden İndislerin Karşılaştırılması	256
Şekil 3.122 NDVI ile Diğer İndislerin Korelasyon Grafiği.....	273
Şekil 3.123 EVI ile Diğer İndislerin Korelasyon Grafiği	274
Şekil 3.124 VCI ile Diğer İndislerin Korelasyon Grafiği.....	275
Şekil 3.125 SPI-3 ile hesaplanan 09/1993 ile 11/1993 arası kuraklık dağılım haritası	277
Şekil 3.126 SPI-3 ile hesaplanan 02/1989 ile 04/1989 arası kuraklık dağılım haritası	278
Şekil 3.127 SPEI-3 ile hesaplanan 11/2019 ile 02/2020 arası kuraklık dağılım haritası.....	279
Şekil 3.128 SPEI-3 ile hesaplanan 02/1989 ile 04/1989 arası kuraklık dağılım haritası.....	280
Şekil 3.129 SPI-6 ile hesaplanan 12/2019 ile 04/2020 arası kuraklık dağılım haritası	281
Şekil 3.130 SPI-6 ile hesaplanan 05/1989 ile 07/1989 arası kuraklık dağılım haritası	282
Şekil 3.131 SPEI-6 ile hesaplanan 11/2019 ile 04/2020 arası kuraklık dağılım haritası.....	283
Şekil 3.132 SPEI-6 ile hesaplanan 05/1989 ile 07/1989 arası kuraklık dağılım haritası.....	284
Şekil 3.133 SPEI-9 ile hesaplanan 11/2019 ile 06/2020 arası kuraklık dağılım haritası.....	285
Şekil 3.134 SPEI-9 ile hesaplanan 08/1989 ile 10/1989 arası kuraklık dağılım haritası.....	287
Şekil 3.135 PNPI-9 ile hesaplanan 12/2019 ile 04/2020 arası kuraklık dağılım haritası	288
Şekil 3.136 PNPI-9 ile hesaplanan 08/1989 ile 10/1989 arası kuraklık dağılım haritası	289
Şekil 3.137 VCI ile hesaplanan 12/2019 ile 02/2021 arası kuraklık dağılım haritası	290
Şekil 3.138 SPI-24 ile hesaplanan 11/2020 ile 04/2021 arası kuraklık dağılım haritası	292
Şekil 3.139 SPI-24 ile hesaplanan 03/1990 ile 08/1990 arası kuraklık dağılım haritası	292
Şekil 3.140 SPEI-12 ile hesaplanan 12/2019 ile 11/2020 arası kuraklık dağılım haritası.....	293
Şekil 3.141 SPEI-12 ile hesaplanan 12/1989 ile 03/1990 arası kuraklık dağılım haritası.....	295

Şekil 3.142 scPDSI ile hesaplanan 09/2020 ile 02/2021 arası kuraklık dağılım haritası	296
Şekil 3.143 scPDSI ile hesaplanan 03/1990 ile 08/1990 arası kuraklık dağılım haritası	297
Şekil 3.144 scPHDI ile hesaplanan 09/2020 ile 02/2021 arası kuraklık dağılım haritası	298
Şekil 3.145 scPHDI ile hesaplanan 03/1990 ile 08/1990 arası kuraklık dağılım haritası	299
Şekil 3.146 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası	301
Şekil 3.147 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası.....	301
Şekil 3.148 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	302
Şekil 3.149 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası	302
Şekil 3.150 SPEI 3 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası.....	303
Şekil 3.151 SPEI 3 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	303
Şekil 3.152 SPEI 3 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	304
Şekil 3.153 SPEI 3 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası.....	304
Şekil 3.154 SPI 6 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası	305
Şekil 3.155 SPI 6 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası.....	305
Şekil 3.156 SPI 6 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	306
Şekil 3.157 SPI 6 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası.....	306
Şekil 3.158 SPEI 6 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası.....	307
Şekil 3.159 SPEI 6 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	307
Şekil 3.160 SPEI 6 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	308
Şekil 3.161 SPEI 6 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası.....	308
Şekil 3.162 SPEI 9 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası.....	309
Şekil 3.163 SPEI 9 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	309
Şekil 3.164 SPEI 9 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	310
Şekil 3.165 SPEI 9 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası.....	310
Şekil 3.166 PNPI 9 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası	311

Şekil 3.167 PNPI 9 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası.....	311
Şekil 3.168 PNPI 9 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası.....	312
Şekil 3.169 PNPI 9 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası	312
Şekil 3.170 SPI 24 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası	313
Şekil 3.171 SPI 24 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası.....	313
Şekil 3.172 SPI 24 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	314
Şekil 3.173 SPI 24 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası	314
Şekil 3.174 SPEI 12 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası	315
Şekil 3.175 SPEI 12 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	315
Şekil 3.176 SPEI 12 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	316
Şekil 3.177 SPEI 12 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası.....	316
Şekil 3.178 scPDSI ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası.....	317
Şekil 3.179 scPDSI ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	317
Şekil 3.180 scPDSI ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	318
Şekil 3.181 scPDSI ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası.....	318
Şekil 3.182 scPHDI ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası	319
Şekil 3.183 scPHDI ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	319
Şekil 3.184 scPHDI ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	320
Şekil 3.185 scPHDI ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası.....	320
Şekil 3.186 Alt Havza bazında geçmiş dönem maruziyet indeksi tematik haritası	324
Şekil 4.1 MPI - ESM Modeli Çalışma Şeması (MPI, 2017).....	327
Şekil 4.2 CNRM - CM5.1 Modeli Çalışma Şeması (CNRM, 2017).....	329
Şekil 4.3 RCP Senaryoları ve Işınımsal Zorlama (Radiative Forcing) Eğilimleri (van Vuuren vd., 2011).....	331
Şekil 4.4 Marmara Havzası Geneli Yıllık Toplam Yağış (mm) Trend Grafiği	334

Şekil 4.5 Marmara Havzası Geneli Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)Trend Grafiği	335
Şekil 4.6 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 3 Aylık Çizgisel Grafik	338
Şekil 4.7 Biga Çayı Alt Havzası'na ait SPI 3 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	338
Şekil 4.8 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 3 Aylık Bar Grafiği	339
Şekil 4.9 Havza Geneline Ait SPI 3 Aylık Çizgisel Grafik	339
Şekil 4.10 Havza Geneline Ait SPI 3 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	340
Şekil 4.11 Havza Geneline Ait SPI 3 Aylık Bar Grafiği	340
Şekil 4.12 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 9 Aylık Çizgisel Grafik	341
Şekil 4.13 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	341
Şekil 4.14 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 9 Aylık Bar Grafiği	342
Şekil 4.15 Havza Geneline Ait SPI 9 Aylık Çizgisel Grafik	342
Şekil 4.16 Havza Geneline Ait SPI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	343
Şekil 4.17 Havza Geneline Ait SPI 9 Aylık Bar Grafiği	343
Şekil 4.18 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 12 Aylık Çizgisel Grafik	344
Şekil 4.19 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	344
Şekil 4.20 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 12 Aylık Bar Grafiği	345
Şekil 4.21 Havza Geneline Ait SPI 12 Aylık Çizgisel Grafik	345
Şekil 4.22 Havza Geneline Ait SPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği	346
Şekil 4.23 Havza Geneline Ait SPI 12 Aylık Bar Grafiği	346
Şekil 4.24 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait scPDSI Çizgisel Grafik	347
Şekil 4.25 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği	348
Şekil 4.26 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait scPDSI Bar Grafiği	348
Şekil 4.27 Havza Geneline Ait scPDSI Çizgisel Grafik	349
Şekil 4.28 Havza Geneline Ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği	349
Şekil 4.29 Havza Geneline Ait scPDSI Bar Grafiği	350

Şekil 4.30 Alt Havzalarda SPI 3 Aylık Kuraklık Oluşma Olasılıkları	352
Şekil 4.31 Alt Havzalarda SPI 9 Aylık Kuraklık Oluşma Olasılıkları	352
Şekil 4.32 Alt Havzalarda SPI 12 Aylık Kuraklık Oluşma Olasılıkları	353
Şekil 4.33 Alt Havzalarda scPDSI Kuraklık Oluşma Olasılıkları.....	353
Şekil 4.34 Havza Geneli 2025-2050 Yılları Arası Aylık Bazda Kuraklık Değerlendirme Tablosu	359
Şekil 4.35 Havza Geneli 2051-2075 Yılları Arası Aylık Bazda Kuraklık Değerlendirme Tablosu	360
Şekil 4.36 Havza Geneli 2076-2098 Yılları Arası Aylık Bazda Kuraklık Değerlendirme Tablosu	361
Şekil 4.37 SPI-3 ile Hesaplanan 08/2098 ve 02/2099 Arası Kuraklık Dağılım Haritası.....	363
Şekil 4.38 SPI-3 ile Hesaplanan 12/2084 ve 08/2085 Arası Kuraklık Dağılım Haritası.....	364
Şekil 4.39 SPI-9 ile Hesaplanan 08/2098 ve 04/2099 Arası Kuraklık Dağılım Haritası.....	365
Şekil 4.40 SPI-9 ile Hesaplanan 12/2084 ve 08/2085 Arası Kuraklık Dağılım Haritası.....	366
Şekil 4.41 SPI-12 ile Hesaplanan 08/2098 ve 04/2099 Arası Kuraklık Dağılım Haritası.....	367
Şekil 4.42 SPI-12 ile Hesaplanan 12/2084 ve 09/2085 Arası Kuraklık Dağılım Haritası.....	368
Şekil 4.43 scPDSI ile Hesaplanan 06/2098 ve 11/2099 Arası Kuraklık Dağılım Haritası	369
Şekil 4.44 scPDSI ile Hesaplanan 12/2084 ve 01/2086 Arası Kuraklık Dağılım Haritası	370
Şekil 4.45 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası	372
Şekil 4.46 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	372
Şekil 4.47 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	373
Şekil 4.48 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası	373
Şekil 4.49 SPI 9 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası	374
Şekil 4.50 SPI 9 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	374
Şekil 4.51 SPI 9 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	375

Şekil 4.52 SPI 9 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası	375
Şekil 4.53 SPI 12 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası	376
Şekil 4.54 SPI 12 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası.....	376
Şekil 4.55 SPI 12 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	377
Şekil 4.56 SPI 12 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası.....	377
Şekil 4.57 scPDSI ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası.....	378
Şekil 4.58 scPDSI ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	378
Şekil 4.59 scPDSI ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası	379
Şekil 4.60 scPDSI Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası.....	379
Şekil 4.61 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (MPI RCP 4.5).....	384
Şekil 4.62 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (MPI RCP 8.5).....	385
Şekil 4.63 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (HadGEM RCP 4.5)	385
Şekil 4.64 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (HadGEM RCP 8.5)	386
Şekil 4.65 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (CNRM RCP 4.5)	386
Şekil 4.66 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (CNRM RCP 8.5)	387
Şekil 4.67 SPI-12 (MPI 8.5) İçin Oluşturulan Kuraklık Şiddet-Alan-Frekans Eğrileri.	389
Şekil 4.68 SPI-12 (MGM Geçmiş Dönem) İçin Oluşturulan Kuraklık Şiddet-Alan-Frekans Eğrileri	390
Şekil 4.69 50 Yıllık Dönüş Aralığı İçin Farklı Modellerin Grafiği	391
Şekil 4.70 100 Yıllık Dönüş Aralığı İçin Farklı Modellerin Grafiği.....	391

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AÇA	Avrupa Çevre Ajansı
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
BM	Birleşmiş Milletler
BTSB	Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CERFACS	Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée
CNRM-CM5.1	Centre National de Recherches Météorologiques Circulation Model
CORINE	Çevresel Bilgilerin Koordinasyonu Projesi
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DSİ	Devlet Su İşleri
HADGEM2	Hadley Centre Global Environment Model version 2
HBV	Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning
HES	Hidroelektrik Santrali
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ITU	İyi Tarım Uygulamaları
İKTM	T.C. İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
KTB	T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI-ESM-MR	Max-Planck-Institute Earth System Model - Medium Resolution
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü Değişim İndeksi
NSE, NASH	Nash - Sutcliffe Efficiency - Nash - Sutcliffe İndeksi
OSİB	T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı
PDSI	Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi
PNPI	Normalin Yüzdesi İndeksi
Q	Akım, Akış
RCP	Representative Concentration Pathways
RMSE	Root Mean Square Error - Ortalama Karekök Fark

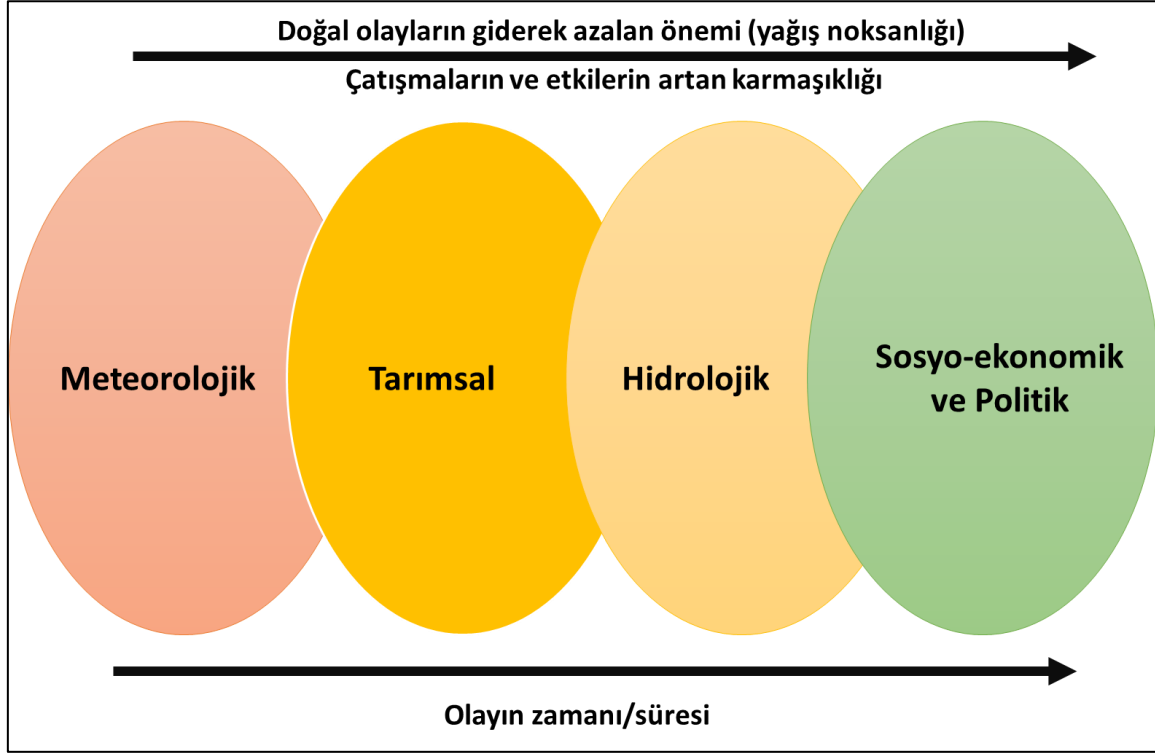
SKGİ	Su Kalite Gözlem İstasyonu
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SPEI	Standart Yağış Buharlaştırma ve Terleme İndeksi
SPI	Standart Yağış İndeksi
SRI	Standart Akım İndeksi
SWAT	The Soil and Water Assessment Tool (Toprak ve Su Değerlendirme Aracı)
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
SYİ	Standart Yağış İndisi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WEI	Su Kullanım İndisi (Water Exploitation Index)
WEI+	Su Kullanım İndisi + (Water Exploitation Index +)
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
YAS	Yeraltı Suyu
YSKY	Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği
YÜS	Yerüstü Suyu

1. GİRİŞ

Canlı ve cansız tüm bileşenleriyle yeryüzündeki yaşam suya bağlıdır. Bu nedenle tarih boyunca insanlar suyun döngüsünü anlamak istemiş ve hayatlarını daha kolay devam ettirebilmek amacıyla suyun davranışını tahmin etmeye çalışmışlardır. Ancak su döngüsündeki rastgele ve oldukça karmaşık davranış nedeniyle kuraklık en az anlaşılan doğal afet olarak görülebilir (Hagman, 1984). Bunun yanında dünyada etkili olan 31 çeşit doğal afet arasında kuraklık ilk sırada yer almaktadır (Bryant, 1993). Kuraklık olayının etkileri çok sayıda alanda görülür (Şen Z. , 1998). Bu geniş etki alanı ve insanlık üzerindeki büyük etkisi sebebiyle kuraklığın anlaşılması, yönetilmesi ve tahmin yöntemlerinin geliştirilmesi son derece önemlidir. Dünya genelindeki nüfus artışı ile birlikte tarım, enerji ve sanayi gibi suyla ilgili sektörlerdeki gelişmeler tüm dünyada su talebini artırmıştır. İklim değişikliği de son yıllarda sel ve kuraklıkta daha yüksek pikler gözlenmesine sebep olduğundan su kıtlığına katkıda bulunmuştur (Mishra ve Singh, 2010). Kuraklığın içme suyu, tarım ve sanayi gibi sektörler üzerindeki olumsuz etkileri kuraklık çalışmalarını daha da elzem kılmaktadır.

Kuraklığın tek bir tanımını yapmak oldukça zordur çünkü bu doğa olayı farklı alanları farklı şekilde etkilemektedir. Mühendisler, ekonomistler, ziraatçılar ve tüm su kullanıcıları, farklı bakış açılarına ve farklı çalışma koşullarına sahip olduklarından kendi kuraklık tanımlarını yapmışlardır (Yevjevich, 1967). Tanımlanması zor ve bakış açısına bağlı olmasına rağmen tüm kuraklık tanımlarının ortak özelliği normal koşullardan sapma miktarıyla ilişkilendirilmesidir. (Wilhite ve Glantz, 1985) bu bakış açılarından bağımsız evrensel bir kuraklık tanımı yapmak yerine incelenme alanına göre dört gruba ayrılacak alt tanımların daha faydalı olduğunu belirtmiştir. Bu dört kuraklık tipi **meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik** şeklinde sıralanır.

Meteorolojik kuraklık çoğunlukla yağışların uzun dönem ortalamalarından sapmasına odaklanırken, hidrolojik kuraklık yüzey veya yeraltı sularında görülen uzun dönem ortalamalarından sapmalar ile ilgilidir. Tarımsal kuraklık genellikle mahsul büyümesini etkileyen toprak nemi ile tanımlanır. Sosyo-ekonomik kuraklık, ekonomik malların arz ve talep ilişkisi ile ifade edilir. Meteorolojik kuraklık kavramı, daha çok nedenleri yansıtırken, diğerleri daha çok sonuçları açıklayıcıdır (Demuth ve Stahl, 2001). Bir yağış açığı yeterince uzun sürdüğünde, bu yağış açığından kaynaklanan meteorolojik kuraklık, sosyal ve ekonomik sonuçlar doğurabilir ve bir hidrolojik kuraklığa doğru ilerleyebilir (van Loon, 2015) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Kuraklığın etkileri ve sıralaması ((Akbaş, 2014) (Wilhite ve Buchanan Smith, 2005) (NDMC, 2012))

Küresel iklim değişikliğinin etkileriyle birlikte Türkiye, 21. yüzyılın sonlarında kendi bölgesinde aşırı hava olaylarına en çok maruz kalacak ülkeler listesinde ilk sıralarda gösterilmektedir (Hallegatte, Lecocq ve Perthuis, 2011). İklim değişikliği senaryoları, ortalama sıcaklıklarda görülmesi beklenen birkaç derecelik artışın aşırı hava sıcaklıkları ve şiddetli yağışlarda birkaç kat artışa neden olacağını göstermektedir. Bununla birlikte küresel iklim değişikliğinin ülkemiz üzerindeki etkisi çöl iklimine benzer özelliklerde sıcak ve kuru bir iklimin hakimiyeti şeklinde ortaya çıkmaktadır (Kadıoğlu, 2012).

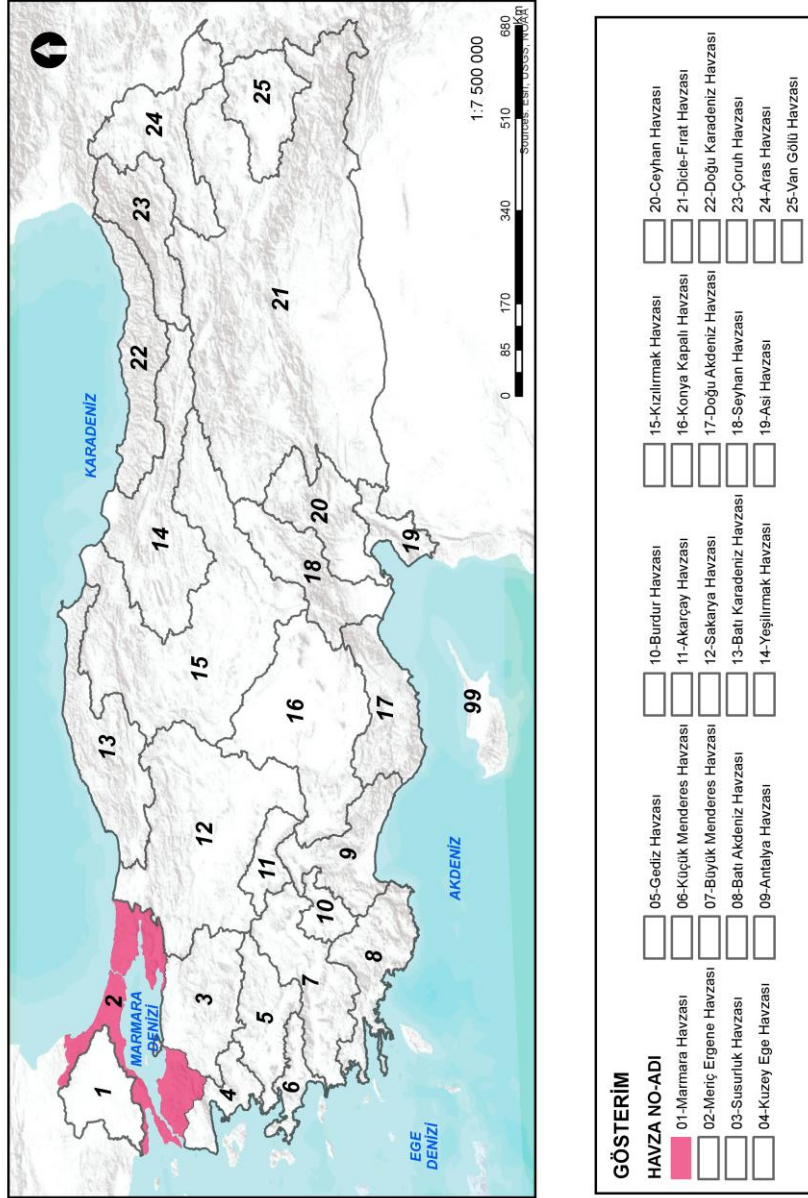
Mülga Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) iş birliği ile hazırlanan Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi raporuna (Kadıoğlu, 2012) göre, ülkemizin büyük çoğunluğu yarı kurak iklim şartlarının etkisi altındadır. Türkiye’de kurak ve yarı kurak alan miktarı 51 milyon hektardır. Yani, Türkiye’nin yaklaşık %37,3’ünde yarı kurak iklim şartları hüküm sürmektedir. Tarih boyunca bu topraklarda zaten sıklıkla görülen kuraklık afetinin, iklim değişikliğinin etkileri ile birlikte hem şiddet hem süre hem de sayı olarak artması beklenmektedir.

Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) adına hazırlanan raporda, **kuraklık riski** “iklim arasındaki etkileşimi, havzanın hidrolojik tepkisini ve buna maruz kalan insanların, ekosistemlerin ve ekonomilerin kırılganlığını yansıtan, insan ve doğal sistemin ortaya çıkan bir özelliği” olarak tanımlanmıştır ve kuraklık riskinin iki bileşeni kuraklık tehlikesinin meydana gelme olasılığı ve ilgili etkilerin büyüklüğü olarak belirtilmiştir (UNESCO ve WWF, 2016). Yine aynı raporda **Stratejik Kuraklık Risk Yönetimi** ise kuraklık risklerinin azaltılması, kontrol edilmesi, kabul edilmesi veya yeniden dağıtılması için kararların alınması, uygulanması ve gözden geçirme seçeneklerinin değerlendirilmesini amaçlayan, risk analizi ve değerlendirmesi içeren veri ve bilgi toplama süreci olarak tanımlanmaktadır. Su kaynakları yönetimi politikalarının ve stratejilerinin önemli bir parçası Kuraklık Risk Yönetimidir. Kuraklık riskinin yönetilmesinde ulusal kuraklık politikaları büyük önem taşımaktadır (Wilhite, Sivakumar ve Pulwarty, 2014).

İklim değişikliği neticesinde Türkiye genelinde daha fazla artması beklenen kuraklık olayları su kaynaklarımızın daha etkin bir şekilde planlanması ve geliştirilmesi gerektiğini ortaya çıkarmaktadır (Kadıoğlu, 2012). Bu amaçla T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü bütüncül bir yaklaşımla, Kuraklık Yönetim Planları hazırlayarak muhtemel kuraklık riskleriyle karşılaşıldığında yaşanacak olan olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik olarak kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında alınacak tedbirlerin belirlenmesini amaçlamaktadır.

1.1. Yetki

Bu plan 10/07/2018 tarihli ve 30474 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan “Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi”nin Tarım ve Orman Bakanlığının görev ve teşkilatının tanımlandığı on dördüncü bölümde yer alan 421. maddeye dayanılarak hazırlanmıştır.



Şekil 1.2 Türkiye üzerinde Marmara Havzası

1.2. Maksat

Kuraklık Türkiye coğrafyası için yaygın bir afet riski oluşturmaktadır. Marmara Havzası da sahip olduğu ekonomik ve doğal önemi gereği bu riskten fazlasıyla etkilenebilecek havzalar arasında yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı; havza sınırları esas alınarak Türkiye'nin 25 nehir havzasından biri olan Marmara Havzası için "Kuraklık Yönetim Planı"nın hazırlanmasıdır.

1.3. Kapsam

Marmara Havzası Kuraklık Yönetim Planı ile muhtemel kuraklık riskleriyle karşılaşıldığında yaşanacak olan olumsuz etkilerin azaltılması, su kıtlığında alınması gereken tedbirlerin belirlenmesi ve mümkün olan en kısa sürede kuraklık problemlerinin çözümüne yönelik olarak kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında alınacak tedbirlerin belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda Marmara Havzası'nın su bütçesi ve kuraklığa karşı hassasiyeti göz önünde bulundurularak, entegre havza yönetimi yaklaşımı ile kuraklığın ve su kıtlığının üretim kaynaklarına ve sosyoekonomik hayata olumsuz etkilerinin azaltılması, havzadaki kısıtlı su kaynaklarının akılcı ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması için kuraklık ve su kıtlığı indikatörlerinin ve eşik değerlerinin belirlendiği, buna göre kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında yapılacak çalışmalar ve alınması gereken tedbirlerin ortaya konduğu bir kuraklık yönetim planı oluşturulacaktır.

Bu çalışma kapsamında, yaşanması muhtemel kuraklık sebebiyle meydana gelecek havza yüzey suyu ve yeraltı suyu bütçesindeki değişime bağlı olarak içme kullanma suyunun, tarımsal sulamanın, sanayinin ve ekosistemin ne şekilde etkileneceği belirlenerek alınması gereken tedbirler ortaya konulacaktır.

Marmara Havzası Kuraklık Yönetim Planının Hazırlanması Projesi işi kapsamında gerçekleştirilecek çalışmalar şunlardır:

1. Kuraklığın derecelerini (düşük, orta ve şiddetli kuraklık) belirlemek için ulusal ve uluslararası platformda kullanılan indis/indisler ve indikatörler değerlendirilerek havza şartlarına uygun olanların belirlenmesi.
2. Havza şartlarında kullanılması uygun olan kuraklık indisleri kullanılarak havzaya ait kuraklık analizinin yapılması, havzanın kuraklık hassasiyetinin belirlenmesi.
3. Kuraklık şartlarında havzadaki kısıtlı su kaynaklarının akılcı ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması için havza su bütçesi, iklim değişikliği projeksiyonları, nüfus projeksiyonları, planlanan içme suyu, sanayi, tarım ve turizm yatırımları dikkate alınarak gelecekteki su bütçesindeki değişimin tespit edilmesi.
4. Üretim payı/ekonomik değeri yüksek ve havza için önemli olan sektörler için kuraklık etkilenebilirlik analizinin gerçekleştirilmesi.

5. Sektörel su ihtiyacının ve kuraklık zafiyeti yüksek sektörlerin belirlenerek bu sektörlerin uyum kapasitelerinin ve yaşanması muhtemel kuraklıkların üzerlerinde oluşturacağı potansiyel risklerin tüm alt havzalar için ayrı ayrı tespit edilmesi.
6. Kuraklık durum tespitlerinin yapılmasının ardından, olası kuraklık durumlarının havzada oluşturduğu ve oluşturacağı ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerin belirlenmesi.
7. Havzada tespit edilen kuraklık ve su kıtlığı kaynaklı sorunlar ve etkilerinin çözüm önerileriyle beraber belirtilmesi.
8. İlgili projeksiyonlar (iklim, nüfus, vb.) dikkate alınarak, kuraklık ve su kıtlığının etkilerini azaltmak veya önlemek için; kuraklık öncesinde, esnasında ve sonrasında suyun optimum kullanımını ve tasarrufunu sağlayacak, çevresel hedefleri de dikkate alan tedbirlerin belirlenerek eylem planı hazırlanması.
9. Elde edilen veriler yardımıyla, havzada yaşanması muhtemel kurak dönemlerde yapılması gereken çalışmaların ve kuraklık göstergelerinin (Normal Durum, Ön Alarm Durumu, Alarm Durumu ve Acil Durum) yer aldığı Acil Durum Eylem Planı hazırlanması.
10. Sektörel analiz sonuçları göz önüne alınarak, suyun mevcut şartlarda ve değişik derecelerdeki kuraklık ve su kıtlığı şartlarında sürdürülebilir kullanımı hususunda önerilerde bulunulması.
11. Atıksuyun yeniden kullanımı hususu analiz edilerek kuraklık yönetimine etkileri ortaya konması.
12. CBS ortamında katmanlar şeklinde, havzaya ait meteorolojik, tarımsal, hidrolojik kuraklık haritalarının hazırlanması.
13. Kurumsal ve yasal çerçeve göz önüne alınarak, belirlenen tedbirleri uygulayacak ve denetleyecek model yönetim şekli ortaya konması.
14. Proje kapsamında elde edilen çıktıların gösterildiği web-tabanlı Marmara Havzası kuraklık veri tabanı hazırlanması.

1.4. Temel İlkeler

Kuraklık yönetiminin ilkeleri:

- Sürdürülebilir bir kuraklık yönetimi için havza bazında yapılacak çoklu tedbirleri içeren çalışmaların bir plan ve program çerçevesinde entegre bir yaklaşımla ele alınması,
- Kuraklığın vermiş olduğu zararları azaltmak için yapısal olan ve yapısal olmayan tedbirlerin alınması,
- Kurak dönemde zarar görme riskini azaltmak amacıyla suyun akılcı ve ekonomik olmayan kullanımını engelleyici stratejiler ile kuraklığın etkilerinin kontrol edilmesi ve azaltılması,
- Kuraklığın havza/alt havza ölçeğinde izlenmesinin sağlanması,
- Kuraklık yönetiminde kurumsal sorumluluklar ve düzenlemeler dahilinde sorumlu kuruluşların kuraklık öncesi, esnası ve sonrasında koordineli bir şekilde birlikte çalışmasıdır.

1.5. Sorumluluk

Bu yönetim planı, 10/07/2018 tarihli ve 30474 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanan “Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi”nin Tarım ve Orman Bakanlığının görev ve teşkilatının tanımlandığı on dördüncü bölümde yer alan 421. maddeye dayanılarak hazırlanmıştır.

1.6. Hedefler

Bu yönetim planının hedefleri:

- Muhtemel kuraklık riskleriyle karşılaşıldığında yaşanacak olan olumsuz etkilerin azaltılması, kuraklık problemlerinin çözüme kavuşturulması,
- Proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların izlenmesi ve değerlendirilmesinin belli periyotlarda yapılabilmesi için bir sistematığın ortaya konması,
- Kuraklık yönetiminde kapasite geliştirilmesi, koordinasyonun ve iş birliğinin sağlanması,
- Marmara Havzası’nda kuraklık farkındalığının arttırılması,

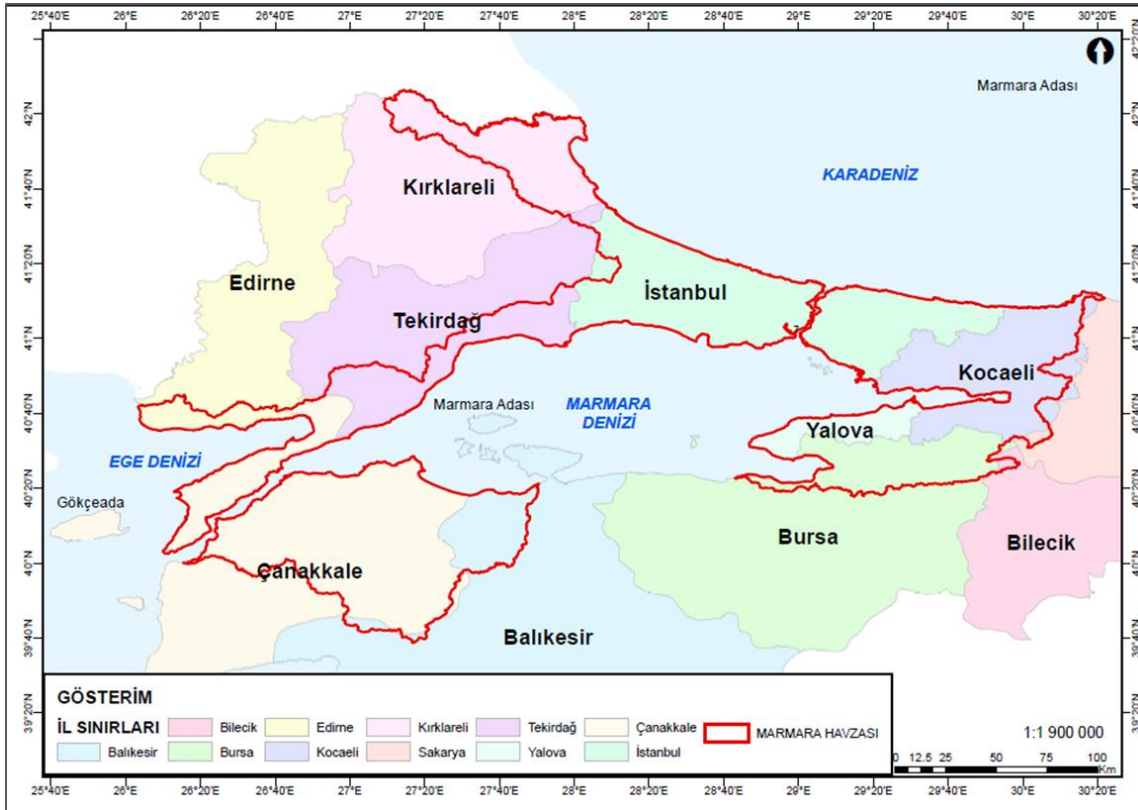
- İklim değişikliğinin kuraklık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve uyum stratejilerinin geliştirilmesidir.

2. KURAKLIK YÖNETİM PLANI UYGULAMA ALANI

2.1. Marmara Havzası

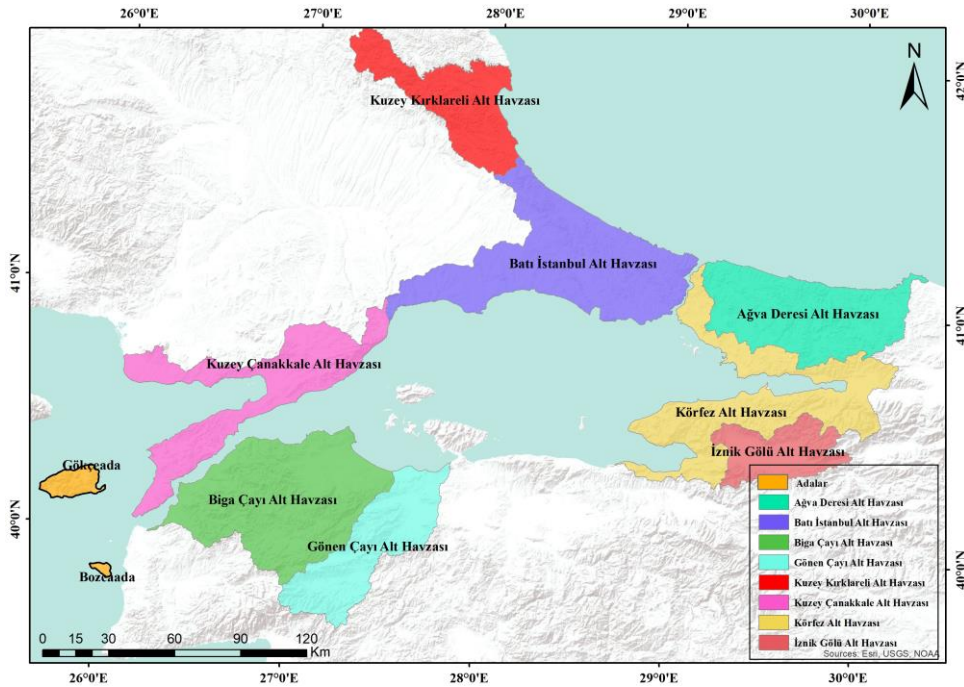
Marmara Havzası Trakya'da Kuru Dağı, Ganos Dağı ve Istranca uzantıları ile Anadolu'da kuzeyden itibaren Alem Dağı, Aydos Dağı, Kayalıdağ, Gökdağ, Avdan Dağı, Katırlı Dağı ile Kaz Dağı uzantıları ve Karadağ tarafından çevrelenmektedir. Susurluk Nehri haricinde, Marmara Denizi'ne dökülen tüm akarsuların yağış alanını kaplayan havza, alansal olarak Türkiye izdüşüm alanınının %3'ü kadardır. Havzadaki akarsular çoğunlukla çok büyük değildir ancak Marmara Denizi'ni ve havzadaki gölleri besleyen çok sayıda akarsu bulunmaktadır.

Marmara Havzası, ülkemizin nüfus yoğunluğu ve ekonomik etkinliği en fazla olan havzası olduğu ve binlerce yıldır dünyanın en önemli merkezlerinden biri olarak görülen İstanbul'u da içinde barındırdığı için, her anlamda hareketliliği yüksek bir havzadır. Su ihtiyaçları, su kullanımları ve kuraklığa karşı hassasiyeti de bu nedenle fazladır. 2020 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçlarına göre 83.614.362 kişilik toplam Türkiye Nüfusunun %22'si Marmara Havzası'nda yer almaktadır (TÜİK, 2020). Ayrıca yıllık ortalama eşdeğer hanehalkı kullanılabilir fert geliri 2020 yılında en yüksek İstanbul bölgesinde görülmüştür (TÜİK, 2021).



Şekil 2.1 Marmara Havzası sınırları içinde kalan iller

Marmara Havzası Kuraklık Yönetim Planı çalışması kapsamında, Şekil 2.2 üzerinde görüldüğü gibi Marmara Havzası'nda hidrolojik su ayırım çizgileri esas alınarak Biga Çayı Alt Havzası, Körfez Alt Havzası, Gönen Çayı Alt Havzası, İznik Gölü Alt Havzası, Ağva Deresi Alt Havzası, Batı İstanbul Alt Havzası, Kuzey Kırklareli Alt Havzası ve Kuzey Çanakkale Alt Havzası olarak toplam 8 alt havza yer almaktadır. Alt Havza'da yapılan çalışmaların yanı sıra, Gökçeada ve Bozcaada için kuraklık çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. Gökçeada ve Bozcaada, Türkiye'nin kuzeybatısında, Ege Denizi'nde bulunan iki adadır. Gökçeada, Türkiye'nin en büyük ikinci adasıdır ve Çanakkale ilinin ilçesi konumundadır. Bozcaada ise Çanakkale Boğazı'nın girişinde yer alan ve Türkiye'nin en küçük ilçesi olan bir adadır. Gökçeada'nın yüzölçümü yaklaşık 279 km², Bozcaada'nın yüzölçümü ise yaklaşık 39 km²'dir.

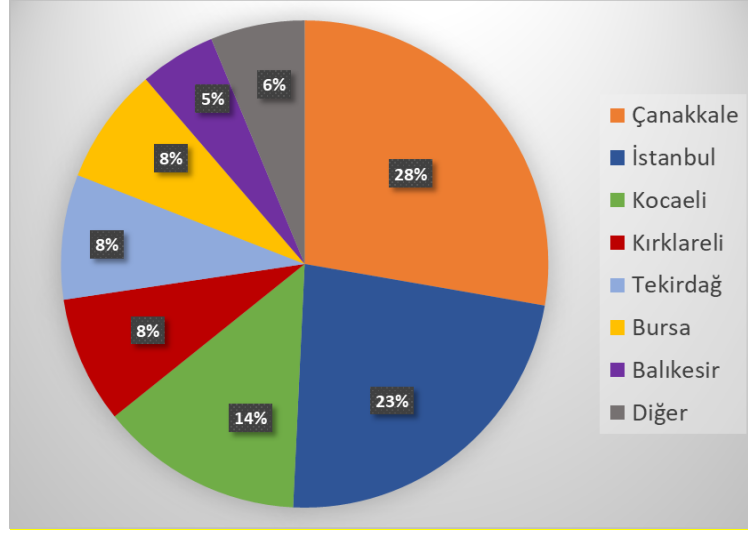


Şekil 2.2 Marmara Havzası Alt Havzalar Haritası

2.1.1. Yerleşim Yerleri

Havza sınırlarıyla alanı kesişen 11 il bulunmaktadır. Bunlar Çanakkale, İstanbul, Kocaeli, Kırklareli, Tekirdağ, Bursa, Balıkesir, Yalova, Edirne, Sakarya ve Bilecik'tir. Bu iller arasında havzanın yarısından fazlasını toplamda iki il, %28 ile Çanakkale ve %23 ile İstanbul oluşturmaktadır (Şekil 2.3). Ardından %14 ile Kocaeli, %8'er alan ile Kırklareli, Tekirdağ ve

Bursa gelmektedir. Balıkesir ili havzanın alansal olarak %5'ini oluştururken kalan %6 ise Yalova, Edirne, Sakarya ve Bilecik illeri ile tamamlanmaktadır (Tablo 2.1).



Şekil 2.3 Havzayı Oluşturan İllerin Alansal Dağılımları

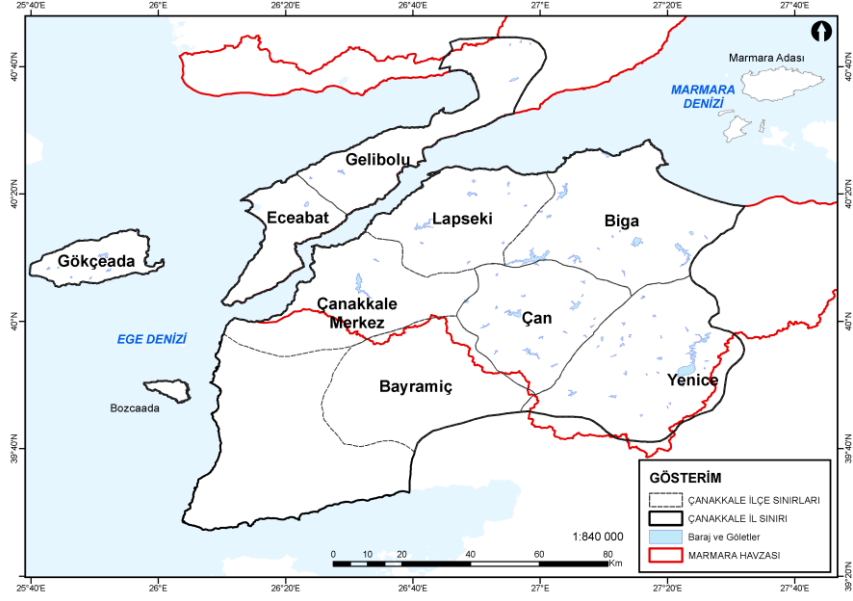
Tablo 2.1 Havzada Yer Alan İller ve Havza İçindeki Alanları

İl Adı	Toplam Alan (km ²)	İlin Havza İçindeki Alanı (km ²)	İl Alanının Havzaya Giren Kısmı (%)	Havzanın İllere Göre Dağılımı (%)
Çanakkale	9824,3	6399,8	65,1	27,7
İstanbul	5441,6	5313,9	97,7	23,0
Kocaeli	3433,7	3112,0	90,6	13,5
Kırklareli	6387,8	1942,5	30,4	8,4
Tekirdağ	6200,8	1911,8	30,8	8,3
Bursa	10756,2	1790,3	16,6	7,8
Balıkesir	14598,8	1164,6	8,0	5,0
Yalova	787,9	787,9	100,0	3,4
Edirne	6170,5	549,0	8,9	2,4
Sakarya	4827,0	62,7	1,3	0,3
Bilecik	4208,1	44,2	1,1	0,2

Havza içine dahil olan illerden yalnızca Yalova ilinin tamamı havza sınırları içindedir. İstanbul'un alansal olarak %97,7'si ve Kocaeli'nin %90,6'sı havza sınırlarının dahilindedir. Çanakkale ili alanının %65,1'i, Tekirdağ'ın %30,8'i ve Kırklareli'nin ise %30,4'lük alanı havzada yer almaktadır. Diğer illerin havza içinde kalan alanları kendi alanlarının %20'sinden daha azdır. 11 ilden toplam 96 ilçe havza alanına dahil olmaktadır.

2.1.1.1. Çanakkale

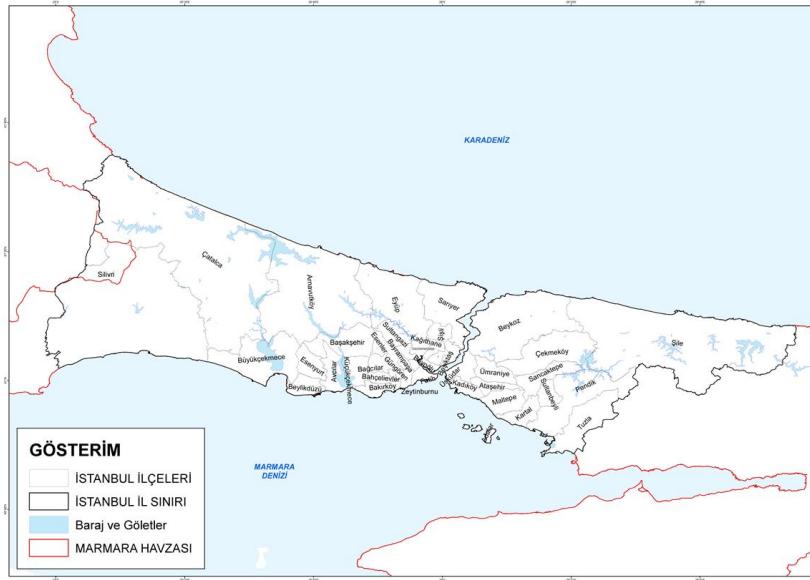
Türkiye'nin ve Marmara Bölgesi'nin batısında yer alan ve iki kıtayı birleştiren iki şehirden biri olan Çanakkale ilinin Biga, Yenice, Çan, Lâpseki, Gelibolu, Merkez, Eceabat ve Bayramiç, Gökçeada ilçeleri tamamen ya da kısmen Marmara Havzası içinde yer almaktadır.



Şekil 2.4 Çanakkale ili haritası

2.1.1.2. İstanbul

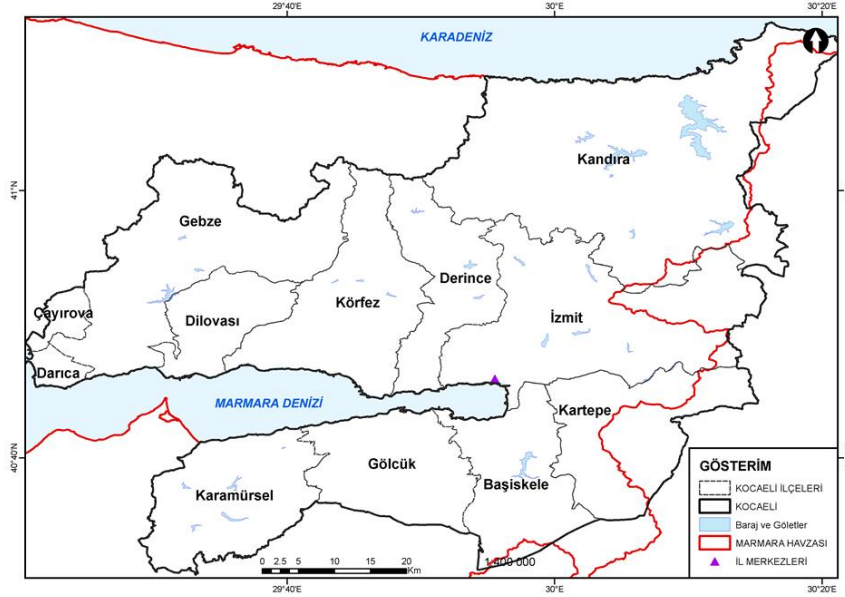
Türkiye'nin ekonomik, tarihi ve sosyo-kültürel olarak en önemli şehri olan İstanbul aynı zamanda ülkemizin nüfusu ve nüfus yoğunluğu en fazla olan ilidir. Her iki kıtaya yayılmış toplamda 39 ilçesiyle İstanbul'un çok büyük bir kısmı Marmara Havzası'nda yer almaktadır.



Şekil 2.5 İstanbul ili haritası

2.1.1.3. Kocaeli

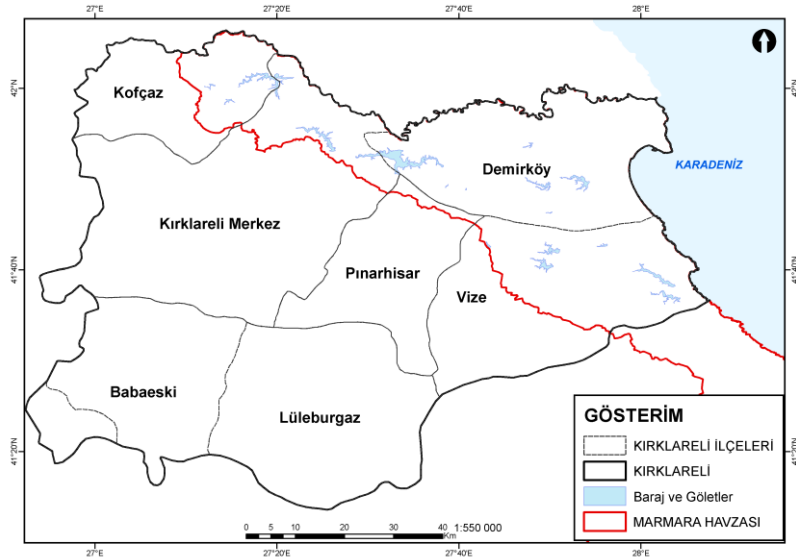
Türkiye'nin en büyük sanayi ve ticaret kentlerinden biri olan Kocaeli'nin büyük bölümü ve tüm ilçe merkezleri Marmara Havzası içinde yer almaktadır. İstanbul, Bursa, Sakarya, Yalova illeriyle komşu olan ilin Marmara Denizi'ne ve Karadeniz'e kıyısı bulunmaktadır.



Şekil 2.6 Kocaeli ili haritası

2.1.1.4. Kırklareli

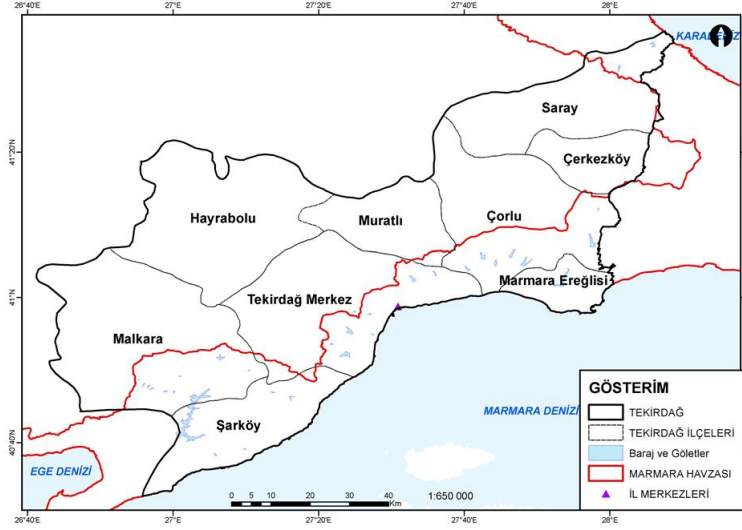
Kırklareli, Türkiye'nin Kuzeybatısında yer alan, Karadeniz'e kıyısı ve Bulgaristan'a sınırı olan şehridir. Tekirdağ ve Edirne'ye komşudur. İlin havzaya giren kısmı kuzeydoğusu ve Karadeniz kıyı bölümüdür.



Şekil 2.7 Kırklareli ili haritası

2.1.1.5. Tekirdağ

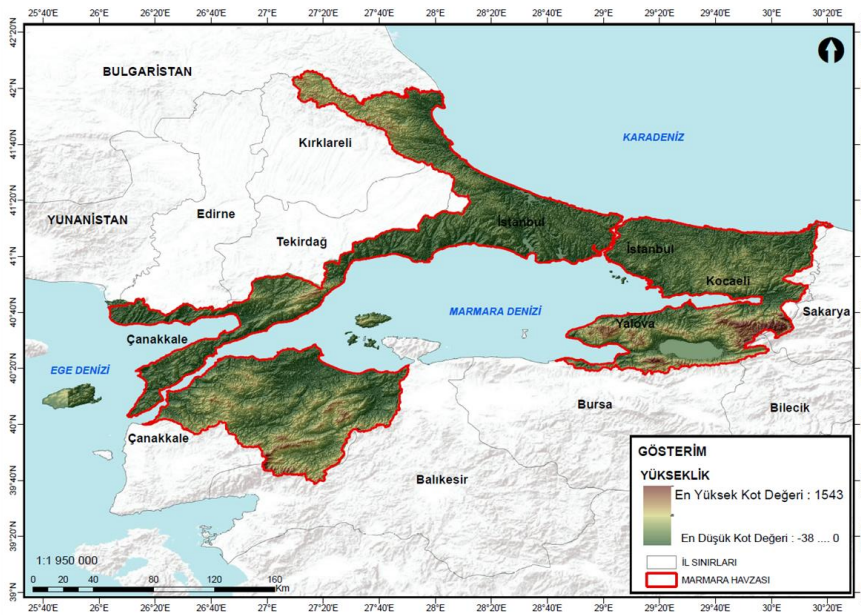
Tekirdağ, Marmara Denizi'nin kuzeybatısı boyunca uzanan, İstanbul, Çanakkale, Edirne ve Kırklareli ile komşu olan ve Karadeniz'e kısa bir kıyısı olan bir ildir. İlin %30,8'i havzaya girmekte ve havzanın %8,3'ünü oluşturmaktadır.



Şekil 2.8 Tekirdağ ili haritası

2.1.2. Coğrafi ve Topografik Durum

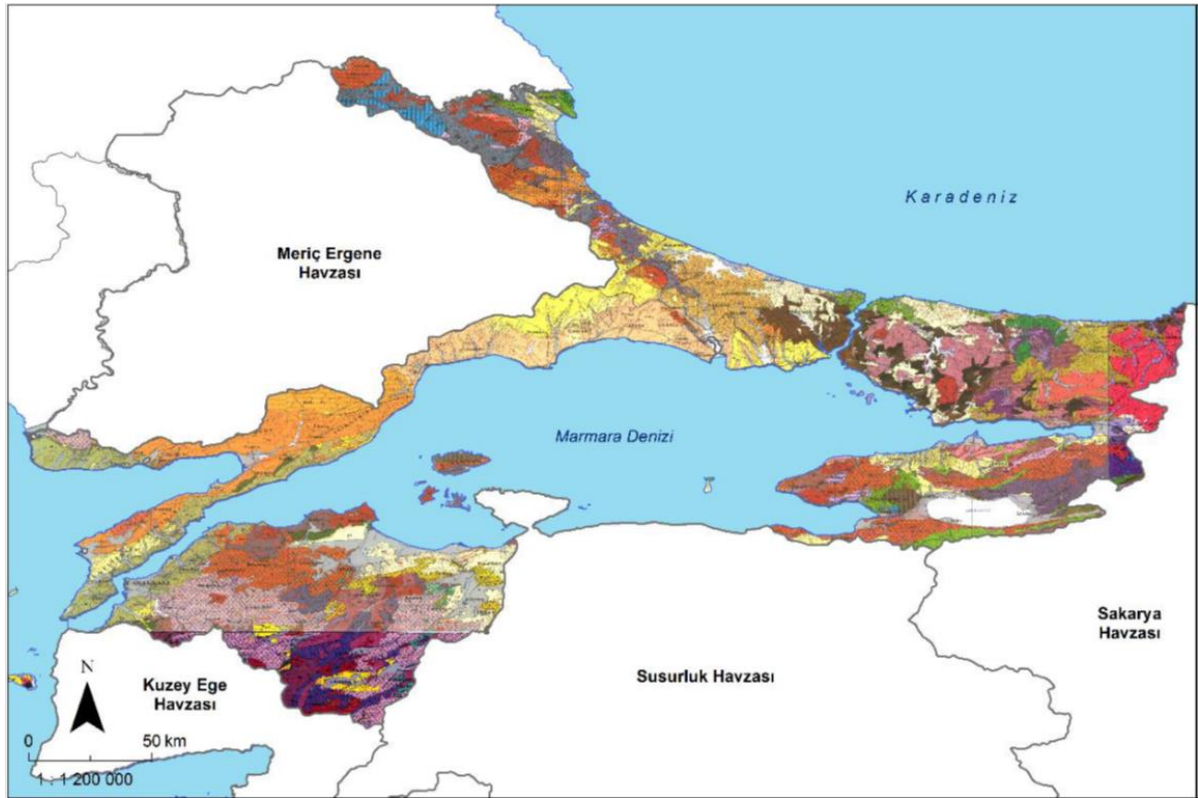
Marmara Havzası'nın da yer aldığı Marmara Bölgesi Türkiye'nin yükseltisi en az olan bölgesidir. Havza'nın büyük kısmı düşük rakımlı ovalar ve kent bölgelerinden oluşmaktadır. Havza'nın ortalama olarak en yüksek bölümü İznik gölü çevresi ve özellikle doğusudur.



Şekil 2.9 Marmara Havzası Fiziki Haritası

2.1.3. Genel Jeoloji

Havzanın jeolojisi Marmara Havzası Master Plan Raporu (DSİ, 2014) kapsamında üç bölümde incelenmiş olup bunlar Ağva, Körfez-İznik, Biga havzalarıdır. Ağva Alt Havzası geniş bir zaman aralığında oluşmuş çok sayıda birimi kapsadığı ve güncel tektonik hareketlerin etkin olduğu Marmara bölgesinde yer alması dolayısıyla, geçtiğimiz iki yüzyıldır uluslararası olarak birçok çalışmanın konusu olmuştur. Istranca Dağlarının da büyük bölümünü oluşturan ve İstanbul ili içindeki iki birlikten biri olan metamorfizma göstermeyen stratigrafi birimi topluluğu ise İstanbul Birliği olarak isimlendirilir. İstanbul'daki metamorfizma göstermeyen stratigrafi birimi topluluğu ise İstanbul Birliği olarak isimlendirilir. Bu birlik, İstanbul Boğazı'nın her iki yakasında, özellikle Kocaeli Yarımadası'nda geniş alanlar kaplayan Paleozoyik ve Erken Mesozoyik yaşta metamorfizma göstermeyen kaya birimlerini içerir. Körfez Alt Havzası ve Marmara Bölgesi'nin şekillenmesinde Miyosen'den günümüze dek Kuzey Anadolu Fayı'nın rolü büyüktür. Bölgede tektonik hareketler sıklıkla görülür. İzmit Körfezi'nden geçen fay ile birlikte bölgenin sismik bakımdan aktif olduğu bilinmektedir. Biga ve Gönen Çayı Alt Havzasını da içinde barındıran Kuzeybatı Anadolu Bölgesinin aktif tektonizması, iki önemli jeolojik olayın etkisi altında gelişmiştir. Bunlar: Ege dalma-batma sistemi ve Arabistan levhasının Bitlis suture kuşağı boyunca Anadolu'yu kuzey yönünde sıkıştırmasıdır.



Şekil 2.10 Marmara Havzası Jeoloji Haritası (2002) (SYGM, 2016)

2.2. Demografik Ve Sosyo-Ekonomik Yapı

Bu bölümde, havzanın demografik ve sosyoekonomik yapısının incelenmesi amacıyla, nüfus, eğitim, sağlık, sosyoekonomik durum, tarım, hayvancılık, madencilik, sanayi, kültür ve turizm ile ekosistem konuları incelenmektedir.

2.2.1. Nüfus

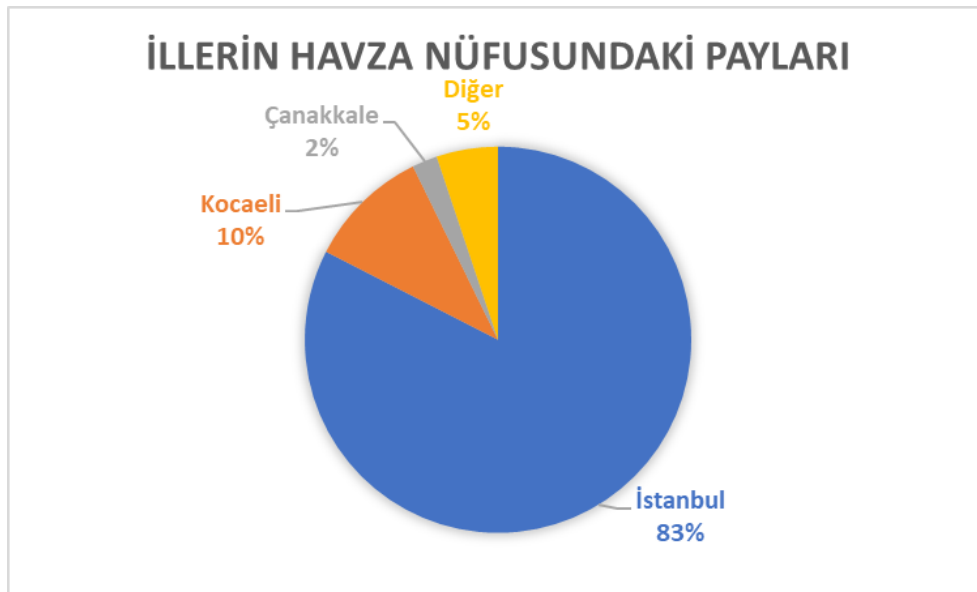
Marmara Havzası, Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'u ve yoğun nüfuslu Kocaeli'yi içinde barındıran bir havza olarak büyük bir nüfusa ev sahipliği yapmaktadır. Havza nüfusu hesaplanırken, havza sınırlarına dahil olan tüm ilçelerin 2020 nüfusları TÜİK üzerinden elde edilmiş ve alansal olarak havzaya girme oranlarıyla oranlanmıştır (TÜİK, 2020). Bu hesaplama sonucunda havzanın toplam nüfusu 18.682.382 olarak belirlenmiştir.

Tablo 2.2 Havzada yer alan ilçelerin toplam ve havza içi nüfusları

Havza içindeki il ve ilçeler		İlçenin havza içinde kalan alan oranı	İlçenin Toplam Nüfusu (TÜİK, 2020)	İlçenin Havza İçi Nüfusu (TÜİK, 2020)
il	ilçe			
Balıkesir	Balya	0.10	12 878	13
Balıkesir	Bandırma	9.70	158 857	15 413
Balıkesir	Edremit	4.76	161 145	7 678
Balıkesir	Gönen	83.06	74 894	62 209
Balıkesir	Havran	12.11	27 988	3 389
Bilecik	Osmaneli	9.58	21 072	2 018
Bursa	Gemlik	100.00	115 404	115 404
Bursa	Gürsu	14.38	96 985	13 947
Bursa	İznik	95.08	44 102	41 934
Bursa	Kestel	1.49	70 865	1 058
Bursa	Mudanya	23.37	102 523	23 955
Bursa	Orhangazi	100.00	80 118	80 118
Bursa	Osmangazi	1.76	881 459	15 496
Bursa	Yenişehir	3.92	54 315	2 130
Çanakkale	Bayramiç	7.18	29 302	2 103
Çanakkale	Biga	100.00	90 274	90 274
Çanakkale	Çan	100.00	48 376	48 376
Çanakkale	Çanakkale-Merkez	73.37	184 184	135 142
Çanakkale	Eceabat	100.00	8 863	8 863
Çanakkale	Gelibolu	97.62	43 581	42 543
Çanakkale	Gökçeada	100.00	10 106	10 106
Çanakkale	Lapseki	100.00	28 313	28 313
Çanakkale	Yenice	93.28	31 023	28 937
Edirne	Enez	64.18	10 667	6 847
Edirne	Keşan	22.20	83 399	18 511
İstanbul	Arnavutköy	100.00	296 709	296 709

Havza içindeki il ve ilçeler		İlçenin havza içinde kalan alan oranı	İlçenin Toplam Nüfusu (TÜİK, 2020)	İlçenin Havza İçi Nüfusu (TÜİK, 2020)
il	ilçe			
İstanbul	Ataşehir	100.00	422 594	422 594
İstanbul	Avcılar	100.00	436 897	436 897
İstanbul	Bağcılar	100.00	737 206	737 206
İstanbul	Bahçelievler	100.00	592 371	592 371
İstanbul	Bakırköy	100.00	226 229	226 229
İstanbul	Başakşehir	100.00	469 924	469 924
İstanbul	Bayrampaşa	100.00	269 950	269 950
İstanbul	Beşiktaş	100.00	176 513	176 513
İstanbul	Beykoz	100.00	246 110	246 110
İstanbul	Beylikdüzü	100.00	365 572	365 572
İstanbul	Beyoğlu	100.00	226 396	226 396
İstanbul	Büyükçekmece	100.00	257 362	257 362
İstanbul	Çatalca	100.00	74 975	74 975
İstanbul	Çekmeköy	100.00	273 658	273 658
İstanbul	Esenler	100.00	446 276	446 276
İstanbul	Esenyurt	100.00	957 398	957 398
İstanbul	Eyüpsultan	100.00	405 845	405 845
İstanbul	Fatih	100.00	396 594	396 594
İstanbul	Gaziosmanpaşa	100.00	487 778	487 778
İstanbul	Güngören	100.00	280 299	280 299
İstanbul	Kadıköy	100.00	481 983	481 983
İstanbul	Kağıthane	100.00	442 415	442 415
İstanbul	Kartal	100.00	474 514	474 514
İstanbul	Küçükçekmece	100.00	789 633	789 633
İstanbul	Maltepe	100.00	515 021	515 021
İstanbul	Pendik	100.00	726 481	726 481
İstanbul	Sancaktepe	100.00	456 861	456 861
İstanbul	Sarıyer	100.00	335 298	335 298
İstanbul	Silivri	90.93	200 215	182 047
İstanbul	Sultanbeyli	100.00	343 318	343 318
İstanbul	Sultangazi	100.00	537 488	537 488
İstanbul	Şile	100.00	37 904	37 904
İstanbul	Şişli	100.00	266 793	266 793
İstanbul	Tuzla	100.00	273 608	273 608
İstanbul	Ümraniye	100.00	713 803	713 803
İstanbul	Üsküdar	100.00	520 771	520 771
İstanbul	Zeytinburnu	100.00	283 657	283 657
Kırklareli	Demirköy	100.00	8 829	8 829
Kırklareli	Kırklareli-Merkez	16.43	101 451	16 673
Kırklareli	Kofçaz	38.06	2 282	869
Kırklareli	Pınarhisar	5.33	17 828	950
Kırklareli	Vize	55.29	28 606	15 816
Kocaeli	Başiskele	100.00	108 185	108 185
Kocaeli	Çayırova	100.00	140 274	140 274
Kocaeli	Darıca	100.00	214 796	214 796
Kocaeli	Derince	100.00	143 884	143 884
Kocaeli	Dilovası	100.00	51 060	51 060

Havza içindeki il ve ilçeler		İlçenin havza içinde kalan alan oranı	İlçenin Toplam Nüfusu (TÜİK, 2020)	İlçenin Havza İçi Nüfusu (TÜİK, 2020)
il	ilçe			
Kocaeli	Gebze	100.00	392 945	392 945
Kocaeli	Gölcük	100.00	170 503	170 503
Kocaeli	İzmit	77.99	365 893	285 373
Kocaeli	Kandıra	89.29	52 268	46 671
Kocaeli	Karamürsel	100.00	58 412	58 412
Kocaeli	Kartepe	58.07	125 974	73 158
Kocaeli	Körfez	100.00	173 064	173 064
Sakarya	Kaynarca	2.40	24 271	582
Sakarya	Pamukova	16.59	29 974	4 972
Sakarya	Serdivan	0.03	148 802	40
Tekirdağ	Çerkezköy	0.40	185 234	746
Tekirdağ	Çorlu	42.53	279 251	118 756
Tekirdağ	Malkara	26.64	52 101	13 878
Tekirdağ	Marmaraereğlisi	100.00	27 061	27 061
Tekirdağ	Muratlı	4.06	29 892	1 213
Tekirdağ	Saray	15.08	50 248	7 577
Tekirdağ	Şarköy	100.00	32 658	32 658
Tekirdağ	Tekirdağ-Merkez-Süleymanpaşa	36.57	203 617	74 464
Yalova	Altınova	100.00	30 780	30 780
Yalova	Armutlu	100.00	9 901	9 901
Yalova	Çiftlikköy	100.00	44 808	44 808
Yalova	Çınarcık	100.00	34 699	34 699
Yalova	Termal	100.00	6 532	6 532
Yalova	Yalova-Merkez	100.00	149 330	149 330
			TOPLAM	18 692 488



Şekil 2.11 İllerin Havza Nüfusundaki Payları

2.2.2. Eğitim

Havzanın eğitim durumunun ortaya konması için (TÜİK, 2020) verilerinden havza illerindeki ilkokul, ortaokul ve ortaöğretim düzeyindeki öğretmen, okul ve öğrenci sayıları derlenmiştir.

Tablo 2.3 Havzadaki illerde Öğretmen, Okul ve Öğrenci Sayısı (TÜİK, 2020)

		Balıkesir	Bursa	Çanakkale	Edirne	İstanbul	Kırklareli	Kocaeli	Sakarya	Tekirdağ	Yalova
İlkokul	Öğretmen Sayısı	3.910	9.964	1.612	1.268	43.685	942	6.931	3.744	3.192	873
	Okul Sayısı	330	499	127	107	1.600	81	348	278	179	61
	Öğrenci Sayısı	54.822	188.698	23.135	16.519	917.466	14462	121.760	57.697	60.107	14248
Ortaokul	Öğretmen Sayısı	5.089	11.468	1.998	1.500	47.738	1153	8.187	4.292	3.539	1098
	Okul Sayısı	263	531	111	97	1.791	74	360	269	180	68
	Öğrenci Sayısı	60.795	196.287	24.790	17.618	990.111	15978	130.507	63.483	63.657	15457
Ortaöğretim	Öğretmen Sayısı	5.587	14.680	2.447	1.873	59.507	1356	9.174	4.949	4.216	1238
	Okul Sayısı	190	436	105	75	1.848	59	296	160	147	48
	Öğrenci Sayısı	66.137	193.586	26.159	18.140	1.053.598	17215	141.798	69.394	64.880	15886

2.2.3. Sağlık

Tablo 2.4 ile görüldüğü üzere, nüfusıyla orantılı olarak en çok hastane ve yatak sayısı İstanbul'da yer almaktadır.

Tablo 2.4 Havzadaki illerin hastane ve yatak sayıları (TÜİK, 2019)

İl	Tür	Hastane Sayısı (2019)	Yatak Sayısı (2019)
Çanakkale	Toplam	14	1685
	Sağlık Bakanlığı	11	1061
	Üniversite	1	510
	Özel	2	114
İstanbul	Toplam	235	40697
	Sağlık Bakanlığı	54	19806
	Üniversite	16	5849
	Özel	165	15042
Kırklareli	Toplam	10	912
	Sağlık Bakanlığı	6	637
	Üniversite	-	-
	Özel	4	275
Kocaeli	Toplam	28	4559
	Sağlık Bakanlığı	10	2413
	Üniversite	1	727
	Özel	17	1419
Tekirdağ	Toplam	19	2748
	Sağlık Bakanlığı	10	1511
	Üniversite	1	366
	Özel	8	871

2.2.4. Sosyo-Ekonomik Durum

Marmara Havzası'nın büyük çoğunluğunu içinde bulunduran Marmara Bölgesi, ülkemizin nüfus yoğunluğu en fazla ve sanayi üretiminin en yoğun olduğu bölgesidir. TÜİK tarafından Haziran 2021'de yayınlanan Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması 2020 yılı sonuçlarına göre, Türkiye'de yıllık ortalama eşdeğer hanehalkı kullanılabilir fert geliri 2020 yılında 33 bin 428 TL iken, İBBS 1. Düzey bölgeleri itibarıyla en yüksek olduğu bölge, 49 bin 239 TL ile TR1 (İstanbul) bölgesi olmuştur. Bu bölgeyi, 38 bin 022 TL ile Batı Anadolu bölgesi takip etmiştir. Bu sonuçlar bir önceki takvim yılı olan 2019 yılını referans almakla birlikte, gelir hesaplamalarında, hanehalkı gelirleri hanehalkı büyüklüğü ve kompozisyonu dikkate alınmıştır (TÜİK, 2021).

Tablo 2.5 Havza İllerinin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Endeks Değeri (SEGE, 2017)

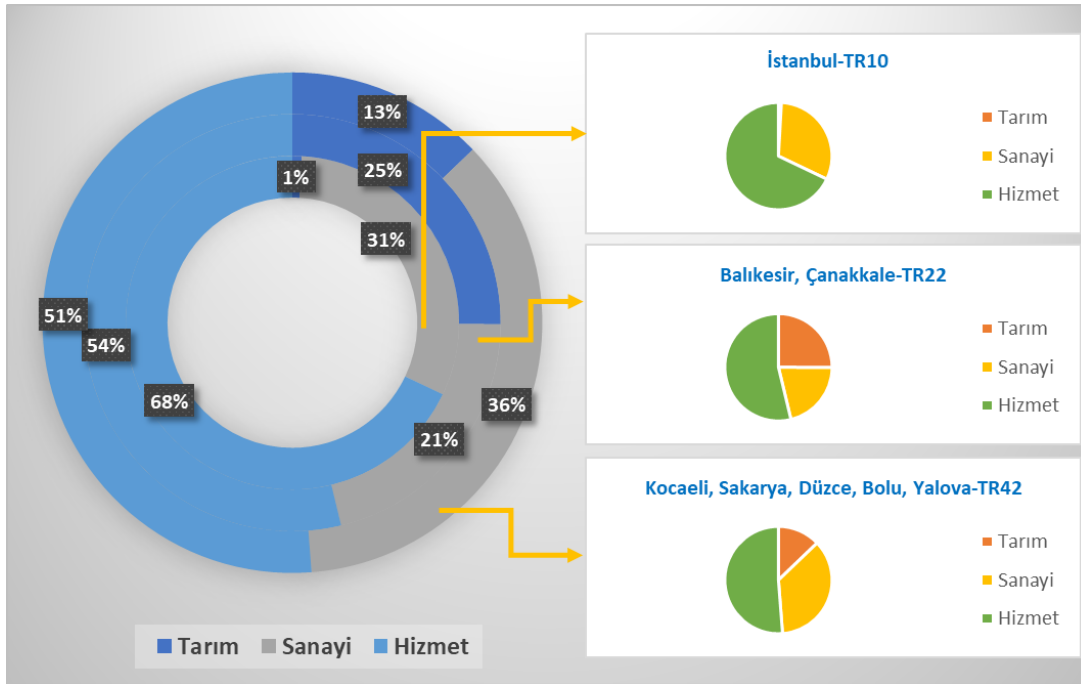
İller	SEGE-2017 Sırası	Endeks Değeri
Çanakkale	20	0,548
İstanbul	1	4,051
Kocaeli	4	1,787
Kırklareli	18	0,557
Tekirdağ	9	1,014
Bursa	6	1,336
Balıkesir	24	0,476

Marmara Havzası içinde alansal olarak %5'ten fazla yer kaplayan yedi ilden dört tanesi olan İstanbul, Kocaeli, Tekirdağ ve Bursa birinci kademe gelişmiş iller grubundadır. Bu yedi ilden kalan üçü Çanakkale, Kırklareli ve Balıkesir ise ikinci kademe gelişmiş illerdendir (SEGE, 2017). Bu değerlendirmeye göre Marmara Havzası'nın Türkiye'nin en gelişmiş havzası olduğunu söylemek yanlış olmaz.

Yine bu çalışmaya göre İstanbul ülkenin hem sanayi ve üretim hem de finans merkezidir. İmalat sanayii işyerlerinin yaklaşık yüzde 36'sı ve ülke genelindeki OSB'lerde üretim yapılan parsellerin yarısı İstanbul'da bulunmaktadır. Toplam banka kredilerinin yüzde 42,5'i ve toplam tasarruf mevduatının yaklaşık yüzde 40'ı İstanbul'da bulunmaktadır. Yine Türkiye'deki vergi gelirlerinin yüzde 46,8'i İstanbul'dan toplanmaktadır (SEGE, 2017). Havza içinde yer alan ve

topraklarının %90'ından fazlası havzada yer alan Kocaeli ili de Türkiye'nin en gelişmiş illeri sıralamasında dördüncü olarak görülmekte, kişi başına düşen merkezî bütçe geliri değişkeninde ilk sırada yer alırken, kişi başına ihracat değişkeninde de ikinci sırada yer almaktadır (SEGE, 2017). Alanının büyük çoğunluğu havzada bulunan (%65,1) Çanakkale ili ise, gelişmişlik sıralamasında 20. olup ikinci gelişmişlik kademesinde yer almakta, kişi başı sanayi elektrik tüketimi değişkeninde 6.192 kWh'lik değeriyle Türkiye ortalamasının (1.258 kWh) çok üzerinde kalarak birinci konumda, okuryazar kadın oranında da yüzde 97,1'le ikinci konumdadır (SEGE, 2017).

Havza illerini içeren bölgelerde istihdamın sektörlere göre dağılımı incelendiğinde İstanbul Bölgesi için tarım sektöründe istihdamın %1 civarı ile en düşük, hizmet sektörü istihdamının %68 ile en yüksek olduğu göze çarpmaktadır. İstanbul bölgesinde Sanayi sektörü ise istihdamın %31'ini oluşturmaktadır. Şehirleşmenin ve nüfus yoğunluğunun çok yüksek olduğu bu bölge için tarımda istihdamın daha düşük, hizmet sektöründe istidamın ise çok yüksek olması beklenen bir sonuçtur. İstanbul'un büyük nüfusunun istihdamının yaklaşık 3'te 1'inin sanayi sektöründe çalışması ise sanayi üretiminin kalbi olarak kabul edilmesinde önemli rol oynamaktadır.



Şekil 2.12 Havza illerinde istihdamın sektörlere göre dağılımı (TÜİK, 2020)

Havzanın önemli illerinden Çanakkale ve Balıkesir ile TÜİK tarafından 26 bölge düzeyinde TR22 olarak birlikte değerlendirilmiştir. Bu bölgede istihdamın %54'ü hizmet, %25'i tarım ve

%21'i sanayi sektöründedir. Tarım ve sanayi arasında istihdam paylaşımının dengeli olduğu görülmektedir.

Havzanın alan ve nüfus olarak önemli bir bölümünü oluşturan Kocaeli ilinin içinde bulunduğu TR42 bölgesi, sanayi sektörünün ağırlıkta olduğu bir bölgedir. Nüfusun yoğunluğuyla birlikte istihdamın %54'ü hizmet sektöründe çalışırken %36 gibi büyük bir oranının sanayi sektöründe çalıştığı görülmektedir. Verimli ovalara da ev sahipliği yapan bölgede, istihdamın %13'ü ise tarım sektöründe çalışmaktadır.

2020 yılı toplam ithalat ve ihracat verilerine (TÜİK, 2020) bakıldığında İstanbul'un hem ithalat hem ihracatta diğer illerden çok önde olduğu göze çarpmaktadır. Ardından Kocaeli ve Bursa gelmektedir. Çanakkale ise hem ithalat hem ihracatta bu yedi il arasında sonuncudur.

Tablo 2.6 Havza illerinin 2020 yılı toplam ithalat ve ihracat değerleri (TÜİK, 2020)

İller	Toplam ithalat (bin \$)	Toplam ihracat (bin \$)
Balıkesir	426,107	610,496
Bursa	7,150,578	9,082,268
Çanakkale	65,981	132,411
İstanbul	120,888,023	79,899,363
Kırklareli	165,287	182,476
Kocaeli	9,309,621	7,713,047
Tekirdağ	1,123,750	1,288,866

Tablo 2.7 Havzada 15 ve daha yukarı yaştaki kurumsal olmayan nüfusun işgücü durumu (TÜİK, 2020)

Bölge Kodu	Bölge Adı	15 ve daha yukarı yaştaki nüfus	İşgücü	İstihdam	İşsiz	İşgücüne dahil olmayan nüfus	İşgücüne katılma oranı (%)	İşsizlik oranı (%)	Tarım dışı işsizlik oranı (%)	İstihdam oranı (%)
TR1	İstanbul	11.964.000	6.289.000	5.363.000	926.000	5.675.000	52,6	14,7	14,8	44,8
TR22	Balıkesir, Çanakkale	1.421.000	678.000	625.000	53.000	743.000	47,7	7,8	10,1	44

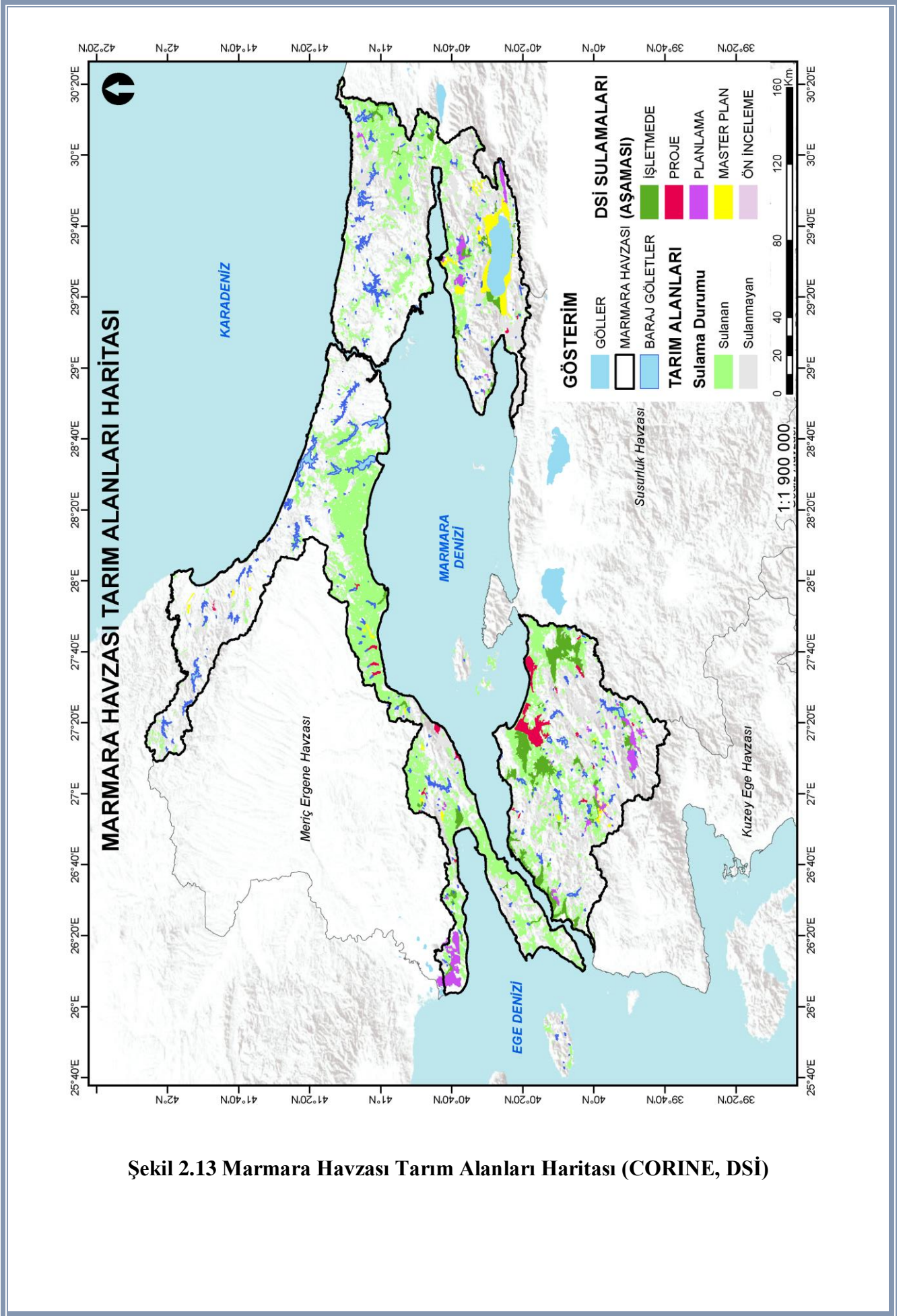
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	3.034.000	1.535.000	1.347.000	187.000	1.499.000	50,6	12,2	13,6	44,4
------	--	-----------	-----------	-----------	---------	-----------	------	------	------	------

2.2.5. Tarım

Marmara Havzası, her ne kadar İstanbul ve Kocaeli gibi sanayi üretiminin çok yüksek olduğu iki ilin büyük bölümünü içerse de Çanakkale ve Balıkesir gibi tarım üretimi de yapılan illeri de barındırmaktadır. Bu bölümde TÜİK veritabanından elde edilen bitkisel üretim verileri il alanı çok büyük ölçüde havza içinde bulunan ve tarım üretimi ikincil önemde olan İstanbul ve Kocaeli ile topraklarının tamamı havzada bulunan Yalova için il bazlı, diğer iller için ise havza içinde kalan ilçeler göz önünde bulundurularak incelenmiştir.

2.2.5.1. Tarım Alanları

Havzadaki tarım alanları belirlenirken, 2020 yılına ait TÜİK bitkisel üretim istatistikleri kullanılmıştır (TÜİK, 2020). İstanbul, Kocaeli ve Yalova illerinin alanlarının çok büyük kısmı havzada bulunduğu için bu illerdeki tarım alanlarının tamamı havza tarım alanlarına dahil edilmiştir. Diğer iller için ise, tamamı veya bir bölümü havza içinde bulunan ilçelerin tarım alanları, o ilçenin havza içinde kalan yüzdesi ile çarpılarak dahil edilmiştir. Buna göre Marmara Havzası'nda toplam tarım alanları 565.665 hektardır. Bu alana en büyük katkının 202.754 hektarının Çanakkale tarım alanlarından kaynaklandığı ve bunun havzadaki toplam tarım alanının %36'sı olduğu görülmektedir. Çanakkale'yi Kocaeli, İstanbul ve Tekirdağ takip etmektedir.



Şekil 2.13 Marmara Havzası Tarım Alanları Haritası (CORINE, DSI)

Tablo 2.8 Havzadaki tarım alanları (TÜİK,2020)

İl	İlçe	Tarım Alanı (hektar)	İlçenin havza içinde kalan alan yüzdesi	Oranlanmış tarım alanı (hektar)
Yalova	Tümü	11,503	100%	11,503
İstanbul	Tümü	74,064	100%	74,064
Kocaeli	Tümü	79,520	100%	79,520
Balıkesir	Balya	8,199	0.1%	8
	Bandırma	32,752	10%	3,178
	Edremit	21,698	5%	1,034
	Gönen	40,408	83%	33,564
	Havran	13,809	12%	1,672
Bursa	Gemlik	8,803	100%	8,803
	Gürsu	4,411	14%	634
	İznik	15,659	95%	14,890
	Kestel	8,597	1%	128
	Mudanya	18,032	23%	4,213
	Orhangazi	13,191	100%	13,191
	Osmangazi	15,861	2%	279
	Yenişehir	32,799	4%	1,286
Çanakkale	Bayramiç	31,904	7%	2,290
	Biga	59,949	100%	59,949
	Çan	21,377	100%	21,377
	Eceabat	16,152	100%	16,152
	Gelibolu	38,875	98%	37,949
	Gökçeada	28,701	100%	28,701
	Lâpseki	21,016	100%	21,016
	Çanakkale Merkez	24,137	73%	17,710
	Yenice	28,208	93%	26,312
Edirne	Enez	13,561	64%	8,704
	Keşan	55,947	22%	12,418
Kırklareli	Demirköy	455	100%	455
	Kofçaz	8,420	38%	3,205
	Kırklareli Merkez	51,642	16%	8,487
	Pınarhisar	16,383	5%	873
	Vize	19,991	55%	11,053
Tekirdağ	Çorlu	29,793	43%	12,670
	Malkara	75,059	27%	19,993
	Marmaraeğlisi	14,989	100%	14,989
	Muratlı	32,469	4%	1,318
	Saray	31,781	15%	4,793
	Şarköy	15,987	100%	15,987
Havzadaki Toplam Tarım Alanı (hektar) (2020)				594,366

Tablo 2.9 Havza içi tarım alanlarının illere göre dağılımı (TÜİK,2020)

İl	Havza içinde yer alan tarım alanı (hektar)	İllerin havza tarım alanına katkısı (yüzde)
Çanakkale	231,455	39%
Kocaeli	79,520	14%
İstanbul	74,064	12%
Tekirdağ	69,749	11%
Bursa	43,425	7%
Balıkesir	39,456	7%
Kırklareli	24,073	4%
Edirne	21,122	4%
Yalova	11,503	2%
TOPLAM	594,367	

2.2.5.2. Tarımsal Üretim

Havzadaki tarımsal üretimi incelemek amacıyla, her bir bitkisel üretim kategorisi ve ürün için üretimin yapıldığı alan ve üretim miktarı havzadaki ilçeler için elde edilmiştir. Bu değerler ilçelerin havzada kalma oranları ile çarpılarak havza toplamları hesaplanmıştır. Rapor içinde havza toplamları, ekte ise her ilçe için sonuçlar sunulmuştur.

2.2.5.3. Tahıllar

Havza toplamına ulaşmak için havzada yer alan ilçelere ait veriler ilçenin havzaya giren alanı oranında hesaba dahil edilmiştir. Havza genelinde tahıllar arasında üretiminin %29'unu Silajlık Mısır oluşturmaktadır. Bunu %17 ile durum buğdayı haricindeki buğday ve %14 ile Yulaf takip etmektedir (TÜİK, 2020).

Tablo 2.10 Havzadaki Tahıl Üretimi (TÜİK, 2020)

Ürün	Hasat Edilen Alan (hektar)	Üretim Miktarı (ton)
Adaçayı	35	50
Arpa (Biralık)	68	280
Arpa (Diğer)	39653	134424
Arpa (Yeşilot)	1263	23954
Aspir Tohumu	127	235
Ayçiçeği Tohumu (Çerezlik)	144	463
Ayçiçeği Tohumu (Yağlık)	70934	190876
Bakla, Kuru (İnsan Tüketimi İçin)	241	645
Bakla, Kuru (Yemlik)	325	962
Bezelye (Yemlik)	3047	62833
Bezelye, Kuru	53	131
Börülce, Kuru	23	50
Buğday (Hasıl/Yeşilot)	2895	61476
Buğday, Durum Buğdayı Hariç	188460	692332
Burçak (Dane)	0.9	2
Çavdar (Yeşilot)	451	10845
Çavdar	1874	6381
Çayır Otu (Yeşilot)	215	4250
Çeltik	20048	164313
Fasulye, Kuru	1058	2129
Fiğ (Adi) (Yeşil Ot)	6400	84601
Fiğ (Adi) Tohumu	22	53
Fiğ (Diğer) (Yeşil Ot)	10	60
Fiğ (Diğer) Tohumu	4	4
Fiğ (Macar) (Yeşil Ot)	1215	26985
Hayvan Pancarı	57	3439
İtalyan Çimi (Yemlik)	7364	333321
Kanola veya Kolza Tohumu	8699	27606
Korunga (Yeşilot)	261	3624
Kuş Yemi	20	50
Lavanta	126	179
Mercimek, Kuru (Kırmızı)	0.1	0
Mercimek, Kuru (Yeşil)	5	6
Mısır (Hasıl)	183	3500
Mısır (Silaj)	25674	1212004
Mısır	6748	44651
Nohut, Kuru	931	1258
Pamuk Çekirdeği (Çiğit)	0.5	1
Pamuk, Çırcırlanmamış (Kütlü)	0.5	2
Pamuk, Çırcırlanmış (Lifli)	0.5	1
Patates (Tatlı Patates Hariç)	63	1389
Sorgum (Yeşilot)	375	16996
Soya Fasulyesi	9	45
Susam Tohumu	375	349
Şeker Pancarı	92	5574
Tatlı Patates	4	45
Triticale (Yeşilot)	1700	36890

Ürün	Hasat Edilen Alan (hektar)	Üretim Miktarı (ton)
Triticale	2121	8367
Tütün, İşlenmemiş	67	88
Üçgül (Yeşilot)	5	96
Yem Şalgamı	611	28228
Yerfıstığı, Kabuklu	10	17
Yonca (Yeşilot)	8187	343139
Yulaf (Yeşilot)	28691	590373
Yulaf	11006	33771

2.2.5.4. Sebzeler

Havza toplamına ulaşmak için havzada yer alan ilçelere ait veriler ilçenin havzaya giren alanı oranında hesaba dahil edilmiştir. Havza genelinde sebzeler arasında üretiminin %35'ini sofralık domates oluşturmaktadır. Bunu %17 ile salçalık kapy biber ve %16 ile salçalık domates takip etmektedir (TÜİK, 2020).

Tablo 2.11 Havzadaki Sebze Üretimi (TÜİK, 2020)

Ürün	Ekilen Alan (hektar)	Üretim Miktarı (ton)
Bakla, Taze	300	2910
Bal Kabağı	213	5877
Bamya	129	669
Barbunya, Taze	405	4542
Bezelye, Taze	531	4738
Biber (Çarliston)	51	1057
Biber (Dolmalık)	264	4335
Biber (Salçalık, Kapy)	5874	211957
Biber (Sivri)	1259	23343
Börülce, Taze	47	361
Brokoli	128	2294
Dereotu	57	524
Domates (Salçalık)	2761	195409
Domates (Sofralık)	6294	434634
Enginar	75	780
Fasulye, Taze	1740	26082
Havuç	11	201
Hıyar (Sofralık)	4400	27985
Hıyar (Turşuluk)	25	428
Ispanak	381	4220
Kabak (Çerezlik)	32	29
Kabak (Sakız)	557	24746
Karnabahar	166	4072
Karpuz	2359	78719
Kavun	2215	52709

Kereviz (Kök)	19	362
Kereviz (Sap)	5	41
Kırmızı Pancar	19	687
Kuşkonmaz	3	11
Lahana (Beyaz)	344	11018
Lahana (Brüksel)	48	1200
Lahana (Kara Yaprak)	234	4726
Lahana (Kırmızı)	331	9901
Mantar (Kültür)	5	4345
Marul (Göbekli)	63	1248
Marul (İceberg)	5	173
Marul (Kıvırcık)	613	11877
Maydanoz	445	6776
Nane	12	189
Patlıcan	1350	60944
Pazı	13	275
Pırasa	171	4339
Roka	42	503
Sarımsak (Kuru)	167	1269
Sarımsak (Taze)	95	942
Semizotu	61	1994
Soğan (Kuru)	578	9201
Soğan (Taze)	259	3904
Tere	9	115
Turp (Bayır)	22	285
Turp (Beyaz)	3	38
Turp (Kırmızı)	29	427

2.2.5.5. Meyveler

Havza toplamına ulaşmak için havzada yer alan ilçelere ait veriler ilçenin havzaya giren alanı oranında hesaba dahil edilmiştir. Havza genelinde meyveler arasında üretiminin %22'sini şeftali oluşturmaktadır. Bunu %14 ile sofralık zeytin takip etmektedir. Üretim miktarının %65'i ise şeftali ve sofralık zeytin haricinde diğer meyvelerden oluşmaktadır (TÜİK, 2020).

Tablo 2.12 Havzadaki Meyve Üretimi (TÜİK, 2020)

Ürün	Toplu Meyveliklerin Alanı (hektar)	Üretim Miktarı (ton)
Ahududu	11	88
Armut	1486	35531
Ayva	359	11042
Badem	806	4556
Böğürtlen	11	63
Ceviz	7509	21125
Çilek	917	31467
Çörek Otu Tohumu	0.7	1
Diğer Elmalar	643	14294
Dut	48	1219
Elma (Amasya)	8	92

Elma (Golden)	856	17676
Elma (Granny Smith)	450	16169
Elma (Starking)	920	21961
Erik	1992	30732
Fındık	10544	18541
Hünnap	27	129
İğde	0.9	100
İncir (Yaş)	292	7397
Kapari, İşlenmemiş	2	2
Kayısı	308	3643
Kestane	154	1573
Kızılcık	16	633
Kiraz	3041	33115
Kivi	1195	39506
Kurutmalık Üzüm, Çekirdekli	6	46
Mandalina (Satsuma)	89	835
Maviyemiş	33	64
Muşmula	61	763
Nar	83	1211
Nektarin	2120	45457
Portakal (Washington)	0	14
Sofralık Üzüm, Çekirdekli	2789	45315
Sofralık Üzüm, Çekirdeksiz	19	182
Sofralık Zeytinler	36327	94766
Şam Fıstığı (Antep Fıstığı)	3	45
Şaraplık Üzümler	2826	27895
Şeftali	5947	152447
Trabzon Hurması (Cennet Elması)	549	7801
Vişne	70	1112
Yağlık Zeytinler	5490	10523
Yenidünya (Malta Eriği)	0	92
Zerdali	0.2	58

2.2.5.6. Süs Bitkileri

Havza toplamına ulaşmak için havzada yer alan ilçelere ait veriler ilçenin havzaya giren alanı oranında hesaba dahil edilmiştir. Buna göre havzadaki süs bitkisi üretiminin büyük kısmı dış mekân süs bitkilerinden ve kesme gül'den oluşmaktadır (TÜİK, 2020).

Tablo 2.13 Havzadaki Süs Bitkisi Üretimi (TÜİK, 2020)

Ürün	Ekilen Alan (metrekare)	Üretim Miktarı (adet)
Dış Mekân Süs Bitkileri	3716436	130401411
Gül, Kesme	430859	18411391
İç Mekân Süs Bitkileri (Oda Bitkileri)	360224	9770260
Fresia, Kesme	64219	9695350
Şebboy, Kesme	151506	6058650
Çiçek Soğanları	14097	5848455
Diğer Kesme Çiçek ve Çiçek Koncaları	203996	4921012

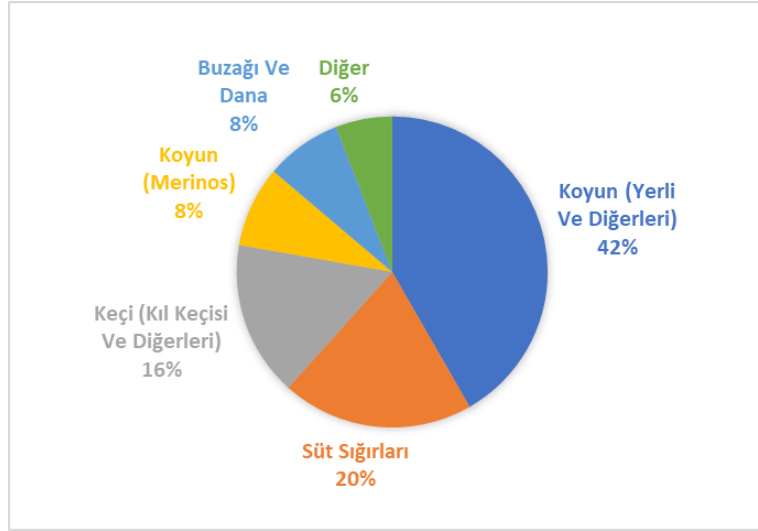
Lilyum (Zambak), Kesme	171751	4268025
Gerbera, Kesme	36441	3926600
Lisianthus, Kesme	102506	3877550
Kasımpatı (Krizantem), Kesme	87435	3678125
Orkide, Kesme	28634	1852010
Karanfil, Kesme	19502	1535160
Glayöl, Kesme	41700	1278800
Sümbül, Kesme	21152	796088
Gypsohilla, Kesme	18540	516240
Nergis, Kesme	7000	350000
Anemon (Manisa Lalesi), Kesme	6400	288000
Lale, Kesme	3202	240088
İris, Kesme	3000	240000

2.2.6. Hayvancılık

Marmara Havzası'nın hayvancılık sektöründeki durumunun anlaşılması için TÜİK 2020 yılı verileri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme yapılırken havzadaki ilçelerdeki toplam hayvan sayıları, havzaya girme yüzdeleri oranında toplama dahil edilmiştir. Buna göre havzada en fazla bulunan hayvan koyundur. Bunu süt sığırları ve keçiler izlemektedir. Ardından ise dana ve sığır gibi büyükbaş hayvanlar bulunmaktadır. Hayvan sayılarının havza içindeki oranları incelendiğinde havzadaki hayvanların %42'sini koyun (yerli ve diğerleri) türünün oluşturduğu görülmektedir. Bunu %20 ile süt sığırları ve %16 ile keçiler takip etmektedir. %8 merinos koyunu ve %8 buzağı ve dana, %6 da diğer hayvanların oranıdır.

Tablo 2.14 Havzadaki küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayıları (TÜİK, 2020)

Hayvan Türleri	Havzadaki Hayvan Sayısı (baş)
Koyun (Yerli ve Diğerleri)	695339
Süt Sığırları	332738
Keçi (Kıl Keçisi ve Diğerleri)	268963
Koyun (Merinos)	140274
Buzağı ve Dana	132270
Saf Kültür Sığırları	42800
Melez Sığırlar	37383
Yerli Sığırlar	6406
Manda Yavrusu	3814
At	3409
Manda	2389
Eşek	1514
Katır	164
Deve ve Devegiller	135
Keçi (Tiftik)	32



Şekil 2.14 Küçükbaş ve büyükbaş hayvan sayılarının oransal dağılımı (TÜİK, 2020)

Tablo 2.15 Havzadaki kümes hayvanları sayıları (TÜİK, 2020)

Kanatlı Hayvan Türü	Havzadaki Hayvan Sayısı
Et Tavuğu	17036132
Yumurta Tavuğu	2535508
Hindi	185018
Kaz	37693
Ördek ve Beç Tavuğu	19366

2.2.7. Madencilik

MTA'nın İstanbul İli Maden ve Enerji Kaynakları üzerine yaptığı çalışmaya (MTA, 2021) göre İstanbul ili özellikle endüstriyel hammadde kaynakları bakımından önemli potansiyellere sahiptir. İlde belirlenen tek metalik maden oluşumu Çatalca-Binkılıç-İnceğiz sahası olup geçmiş yıllarda işletilmiştir. Zeytinburnu – Halkalı - İkitelli çimento hammaddesi sahasında kireçtaşı ve killi şist rezervi, Şile - Ağva sahasında dolomit, Çatalca – Kalfaköy - Domuzderesi grafit oluşumları belirlenmiştir. Arnavutköy -Aktoprak bölgesinde bulunan kaolen sahası bugün yerleşim alanının altında kalmıştır. Kilyos - Kanlıbostan sırtı, Kısırkaya, Demirciköy, Uskumru ve Ağlamışkaya seramik kili sahasının bir kısmı maden şirketlerince alınmış, bir kısmı üniversitelere tahsis edilmiş, büyük bir kısmı yerleşim alanları altında kalmıştır. Eyüp Çiftalan – Kısırmandıra sahasında kil rezervleriyle birlikte kömür bulunmaktadır.

Anadolu Yakası'nda ise seramik kili ve silis kumu ile Türkiye'nin seramik ve döküm sanayisinin hammaddesi açısından en önemli bölgesi olan Ömerli köyü ile Şile arasındaki bölge

bulunmaktadır. Burada istifin altında bulunan kaba taneli kumlar ise yıkanarak inşaat kumu olarak kullanılmaktadır. Şile – Karakiraz – Avcıkoru – Üveyli bölgesinde seramik kili, Kartal, Paşaköy, Samandıra, Sultanbeyli sahasındaki kuvarsitler bulunmaktadır. Ayrıca Ömerli, Büyükdere ve Sarıyer sahalarında da iyi kalitede tuğla-kiremit toprağı belirlenmiştir. İstanbul ili ayrıca enerji hammaddelerinden kömür oluşumları bakımından da önemlidir. Silivri-Sinekli, Kemerburgaz-Ağaçlı ve Şile-Kirazlıyataktepe-Avcıkoru-Üvezli bölgesinde linyit sahaları bulunmaktadır.

Çanakkale ili ile ilgili olarak MTA'nın Çanakkale İli Maden ve Enerji Kaynakları üzerine yaptığı çalışmaya (MTA, 2021) göre Çanakkale, bulunduğu jeolojik bölge itibariyle çeşitli maden yataklarının oluşumu için uygun bir ortama sahiptir. Gerek maden rezervleri gerekse maden çeşitliliği bakımından oldukça zengin bir ildir. Biga Yarımadası, özellikle baz ve değerli metal yatakları açısından zengindir. Bugün bilindiği kadarıyla bu bölgede 204 adet metalik maden yatağı ve zuhuru mevcuttur. Türkiye'nin bilinen en önemli bakır-kurşun-çinko yatakları bu bölgededir. Ayrıca antimuan ve altın cevherleşmeleri ve bu cevherleşmelere bağlı olarak gümüş potansiyeli mevcuttur. Biga, Yenice, Bayramiç, Çan ve Lapseki ilçelerinde bakır kurşun-çinko cevherleşmeleri mevcuttur. Bununla birlikte Çanakkale-Bayramiç civarında son yıllarda Bayramiç-Kısacık-Alakeçili-Baharlar altın sahası bulunmuştur. Kirazlı-Kartaldağ ve Madendağ ile Lâpseki-Şahinli'de de altın sahaları bulunmaktadır. İldeki en önemli mangan cevherleşmesi ise Çan-Kumarlar sahasıdır. Çanakkale, başta kaolen olmak üzere kaolenitik kil, kuvars, çimento hammaddeleri, mermer, barit, bentonit ve tuğla-kiremit hammaddesi gibi endüstriyel hammaddeler bakımından da dikkate değer zenginliklere sahiptir. Ülkemizin en büyük seramik üretim tesisleri Çan ilçesinde bulunmaktadır. İlde yapılan kömür ve jeotermal enerji aramalarında ise Yenice ve Çan ilçelerinde linyit oluşumları ortaya çıkarılmıştır. İlde jeotermal enerji bakımından da önemli bir potansiyel mevcuttur. Ayvacık, Kestanbol, Biga, Çan, Lâpseki, Bayramiç ve Tuzla ilçelerinde olmak üzere çok sayıda sıcak su kaynakları bulunmaktadır.

Havzadaki bir diğer il olan Kocaeli için MTA'nın Kocaeli İli Maden ve Enerji Kaynakları üzerine yaptığı çalışmaya (MTA, 2021) göre daha önce tespit edilen metalik ve endüstriyel hammadde yataklarının büyük kısmı yerleşim alanları veya sanayi bölgeleri olarak ilan edilen alanların altında kalmıştır. Çimento hammaddesi olarak Dikilirkale ve Darıca yatakları, dolomit bulunan Gebze, Tavşanlı, Hereke, Köseler, Yukarıhereke, Tavşancıl, Muallimköy, Köseler, Tepecik, Demirciler köyü ve Mollafeneri, Gebze ilçesinde, Cumaköyü, Akkilise ve Kandilli sahalarında gaz beton yapımına uygun kuvarsit rezervleri yerleşim alanları altında kalmıştır.

Kandıra'daki orta ve iyi kalitede mermer yatakları ile Gebze-Mudurlu'daki cıva rezervli yataklar geçmiş yıllarda işletilmiştir.

Alansal olarak %30 kadarı havzada bulunan Kırklareli ili için (MTA, 2021) tarafından yapılmış Kırklareli İli Maden ve Enerji Kaynakları çalışmasına göre bölgede metalik ve endüstriyel hammadde açısından maden çeşitliliği mevcuttur. Metalik maden yatakları olarak bazıları geçmişte işletilmiş, başta bakır-molibden-wolfram olmak üzere demir, manganez ve altın cevherleşmeleri mevcuttur. Kırklareli ili endüstriyel hammaddeler bakımından da zengin olup dolomit, feldispat, kuvars, mermer ve tuğla-kiremit hammaddeleri mevcuttur. İlin havzada kalan kısımlarında Kuvars kumu ile Bakır-Kurşun-Çinko yatakları yaygın olarak görülmektedir.

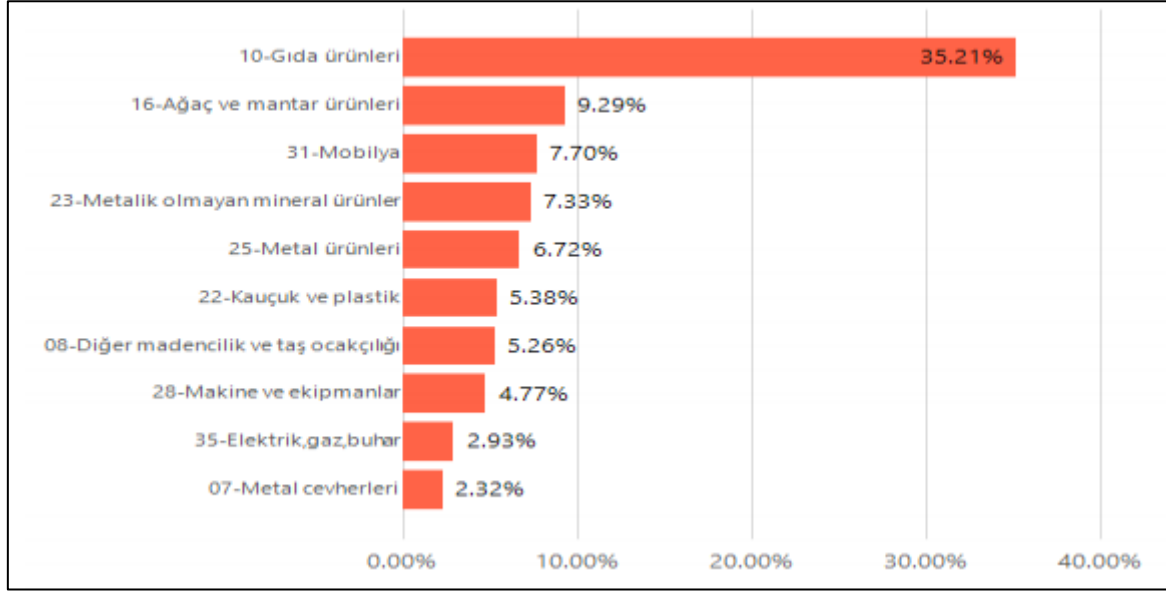
Havza'da topraklarının bir kısmı yer alan Tekirdağ ili ve çevresinde (MTA, 2021) tarafından yapılmış Tekirdağ İli Maden ve Enerji Kaynakları çalışmasına göre çok önemli bir maden yatağı bulunmamaktadır. Bölge genelinde başlıca yer altı zenginliği linyittir.

2.2.8. Sanayi

Marmara Havzası ve içinde bulunduğu Marmara Bölgesi, Türkiye'nin sanayi merkezidir. Havzadaki illerin sanayi durumlarının anlaşılması için T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın il müdürlükleri tarafından hazırlanan 2019 yılı İl Sanayi Durum Raporları (STB, 2019) incelenmiş ve iller bazında sunulmuştur.

2.2.8.1. Çanakkale

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın Çanakkale Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü tarafından hazırlanan 2019 yılı Çanakkale İl Sanayi Durum Raporu'nda (Çanakkale Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019) belirtildiği üzere Çanakkale'de çeşitli sanayi kollarında üretim yapan yaklaşık 950 işletme bulunmaktadır. Bu işletmeler ağırlıklı olarak gıda ürünleri, mobilya, ağaç ürünleri, metalik olmayan mineral ürünler ve fabrikasyon metal ürünleri sektörlerinde faaliyet göstermektedir. Çanakkale'nin toplam imalat sanayi istihdamının yaklaşık dörtte birinin gıda ürünleri sektöründe olduğu görülmektedir. İldeki sanayi işletmelerinin sektörel dağılımı incelendiğinde ise ilk sırada %35,21 ile gıda ürünleri, ikinci sırada %9,29 ile ağaç ve mantar ürünleri, üçüncü sırada %7,70 ile mobilya sektörlerinin yer aldığı görülmektedir.



**Şekil 2.15 Çanakkale İlinde Sanayi İşletmelerinin Sektörel Dağılımı (İlk 10 Sektör)
(Çanakkale Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019)**

Çanakkale ilinde 3 adet sicil almış OSB bulunmaktadır. Bunlardan altyapı inşaatı tamamlananlar Çanakkale ve Biga OSB'ler, devam eden ise Ezine Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi'dir. Ayrıca İÇDAŞ Çelik Enerji Tersane ve Ulaşım Sanayi A.Ş. Çanakkale Özel Endüstri Bölgesi de ilde yer almaktadır. Bunlarla beraber ilde toplam 1491 işyerinin bulunduğu 7 adet sanayi sitesi de hizmet vermektedir. Çanakkale ilinin 2019 yılı ihracatı 168.966.298 dolar, ithalatı ise 57.853.862 dolardır. Türkiye genelinde 2019 yılı illerin dış ticaret performanslarına göre Çanakkale %0,10 ihracat ve %0,03 ithalat paylarıyla 47. sırada yer almaktadır (Çanakkale Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019).

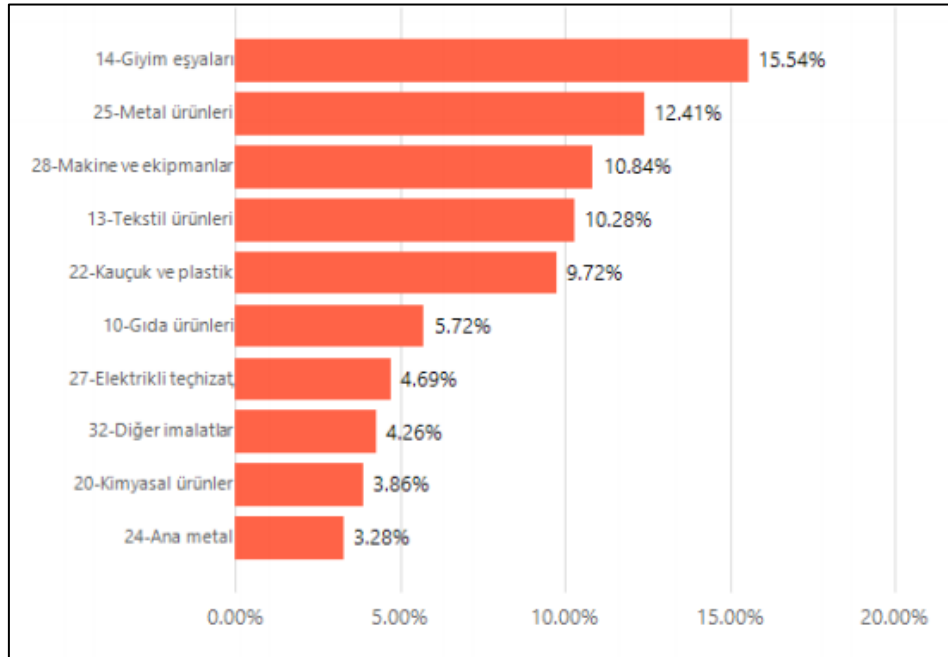
İstanbul

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın İstanbul Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü tarafından hazırlanan 2019 yılı İstanbul İl Sanayi Durum Raporu'na (İstanbul Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019) göre Türkiye'nin sanayi, ticaret, ulaşım, reklam vb. sektörlerdeki en büyük kuruluşları İstanbul'dadır. 1952'de kurulan İstanbul Sanayi Odası (İSO) Türkiye'nin en büyük sanayi odasıdır ve 40 meslek grubundan 20.000'e yakın üyesi vardır. Türkiye'nin en eski kuruluşlarından olan ve 1882'de kurulan İstanbul Ticaret Odası'nın (İTO) üye sayısı 420.000'i aşmıştır. 2019 yılında Türkiye'nin 500 Büyük Sanayi Kuruluşu arasında 169 İSO üyesi kuruluş bulunmaktadır. Türkiye'nin İkinci 500 Büyük Kuruluşu arasındaki İSO üyesi kuruluş sayısı ise 149'dur. Böylece 2019 yılında 1000 Büyük Sanayi Kuruluşu içindeki İSO üyelerinin sayısı 318 bulmuştur. Türkiye'de toplanan vergilerin ve alınan patentlerin %40'ından fazlasını sağlamakta

olan şehir, ülkemiz ihracatının yarıya yakınını yapmaktadır. 2019 yılında Türkiye'nin 180 milyar ABD Doları seviyesindeki ihracatının yarısı (89 milyar ABD doları) İstanbul kaynaklıdır.

İstanbul ilindeki sanayi işletmelerinin sektörel dağılımı incelendiğinde; ilk sırada %15,54 ile giyim eşyaları, ikinci sırada %12,41 ile metal ürünleri, üçüncü sırada ise %10,84 ile makine ve ekipmanlar sektörlerinin yer aldığı görülmektedir. İstanbul ilinde sanayi sektörünün istihdamında %21,74 ile giyim eşyaları, %9,40 ile metal ürünleri, %8,53 ile gıda ürünleri sektörleri ilk üç sırada yer almaktadır.

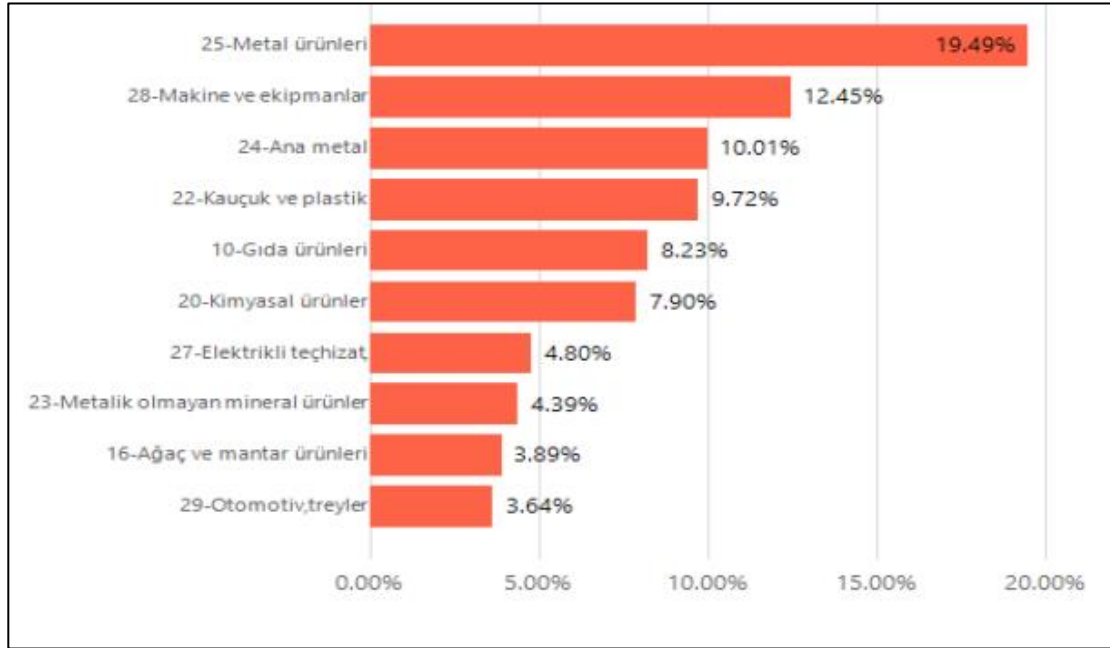
İstanbul ilinde toplam 8 adet organize sanayi bölgesi bulunmaktadır. Bunlar İstanbul Deri OSB, İstanbul Anadolu Yakası OSB, Birlik OSB, İstanbul Tuzla OSB, İstanbul Tuzla Kimya Sanayicileri OSB, İstanbul Dudullu OSB, İstanbul İkitelli OSB, İstanbul Beylikdüzü OSB'dir. Ayrıca, Baykar Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş., Özar Toplu İşyeri Yapı Kooperatifi ve TESKOOP Teknoloji ve Sanayi Toplu İşyeri Yapı Kooperatifi Özel Endüstri Bölgeleri de ilde bulunmaktadır. Bunlarla birlikte İstanbul'da toplam 6551 işyerinin bulunduğu 9 adet sanayi sitesi hizmet vermektedir.



Şekil 2.16 İstanbul İlinde Sanayi İşletmelerinin Sektörel Dağılımı (İlk 10 Sektör)
(İstanbul Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019)

2.2.8.2. Kocaeli

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın Kocaeli Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü tarafından hazırlanan 2019 yılı Kocaeli İl Sanayi Durum Raporu'na (Kocaeli Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019) göre Kocaeli'nin ekonomik faaliyetlerinde sanayinin payı yüzde 51'dir ve Kocaeli, kurulan ve kuruluş çalışmaları devam eden toplam 13 adet OSB'si, 2 adet serbest bölgesi ve 5 adet teknoparkı ile "Ülke Sanayisinin Başkenti" konumunda olup, "Teknokent" vizyonuna doğru ilerlemektedir.



Şekil 2.17 Kocaeli İlinde Sanayi İşletmelerinin Sektörel Dağılımı (İlk 10 Sektör) (Kocaeli Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019)

2.2.8.3. Diğer İller

Bir bölümü havzaya dahil olan diğer illerden Tekirdağ ilinin ülke genelinde gerçekleştirilen toplam katma değere katkısı %4'tür ve bu oran ile Türkiye genelinde 6. sırada yer almaktadır. İlde elektrikli ev aletleri, traktör, tekstil makinaları, kimyasallar, ilaç gibi yüksek teknolojlili ve katma değeri yüksek ürünler üretmektedir. İlde toplamda 14 OSB bulunmaktadır. Bu OSB'lere alansal ve sayısal büyüklük açısından bakıldığında Tekirdağ Türkiye'nin en fazla OSB alanına ve en fazla OSB'ye sahip olan 2. ili durumundadır. Tekirdağ ilindeki sanayi işletmelerinin sektörel dağılımı incelendiğinde; ilk sırada %13,64 ile gıda ürünleri, ikinci sırada %11,91 ile

tekstil ürünleri, üçüncü sırada ise %10,39 ile metal ürünleri sektörlerinin yer aldığı görülmektedir (Tekirdağ Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019).

Yine bir kısmı havzada bulunan illerden Kırklareli’de cam, gıda, tekstil, tıbbi ilaç alanında önemli tesisler bulunmaktadır ancak ildeki sanayi yoğunlukla havzada yer almayan Lüleburgaz ilçesinde yoğunlaşmıştır (Kırklareli Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019).

Tamamı Marmara Havzası’nda yer alan ancak çok küçük bir il olan Yalova’da sanayi yatırım alanları sınırlıdır. Yalova’daki sanayi kuruluşları; plastik, tekstil, elyaf, mermer, kimya, dondurulmuş gıda, kâğıt ürünleri, ambalaj, gemicilik ve otomotiv yedek parçası konusunda üretim yapmaktadır. İldeki tek faal organize sanayi bölgesi olan YALKİM OSB’nin sadece büyük ölçekli 4 firmaya ev sahipliği yapmaktadır (Yalova Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019).

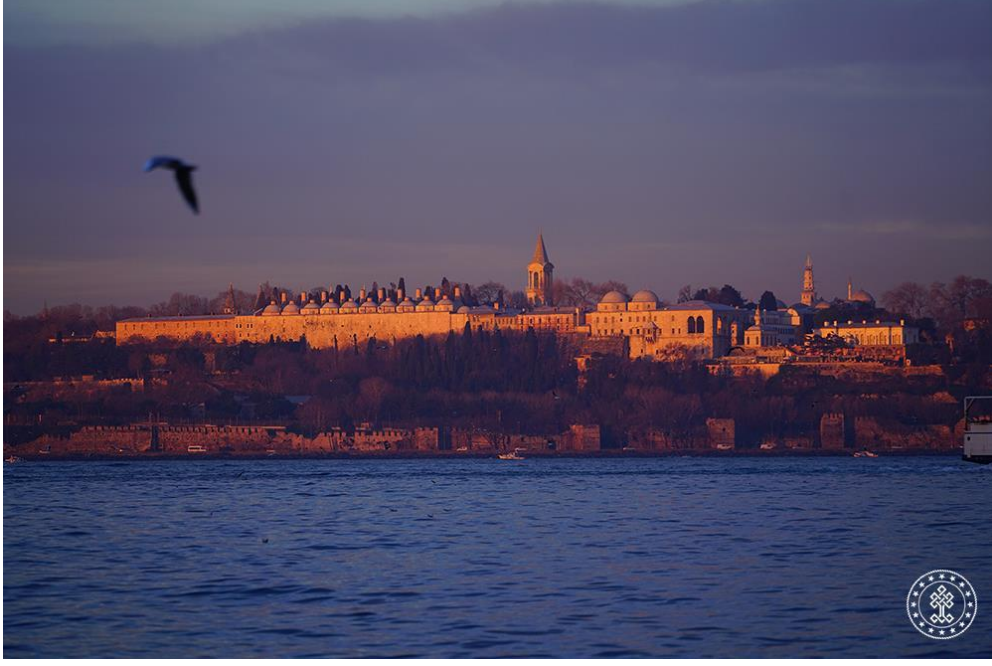
Ülkemizin önemli sanayi kentlerinden olan Bursa’nın ise yalnızca %17’si havzaya girmektedir. Bursa İl Sanayi Durum Raporu’na (Bursa Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019) göre çalışan kişi ve işyeri sayısı bakımından İstanbul, Ankara ve İzmir’den sonra Türkiye’de 4. sırada yer almaktadır ve ülke ekonomisine sağladığı katma değer açısından da 4. sıradadır (Bursa Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, 2019).

2.2.9. Kültürel Alanlar ve Turizm

Marmara Havzası’nda yer alan yerleşim yerlerinde turizm sanayiden sonra önemli bir sektör olarak göze çarpmaktadır. Tarihi ve doğal güzellikleri barındıran havza yaz-kış turizmin canlı olduğu bir bölgeyken İstanbul Silivri, Şile, Kocaeli Kandıra, Çanakkale ve Yalova’da yaz turizmi hareketlidir (DSİ, 2014). Ayrıca Çanakkale’de tarih ve kültür turizmi ile Kocaeli Kartepe’de kış sporları turizmi havzada önemli turizm aktiviteleridir.

Havzanın en önemli kültür ve turizm merkezi şüphesiz İstanbul’dur. Tarihi önemi, kültürel faaliyetlerin yoğunluğu ve doğal güzellikleriyle İstanbul her yıl büyük miktarda yerli ve yabancı turiste ev sahipliği yapmaktadır.

T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından 2018 yılı mayıs ayında gerçekleştirilen İstanbul Kültür Çalıştay’ında (T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2018) mevcut durumları değerlendirilen ve geleceğe dair öneriler üzerinde komisyonlar oluşturularak tartışılan kütüphaneler, müzeler, tarihi arşivler, dini yapılar, sahaflar, kültür merkezleri, sinema ve tiyatrolar İstanbul kültürünün önemli parçalarını oluştururken şehrin canlılığının da temelini oluşturmaktadır.



Şekil 2.18 İstanbul'un Önemli Tarihi Yapılarından Topkapı Sarayı (İstanbul İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2020)

(İstanbul İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2020)'nden derlenen bilgilere göre İstanbul'da İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü'ne bağlı 13 adet müze bulunmaktadır. Bunlardan en bilinenleri İstanbul Arkeoloji Müzesi, Türk ve İslam Eserleri Müzesi ve Galata Kulesi Müzesi de dahil olmak üzere tamamı her yıl binlerce turist tarafından ziyaret edilmektedir. Millî Saraylar İdaresi Başkanlığı'na bağlı 9 adet saray, kasır ve müzeden bazıları ise hem yerli hem yabancı turistlerin büyük ilgisini gören Topkapı (Şekil 2.18), Dolmabahçe, Yıldız ve Beylerbeyi saraylarıdır. İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı'na bağlı müzeler 10 adet olup bunlardan Yerebatan Sarnıcı ve Miniaturk müzesi en bilinenleridir. İstanbul'da ayrıca üniversitelere bağlı 8 adet müze bulunmaktadır. Bunlar haricinde kültür, sanat, bilim içerikli 47 adet de özel müze ilde bulunmaktadır.

Havza illerinden Çanakkale ise Gelibolu Yarımadası'ndaki Şehitlikler, Merkezdeki Çimenlik Kalesi, Arkeoloji Müzesi ve Aynalı Çarşı, 5000 yıllık Troia Antik Kenti ve Assos'daki Athena Tapınağı ile ülkemiz kültür turizminin önemli kentlerindedir. 2015 yılında yayınlanan Çanakkale Kültür Envanteri (Tombul, 2015) kapsamında ilde yaklaşık 400 tarihi ve kültürel yapı/alan incelenmiştir.



Şekil 2.19 Çanakkale Şehitler Abidesi (Çanakkale İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2020)

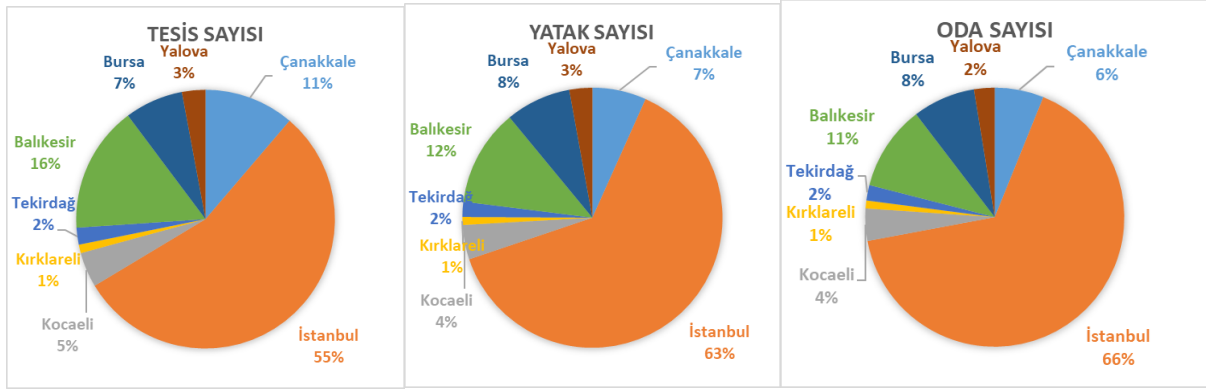
Havzadaki bir diğer il olan Kocaeli ise, başta her iki denize olan kıyıları, Sapanca Gölü ve Maşukiye çevresi ile doğa turizmi, Karadeniz kıyısında yer alan ve Pembe Kayalıklar ile meşhur Kandıra sayesinde yaz turizmi ve Kartepe’de yer alan kayak merkezi ile kış turizmi açısından canlı bir şehirdir.



Şekil 2.20 Kocaeli, Kandıra, Pembe Kayalıklar (Kocaeli İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2020)

Tablo 2.16 2021 yılı turizm tesis istatistikleri (T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2021)

09.07.2021 TARİHİ İTİBARIYLA BAKANLIK BELGELİ KONAKLAMA TESİSİ İSTATİSTİKLERİ							09.07.2021 TARİHİ İTİBARIYLA BELEDİYE BELGELİ KONAKLAMA TESİSİ İSTATİSTİKLERİ		
Şehir	İşletme Belgeli Tesis Sayısı	İşletme Belgeli Oda Sayısı	İşletme Belgeli Yatak Sayısı	Yatırım Belgeli Tesis Sayısı	Yatırım Belgeli Oda Sayısı	Yatırım Belgeli Yatak Sayısı	Belediye Belgeli Tesis Sayısı	Belediye Belgeli Oda Sayısı	Belediye Belgeli Yatak Sayısı
Çanakkale	83	3 575	7 243	7	356	990	351	6 831	16 091
İstanbul	652	64 241	129 373	75	8 207	17 005	1 434	43 543	82 566
Kocaeli	55	4 212	8 526	2	197	447	114	2 664	6 551
Kırklareli	9	593	1 181	8	480	1 114	25	664	1 307
Tekirdağ	26	1 712	3 397	5	401	862	52	1 284	2 576
Balıkesir	96	5 510	11 183	18	828	1 622	506	12 326	30 852
Bursa	85	6 368	12 978	21	2 342	5 274	180	5 024	11 221
Yalova	15	1 353	2 790	5	616	1 248	95	2 576	6 326



Şekil 2.21 2021 yılı turizm tesis istatistikleri illere göre dağılımı (T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2021)

Havzadaki illerin turizm tesis istatistiklerine bakıldığında (T.C Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2021), tesis, oda ve yatak sayılarının beklendiği gibi çoğunlukla İstanbul'da yoğunlaştığı dikkate çekmektedir. Hem bakanlık belgeli hem belediye belgeli tesisler dikkate alındığında tesis sayılarının %55'inin, yatak sayılarının %63'ünün ve oda sayılarının %66'sının İstanbul'da olduğu görülmektedir. İstanbul'u tesis sayısında %16 ile, yatak sayısında %12 ile ve oda sayısında %11 ile Balıkesir takip etmektedir ancak Balıkesir ilinin büyük çoğunluğu havza içinde yer almamaktadır.

2.2.10. Ekosistem

Havzanın flora ve faunası incelenirken Marmara Havzası Master Planı (DSİ, 2014) kapsamında yapılan literatür taraması ile sağlanan bilgilerden ve İl Çevre Durum Raporlarından yararlanılmıştır.

2.2.10.1. Flora

Marmara Havzası, sanayi, ekonomi ve turizm alanlarındaki gelişmişliğinin yanında aynı zamanda Türkiye'nin önemli canlı yaşamına ev sahibi yapan bir bölümdür. İstanbul İl Çevre Durum Raporu'na (İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020) göre, İstanbul yaklaşık 2.500 civarında doğal bitki türüne sahiptir ve bu aynı zamanda ülkemizde doğal olarak yetişen on binden fazla bitkinin, yaklaşık %25'inin İstanbul'da görebileceğimiz anlamına gelir. Bu bitkilerden bazıları endemik olup tüm dünya üzerinde sadece İstanbul'da yaşamaktadır. Ancak bunlardan bir kısmının yaşam alanları son derece daralmıştır ve nesilleri tehlike altındadır. İstanbul'da doğal olarak yetişen 270 bitki türü "Türkiye'nin Tehlike Altındaki Nadir ve Endemik Bitkiler Listesi'nde yer alır. Bunlar arasında 40 türün dünya üzerindeki en zengin popülasyonları İstanbul'da bulunmaktadır.

Tablo 2.17 Dünya üzerindeki en zengin popülasyonları İstanbul'da bulunan bitki türleri (İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020)

Kayıdağı soğanı	Doğu razyası	İstanbul yılınyastığı
Sahil asperulası	İstanbul unlucası	Kum incisi
Pendik sarıotu	Aydos peygamber çiçeği	Çatalca peygamber çiçeği
Dikensiz peygamber çiçeği	Kilyos peygamber çiçeği	Çokbaşı köygöçüren
Kadıköy acı çiğdemi	Narin acı çiğdem	Sahil sarmaşığı
İstanbul çiğdemi	Ümraniye çiğdemi	Yarımburgaz hardalı
Bahçeşehir küresi	İstanbul binbirdelikotu	Kumul çivitotu
Kilyos moru	İstanbul ballıbası	İstanbul nazendesesi
İstanbul keteni	Boğaziçi keteni	Halkalı emzikotu
Kıyı kerevizi	Trakya düğün çiçeği	Karadeniz salkımı
Kıyı rokası	Boğaziçi kafesotu	İstanbul karahindibası
Trakya karahindibası	İstanbul kekiği	Kilyos yoncası
Yonca	Riva sığırkuyruğu	Sahil sığırkuyruğu

İstanbul ilinin florasını yoğunlukla *Fagus orientalis* (kayın), *Carpinus betulus* (adi gürgen)'den oluşan geniş yapraklı ormanlarla ve meşe türleri, *Salix alba*, *Populus Tremula* gibi türler oluşturmaktadır. Çalı katında *Rhododendron ponticum* (ormangülü), *Ruscus aculeatus* (tavşan memesi), eğreltiler ve birçok *Rubus* (böğürtlen) türleri bulunur. Kıyı kumul vejetasyonunda ise *Eryngium* türleri, *Alkanna tinctoria*, *Onosma tauricum*, *Lychnis coronaria* gibi bitkiler vardır. Ayrıca, araştırma alanında aslında Akdeniz elementi olan *Myrtus communis* (mersin), *Laurus nobilis* (defne), *Erica arborea* (funda), *Arbutus unedo* (koca yemiş) gibi türler kıyıya yakın yerlerde görülerek yalancı makiyi oluştururlar (DSİ, 2014).

Çanakkale İl Çevre Durum Raporu'na (Çanakkale Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019) göre Çanakkale İli vejetasyonu çeşitlilik arz etmektedir. İlde orman varlığı il toplam alanının yaklaşık %56'sını kaplamakta olup, Kazdağları'nın (Ayvacık, Bayramiç ve Yenice İlçeleri) kuzey yamaçları, Biga ve Çan ilçelerinin yüksek kesimleri orman vejetasyonu ile karakteristiktir. Kazdağları vejetasyonunda kuzey bakı ve yükseltiye bağlı olarak belli süksesyon evreleri görülmekte olup, yine yükseltiye bağlı olarak yapraklılardan meşe ve kestane türleri, ibrelilerden kızılçam, karaçam ve endemik göknar karışık bitki birliği oluşturmaktadır.

Çanakkale ilinde yapılan floristik incelemelerde gözlemlenen bitki türleri, *Galanthus trojanus* (Kazdağ Kardeleni), *Anthemis cretica* ssp, *Carduus nutans* ssp, *Falcato-incurcus* (Deve diken), *Alkanna tinctoria* ssp, *Subleiocarpa* (Hava Civa Otu), *Eunoymus latifolius* ssp, *Cauconis* (Papaz külâh), *Crocus candidus* (Çiğdem), *Stachys cretica* ssp, *Lesbiaca*, *Fritillaria bithynica* (Britanya Ters Lalesi), *Papaver virchowii* (Borcanka), *Scrophularia floribunda* (Sıracaotu), *Abies nordmanniana* subsp. *Equitrojani* (Kazdağ Köknarı) şeklindedir (DSİ, 2014).

Kocaeli İl Çevre Durum Raporu'na (Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019) göre ekolojik bakımdan önemli bir yükselti farkı, karasal ve sucul habitat çeşitliliği, Akdeniz ve Oseyanik iklimlerin özelliklerini bir arada bulundurması gibi özellikleriyle zengin bir bitki çeşitliliğine ev sahipliği yapmaktadır. Kocaeli İlde 1.477 damarlı bitki taksonunun bulunduğu tespit edilmiştir. Kocaeli'deki vaskuler taksonların endemizm oranı %3,39'dur. Ayrıca İstanbul Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Sırrı Yüzbaşıoğlu tarafından süsengiller familyasından literatüre *Crocus Keltepenis* (Keltepe Çiğdemi) olarak geçen ve sadece Kocaeli'de bulunan endemik bir bitki türü keşfedilmiştir (Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019).



Şekil 2.22 Keltepe Çiğdemi (Crocus keltepeensis) (Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019)

Kocaeli’de ormanlık alanların tamamı koru ormanı niteliğindedir. Kayın yanında gürgen, kestane, akçaağaç, dişbudak, ıhlamur, meşe, porsuk, sarıçam, göknar, kızılığaç, söğüt, çınar ağaç türleri bulunmaktadır. Üst tabakada meşe (Quercus pedunculata ve Q. sessiliflora), gürgen (Carpinus betulus), kayın (Fagus orientalis) ağaçlarından oluşan bu meşcerede asli tür Meşe’dir (DSİ, 2014).

2.2.10.2. Fauna

Havza Master Planı (DSİ, 2014) kapsamında proje alanında yapılan çalışmalar sonucu Amphibia (Kurbağalar), Reptilia (Sürüngenler) ve Aves (kuşlar) türleri görülmektedir.

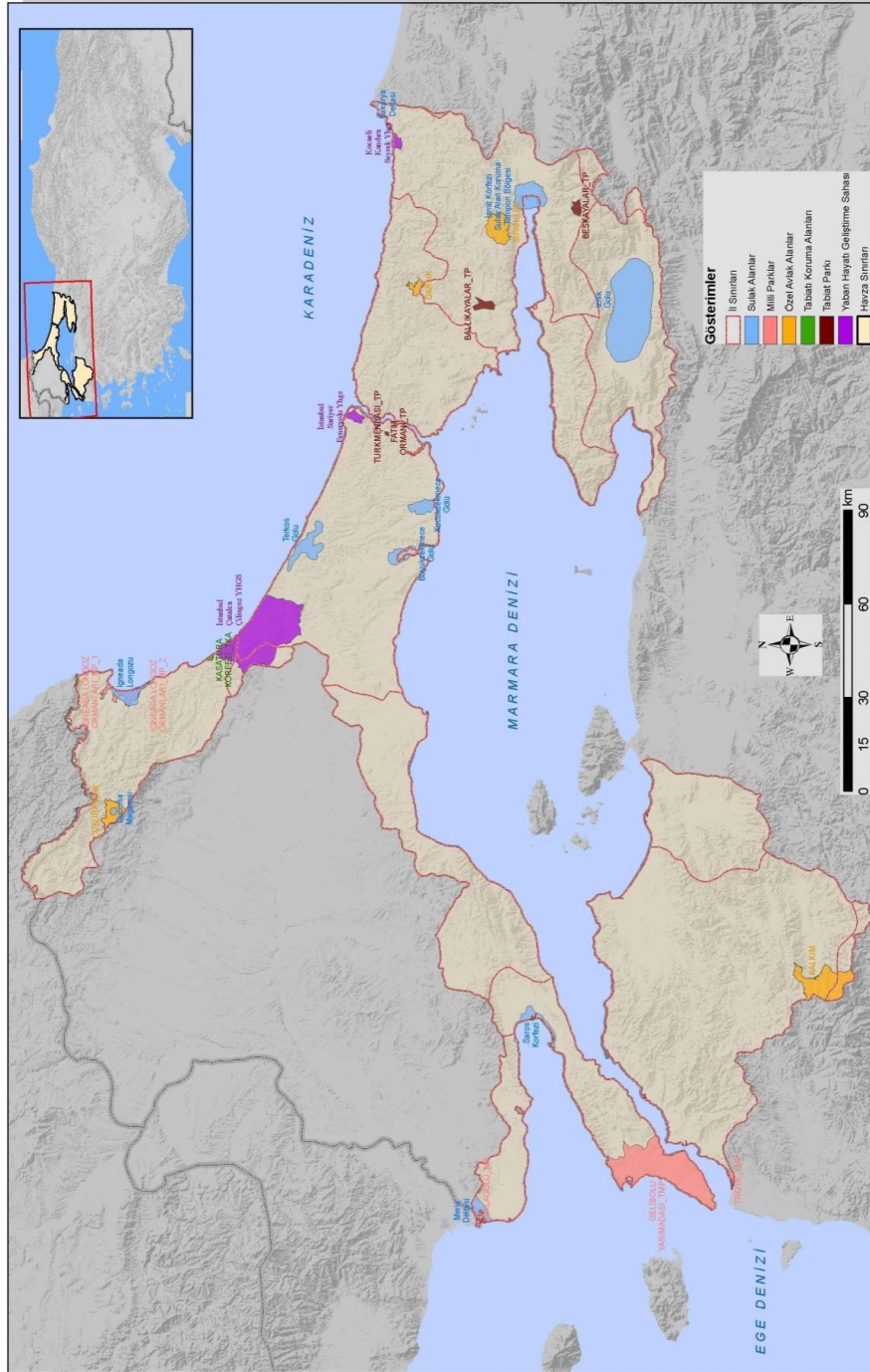
Ayrıca Marmara Havzası proje alanında en çok görülen balık türleri barbunya, istavrit, kalkan, kefal, kırlangıç, palamut, vatoz, gibi denizde yaşayan balıklarla alabalık, sazan tatlısu kefali, yılan balığı gibi türlerdir.

2.2.10.3. Korunan Alanlar

Havzada yer alan korunan alanlar, (TÜBİTAK MAM, 2013) tarafından hazırlanan Havza Koruma Eylem Planı kapsamında yapılan çalışmada Tablo 2.18 ile verilen şekilde belirlenmiştir. Ayrıca Şekil 2.23 ile aynı çalışmada hazırlanan harita sunulmaktadır.

Tablo 2.18 Marmara Havzası Koruma Alanları (TÜBİTAK MAM, 2013)

No	Koruma Alanı Adı	Yeri	Alanı (Ha)
1	Kandıra Seyrek YHGS	Kocaeli	1021.6
2	Sarıyer Feneryolu YHGS	İstanbul	1442.4
3	Çatalca Çilingöz YHGS	İstanbul	35328
4	BALLIKAYALAR_TP	Kocaeli	1606.2
5	TURKMENBASİ_TP	İstanbul	6.4
6	FATİH ORMANI_TP	İstanbul	149.2
7	KASATURA KÖRFEZİ_TKA	Kırklareli	282.6
8	Sakarya Deltası	Kocaeli	357.3
9	Iznik Golu	Bursa	38041.6
10	Saros Körfezi	Çanakkale	3348.3
11	Meriç Deltası	Tekirdağ	2629
12	İğneada Longozu	Kırklareli	3690.3
13	Terkos Golu	İstanbul	6208.7
14	Buyukcekmece Golu	İstanbul	2290.5
15	Kucukcekmece Gölü	İstanbul	2856.7
16	Dupnisa Magarasi	Kırklareli	409.7
17	İğneada Longoz_Milli Park_1	Kırklareli	554.9
18	İğneada Longoz_Milli Park_2	Kırklareli	2616.8
19	GELİBOLU YARIMADASI_TMP	Çanakkale	32653.5
20	Gala Gölü Milli Parkı	Edirne	94.2
21	TROYA_TMP	Çanakkale	551.1
22	KALKIM Avlak Alanı (Domuz)	Çanakkale	12428.5
23	Darlık Avlak Alanı (Sülün.Keklik)	İstanbul	1488.7
24	ÇUKURPINAR Avlak Alanı (Domuz)	Kırklareli	3773.4
25	SİPAHİLER Avlak Alanı (Domuz)	Kocaeli	5816.2



Şekil 2.23 Marmara Havzası Korunan Alanlar (TÜBİTAK MAM, 2013)

2.3. İklim Ve Su Kaynakları

Kuraklığın birinci dereceden ilişkili olduğu iklim ve su kaynakları bu bölümde incelenmektedir. İklim bölümünde havzadaki meteorolojik değişkenlerin uzun yıllar boyunca ölçümleri ve alansal değişimleri incelenmektedir. Su kaynakları bölümünde ise havzadaki mevcut ve planlanan su tesisleri, yeraltı suları, su kalitesi ve iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi incelenmektedir. Havza bazlı kuraklık planlarının etkin bir biçimde hazırlanabilmesi için havzanın ikliminin ve su kaynaklarının mevcut durumunun anlaşılması önemlidir.

2.3.1. İklim

Marmara Havzası'nın büyük çoğunluğunda geçiş iklimi olarak da adlandırılan Marmara İklimi görülmekte, ince bir hat şeklinde Karadeniz kıyılarında ise Karadeniz iklimi yaşanmaktadır (Atalay, 1997). Yarı-nemli olarak adlandırılan Marmara ikliminde yaz sıcakları Akdeniz iklimi kadar yüksek olarak görülmez. Kışın kar yağışı görülmekte ve don olayı ise yaygın değilse de Akdeniz iklimine göre daha sık görülmektedir. Karadeniz kıyılarında görülen Karadeniz ikliminde ise bütün mevsimler yağışlı geçer ve deniz etkileri kuvvetli bir şekilde hissedilir (MGM, 2021).

Marmara Havzası ve çevresinde alansal olarak yüksek kapsayıcılıkta birçok meteoroloji gözlem istasyonu (MGİ) bulunmaktadır. Özellikle İstanbul Boğazı ve çevresinde MGİ ağının oldukça sık olduğu dikkat çekmektedir. Ancak bu MGİ'lerin bir kısmı bazı tesis veya projeler için veri toplamak amacıyla açılmış, işlevlerini gördükten sonra kapatılmıştır. Bu nedenle veri ölçüm aralıkları kısadır. İstatistiksel olarak anlamlı olması adına bu proje kapsamında 25 yıldan uzun verisi olan istasyonların verileri kullanılmıştır.

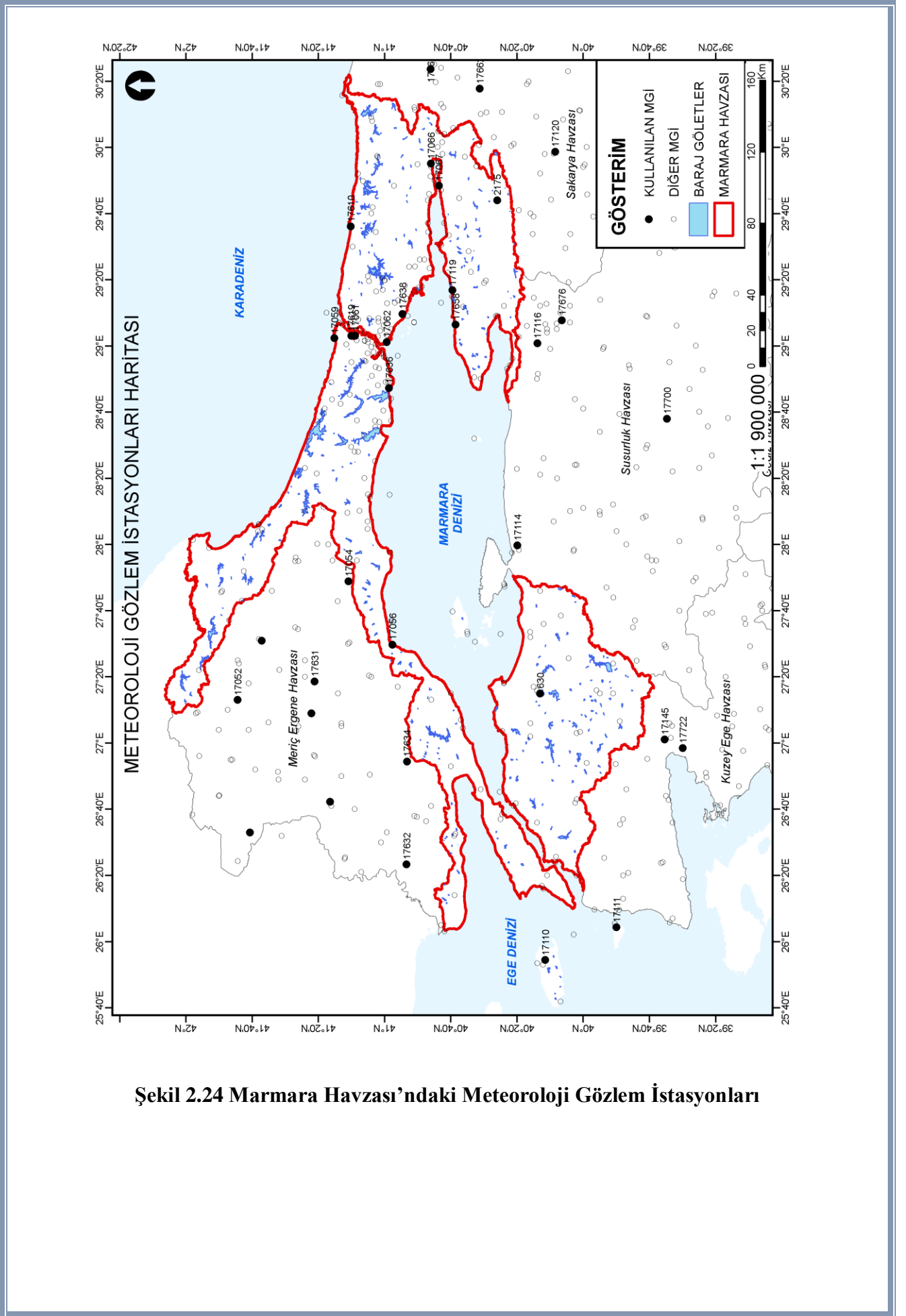
Havza ve çevresindeki tüm istasyonlar, verisi kullanılanlar ayrıca belirtilecek şekilde haritada gösterilmiştir. Siyah içi dolu noktalar, kuraklık analizleri için gerekli olan uzun süreli (25 yıllık) verileri bulunan ve proje kapsamında verileri kullanılan meteoroloji istasyonlarının yerlerini göstermektedir. İçi boş halkalar ise, veri uzunluğu kuraklık çalışmaları için yeterli olmayan gözlem istasyonlarının yerlerini göstermektedir.

Havzanın iklim özelliklerini değerlendirmek için açık, kapalı 25 yıl ve üzerinde yağış verisi olan istasyonların ölçüm yılı başından 2021 yılı Nisan ayına kadar uzun yıllık ortalama değerleri kullanılmıştır.

Tablo 2.19 Havzada 25 yıl ve üzeri verisi olan MGI'lerin karakteristikleri

İstasyon No	Adı	Rakım (m)
630	BIGA	25
2175	IZNIK KK	90
17056	TEKİRDAĞ	4
17059	KİLYOS	38
17061	SARIYER	59
17062	KADIKÖY RIHTIM	5
17066	KOCAELİ	74
17067	GÖLCÜK	18
17119	YALOVA	4
17610	ŞİLE	83
17619	BAHCEKOY	130
17636	FLORYA	37
17638	KARTAL	27
17658	ÇINARCIK	16

İstasyonlar bazında hesaplanan değerlerin alansal değişimlerini hesaplarken de Ters Ağırlıklı Mesafe (Inverse Distance Weighting-IDW) metodu kullanılmıştır. IDW Bilinen örnek noktalara ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir. IDW enterpolasyon tekniği, örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede tercih edilen ortak bir yöntemdir. IDW enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik ile enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azalan, örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapılmaktadır.

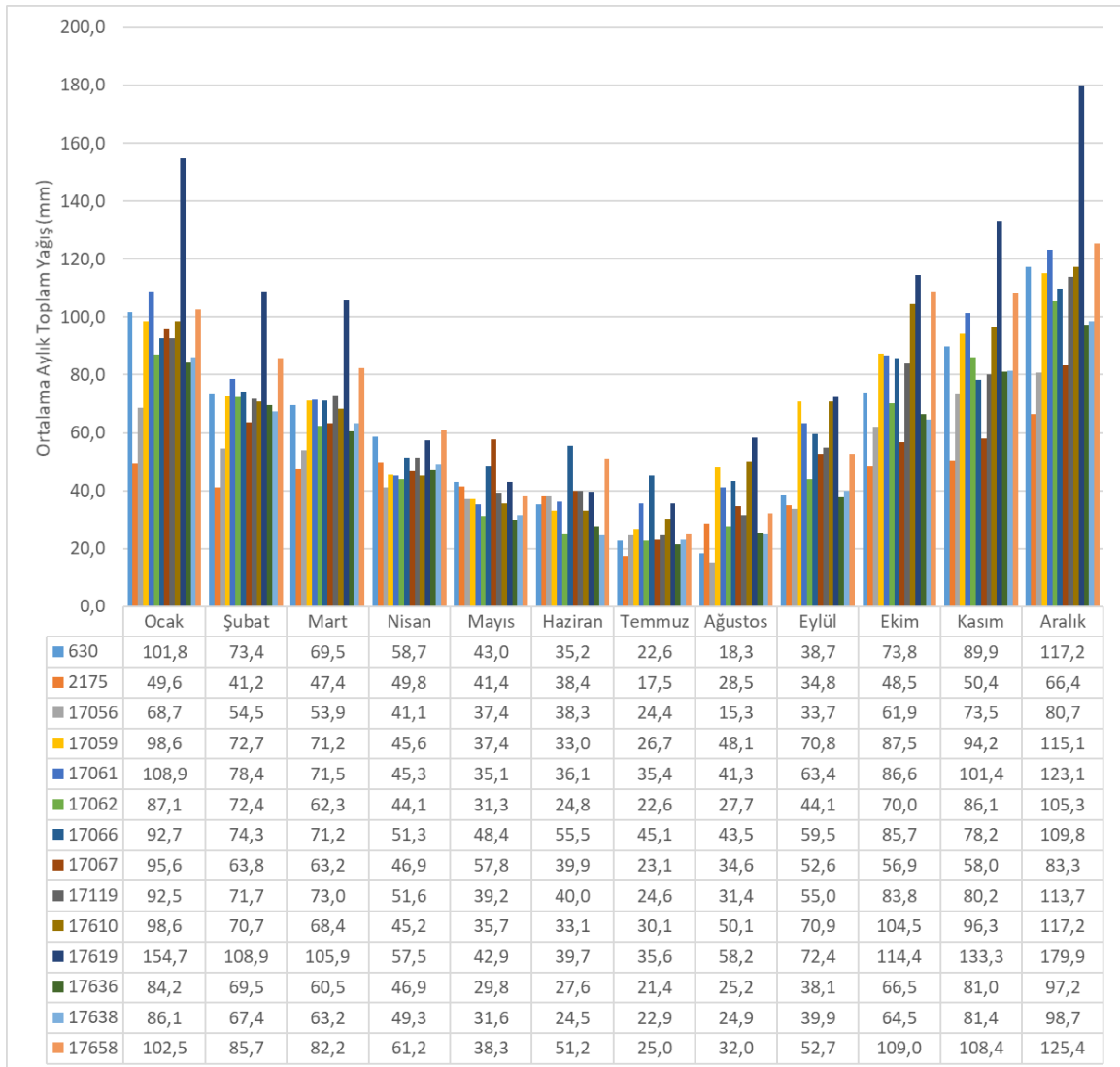


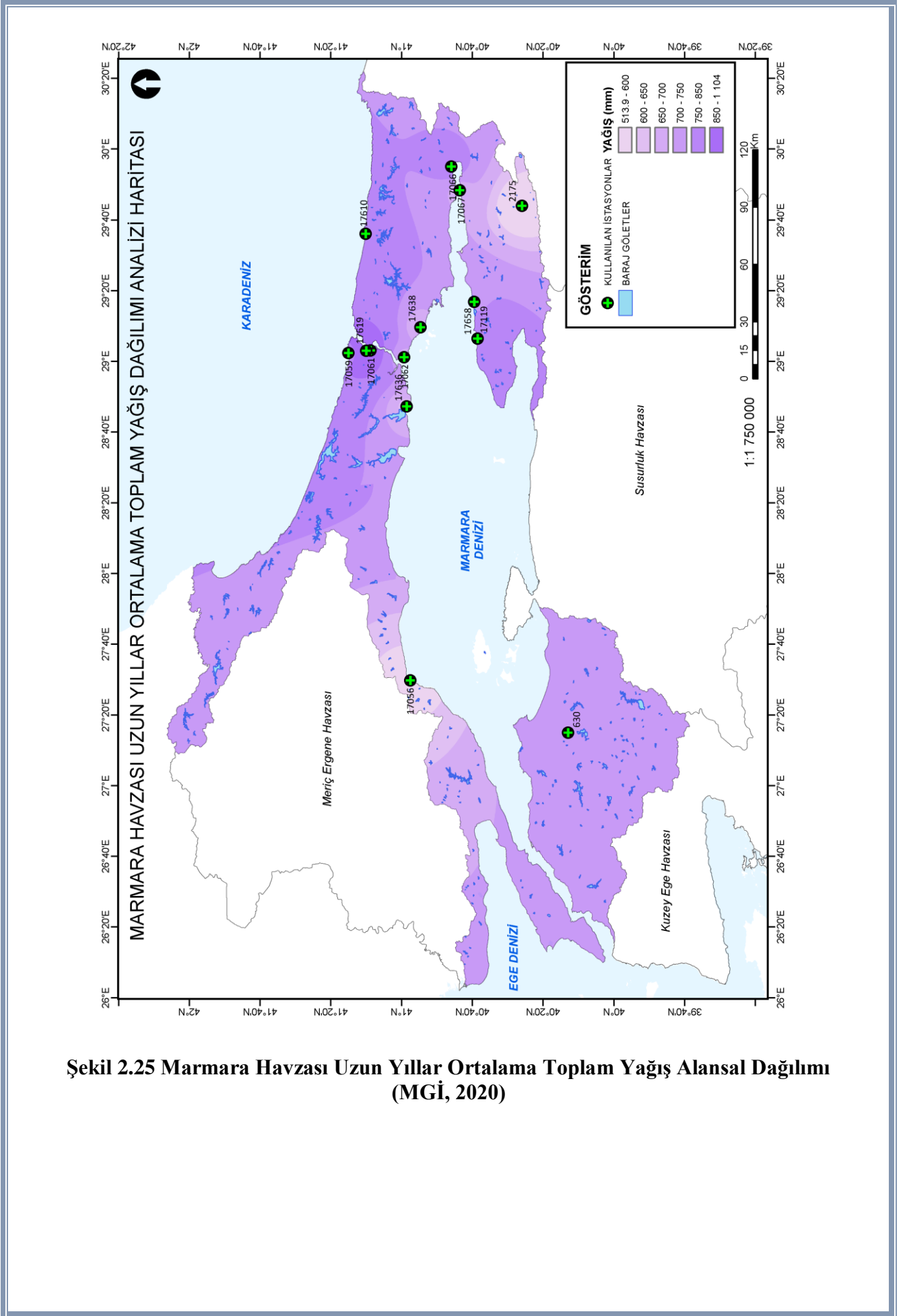
Şekil 2.24 Marmara Havzası'ndaki Meteoroloji Gözlem İstasyonları

2.3.2. Yağış

Marmara Havzası'nda aylık toplam yağışların ortalamalarına bakıldığında kış ve sonbahar ayları çok yağışlı, yaz ayları ise daha az yağışlı aylardır. En kuru ay Temmuz iken en yağışlı ay Aralık ayıdır. İstasyonların yıllık toplam yağışlarının ortalamasına bakıldığında 2175 ve 17056'nolu MGİ'ler en az yağış ölçülen istasyonlar iken 17619 ve 17658'nolu MGİ'ler ise en çok yağış ölçülen istasyonlardır. Yağışların alansal dağılımına bakıldığında Karadeniz kıyılarının en yağışlı, iç bölgelerin en az yağışlı bölgeler olduğu görülmektedir.

Tablo 2.20 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) (MGİ, 2020)



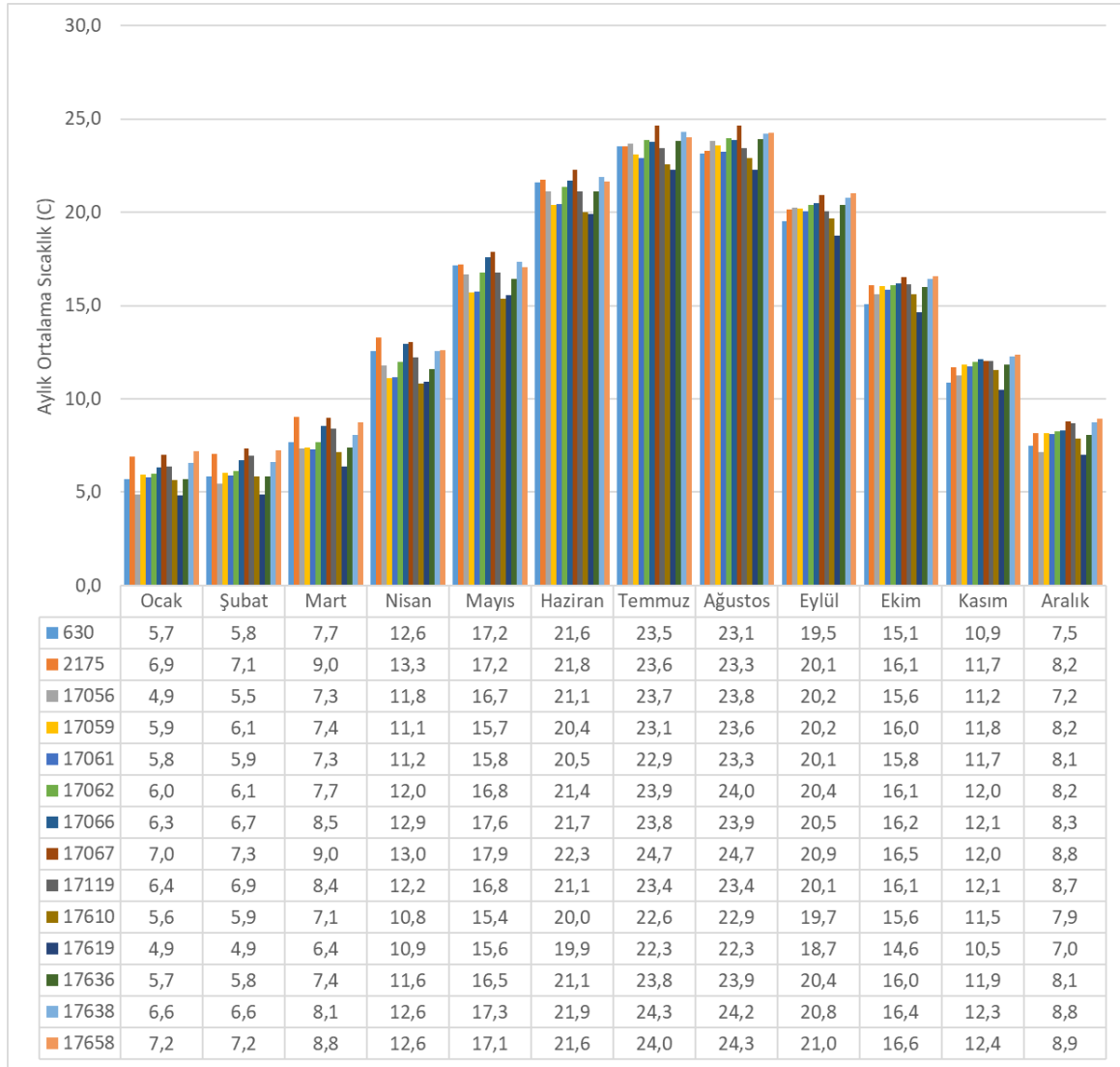


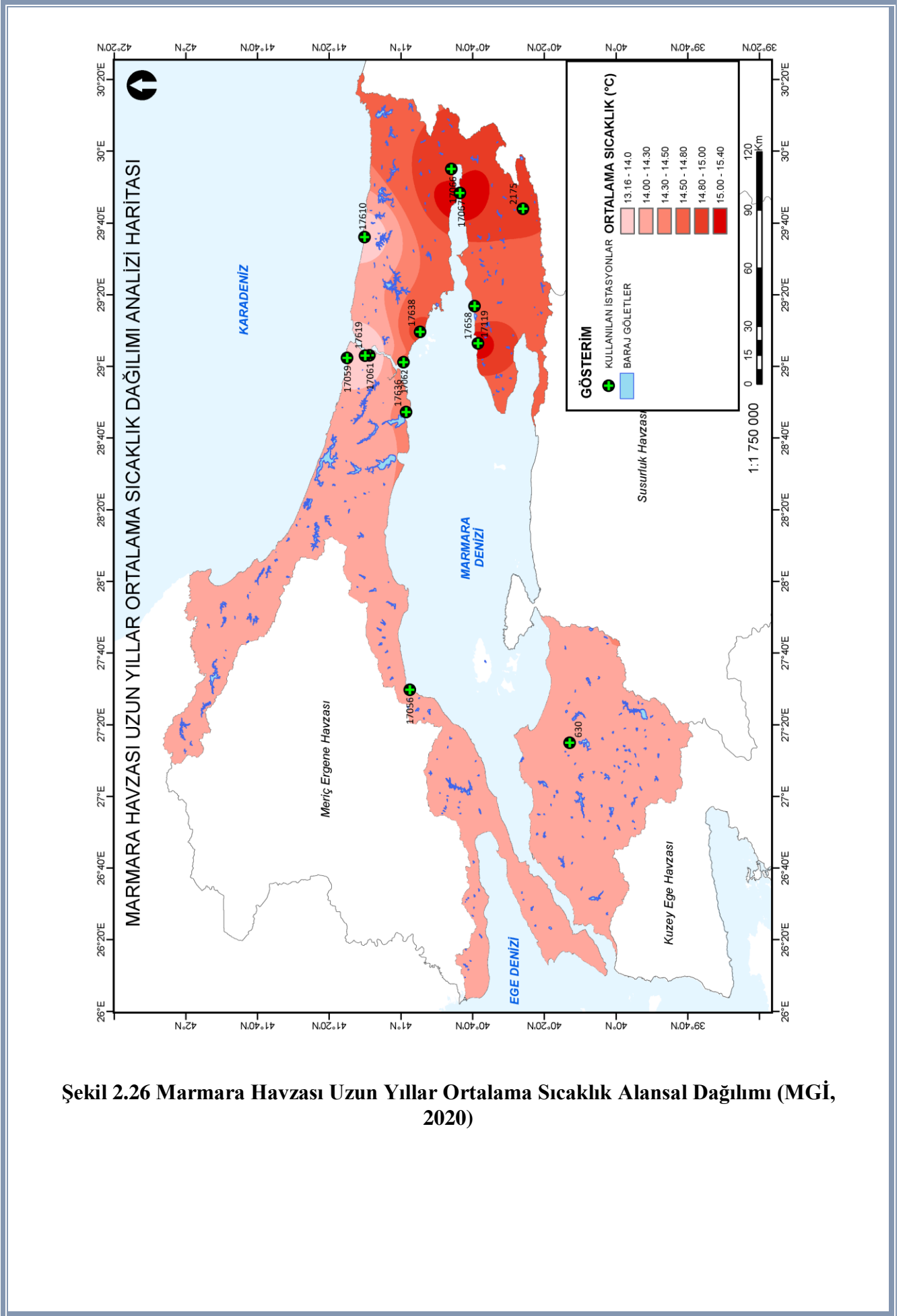
Şekil 2.25 Marmara Havzası Uzun Yıllar Ortalama Toplam Yağış Alansal Dağılımı (MGİ, 2020)

2.3.3. Sıcaklık

Havzadaki uzun yıllar aylık ortalama sıcaklıklara bakıldığında en sıcak ayların temmuz ve ağustos ayları olduğu, en soğuk ayların ise ocak ve şubat ayları olduğu görülmektedir. Havza genelinde sonbahar aylarının ilkbahar aylarına göre daha sıcak geçtiği de görülmektedir. Ortalama sıcaklıkların alansal dağılımı ise İzmit körfezi ve çevresinin ortalama sıcaklıklarının havzanın geri kalanından daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 2.21 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C) (MGİ, 2020)

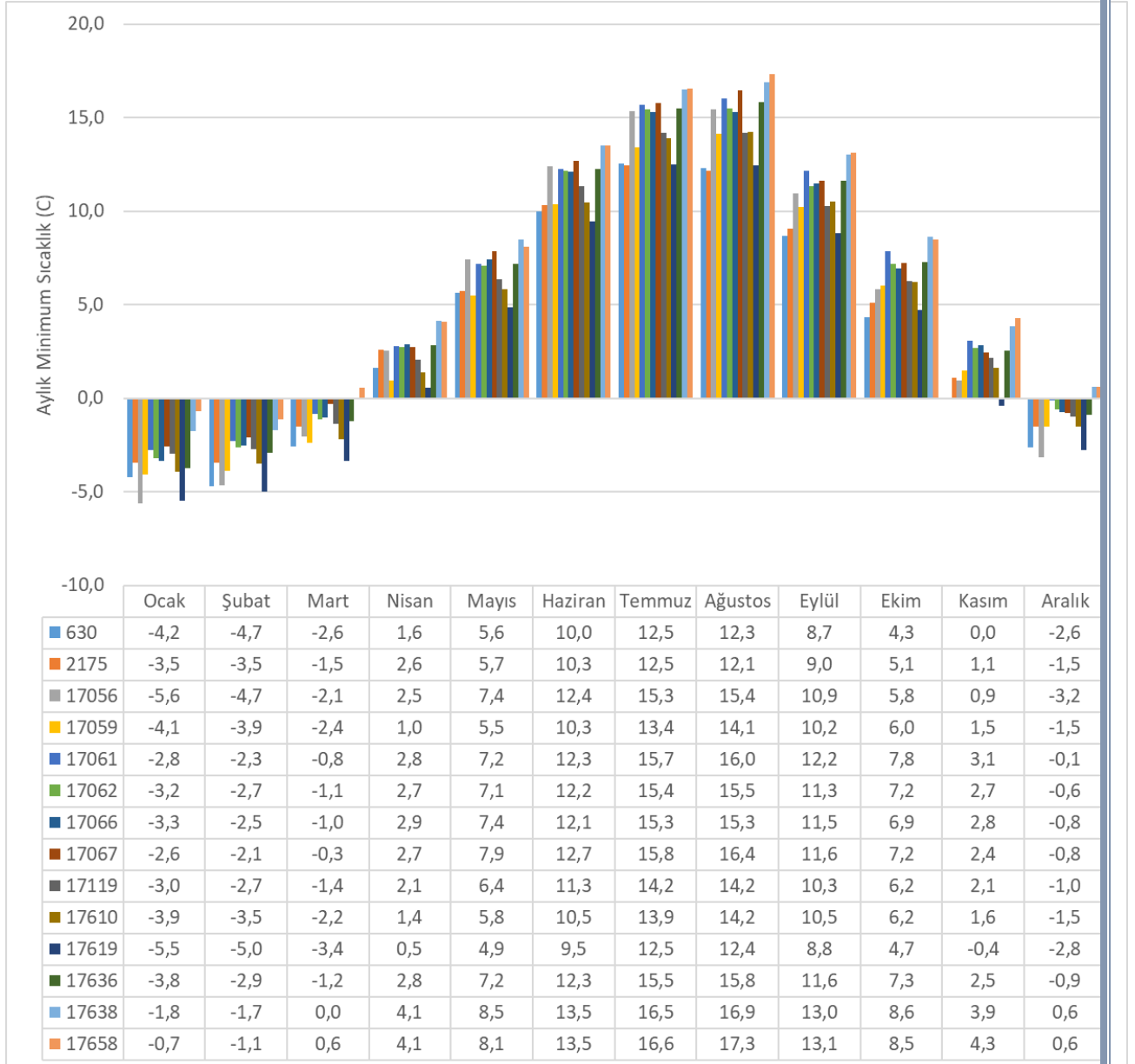


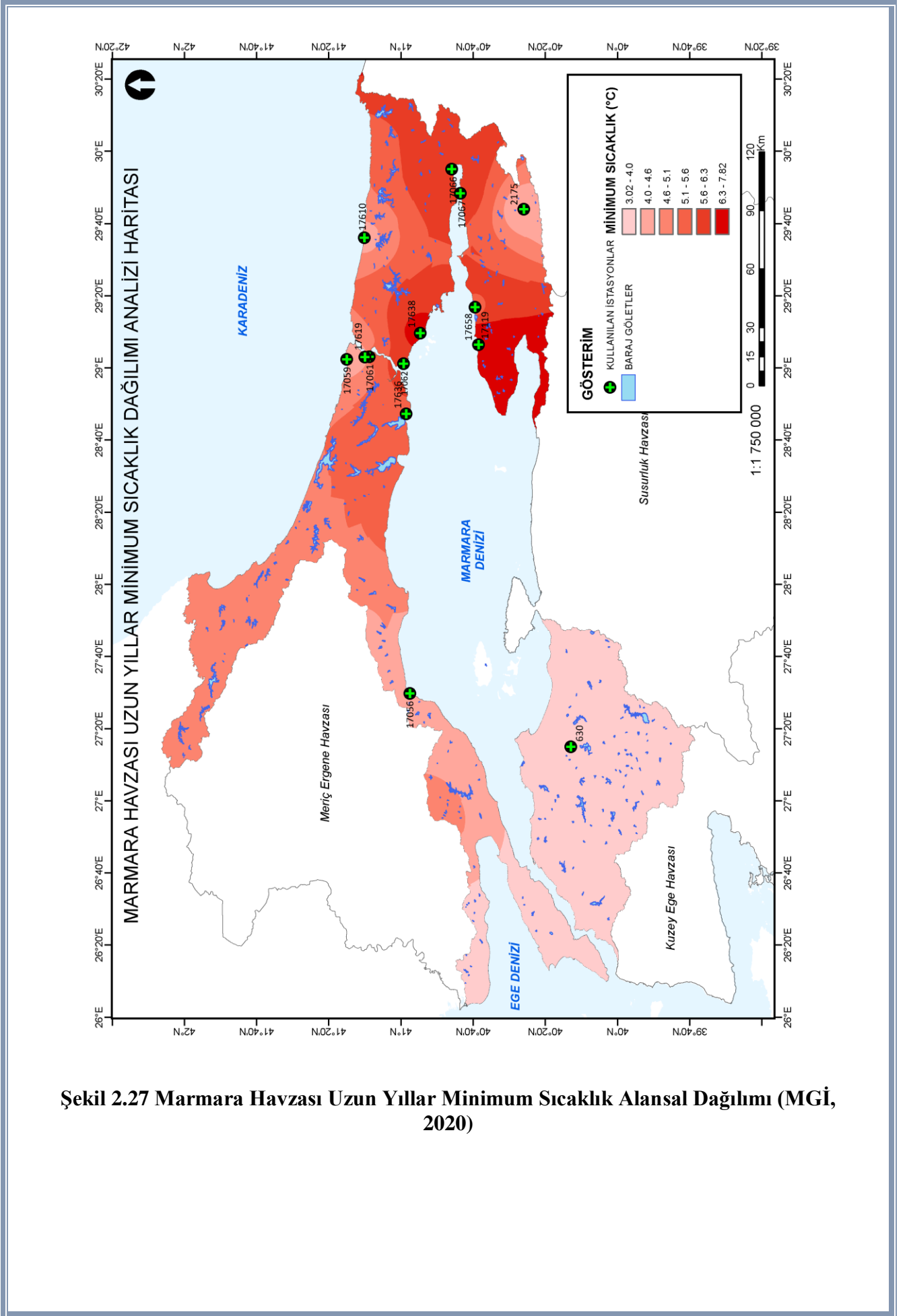


Şekil 2.26 Marmara Havzası Uzun Yıllar Ortalama Sıcaklık Alanal Dağılımı (MGİ, 2020)

İstasyon bazlı aylık minimum sıcaklık değerleri, yıllık en düşük sıcaklıkların ocak ayında yaşandığını göstermektedir. Bazı istasyonlarda -5,5 dereceleri gören minimum sıcaklıkların alansal dağılımı ise havzanın batısında minimum sıcaklıkların daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 2.22 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Minimum Sıcaklık Değerleri (°C) (MGİ, 2020)

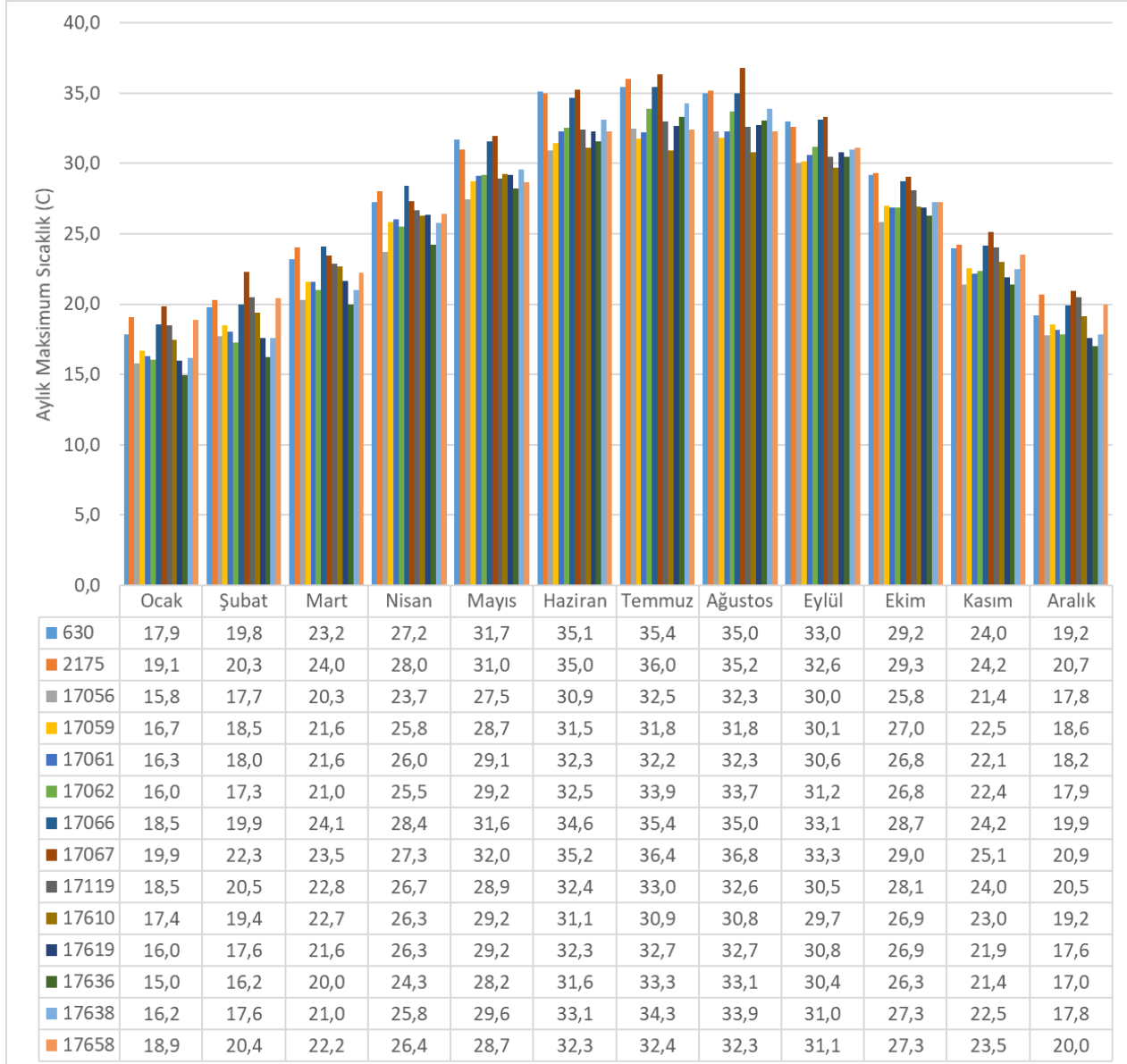


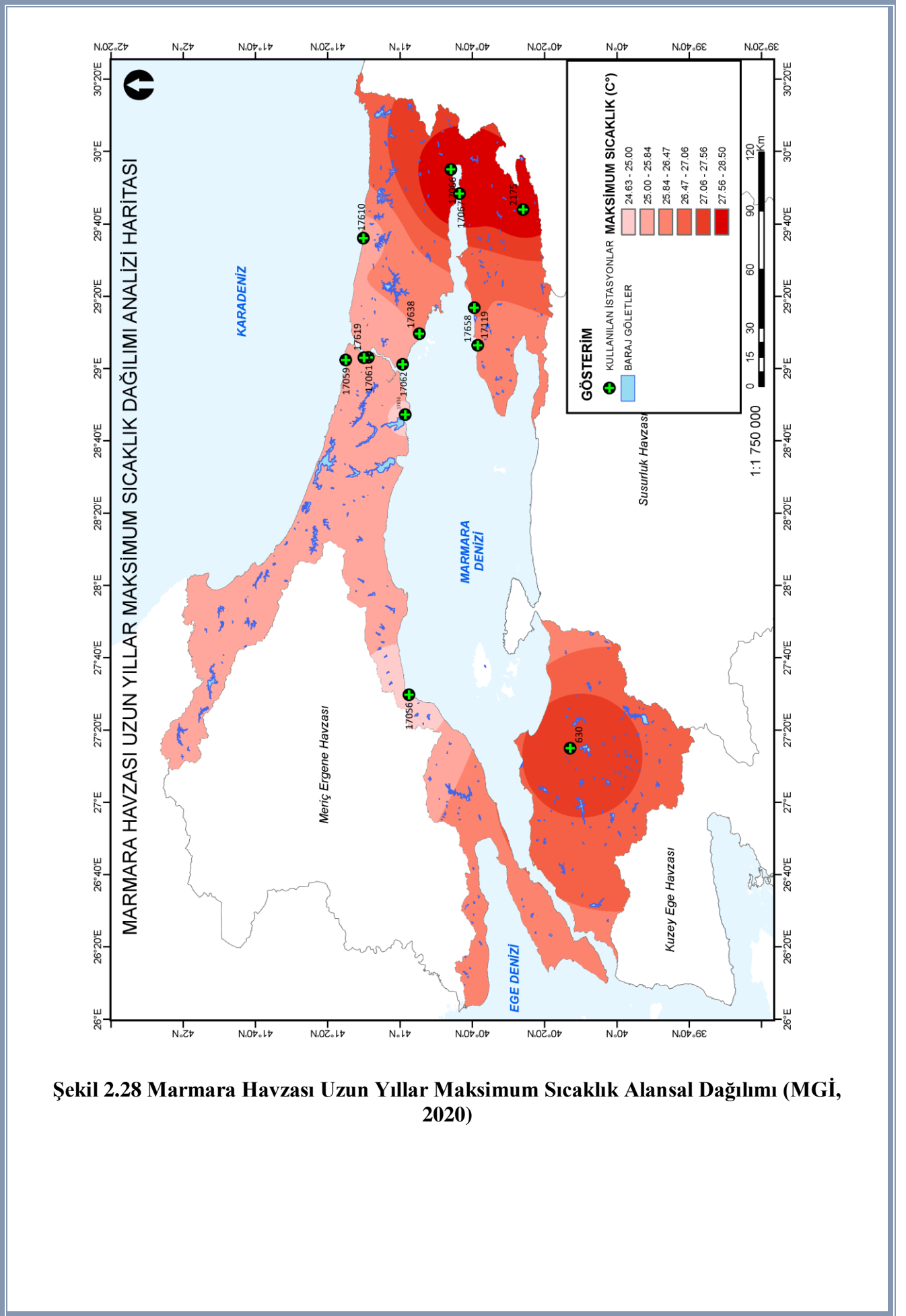


Şekil 2.27 Marmara Havzası Uzun Yıllar Minimum Sıcaklık Alansal Dağılımı (MGİ, 2020)

Ortalama sıcaklıklarda olduğu gibi en yüksek sıcaklıklar da temmuz ve ağustos aylarında görülmüştür. Yıllık ortalamaların alansal dağılımı ise maksimum sıcaklıkların havzanın doğusunda en yüksek, kuzeyinde en düşük olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 2.23 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Maksimum Sıcaklık Değerleri (°C) (MGİ, 2020)



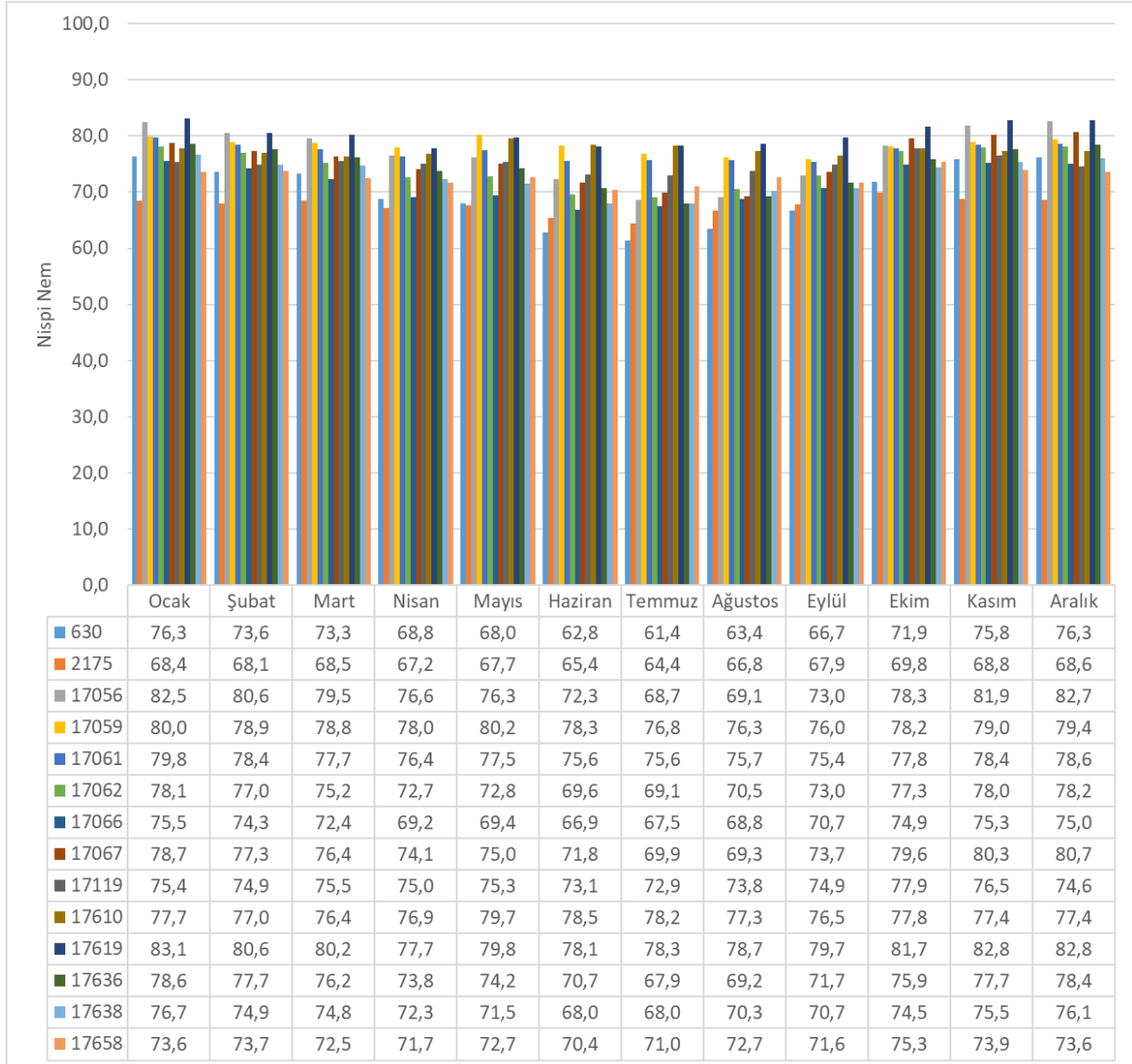


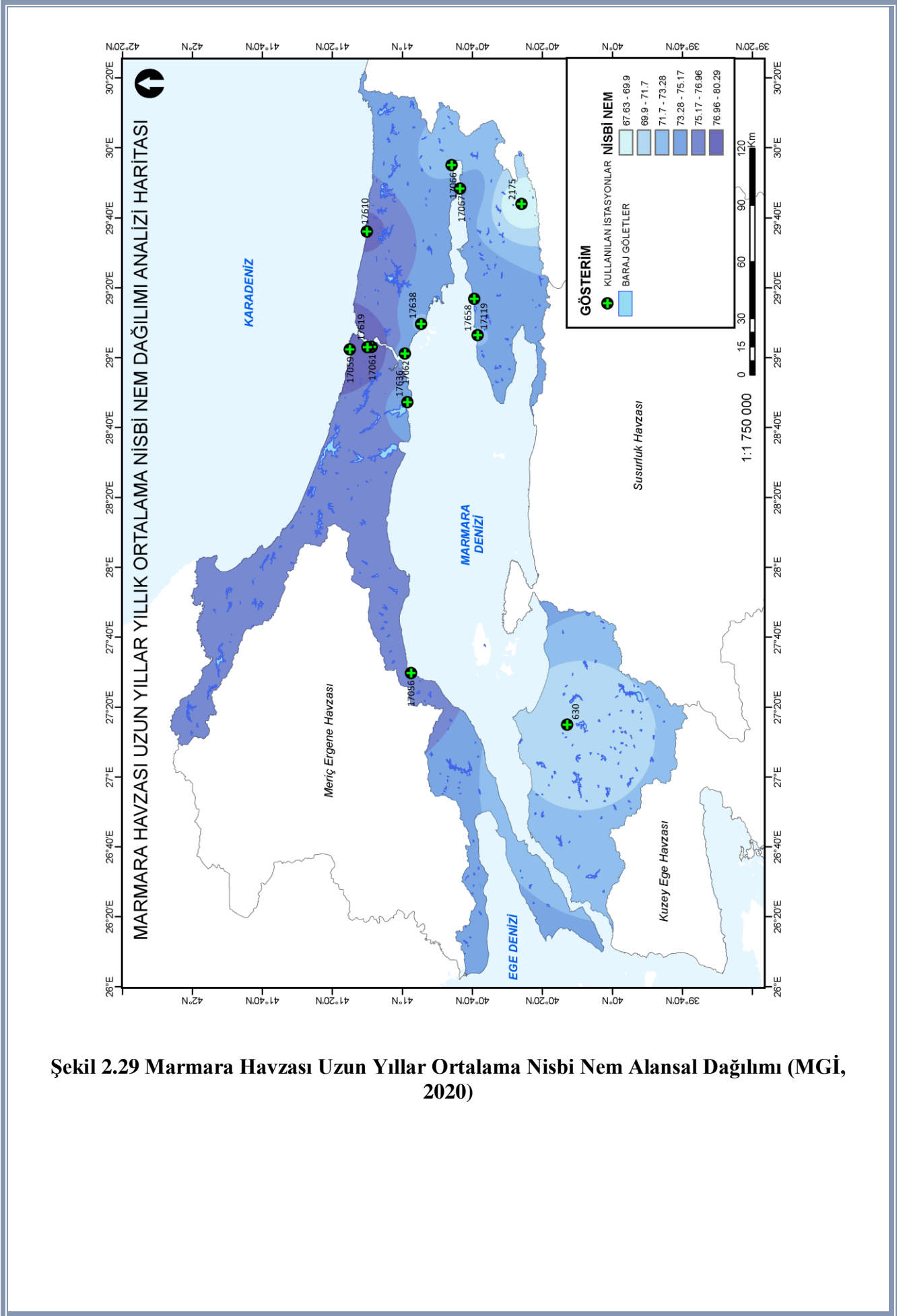
Şekil 2.28 Marmara Havzası Uzun Yıllar Maksimum Sıcaklık Alanısal Dağılımı (MGİ, 2020)

2.3.4. Bağlı Nem

Marmara Havzası'nda istasyon bazlı nispi nem değerlerinin uzun yıllar aylık ortalamalarına bakıldığında kış ve bahar aylarının daha nemli olduğu görülmektedir. Yıllık ortalamaların alansal dağılımı ise havzada kuzeyden güneye gidildikçe nispi nemin azaldığını, en nemli bölgelerin Karadeniz kıyıları olduğunu göstermiştir.

Tablo 2.24 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Ortalama Nispi Nem Değerleri (MGİ, 2020)





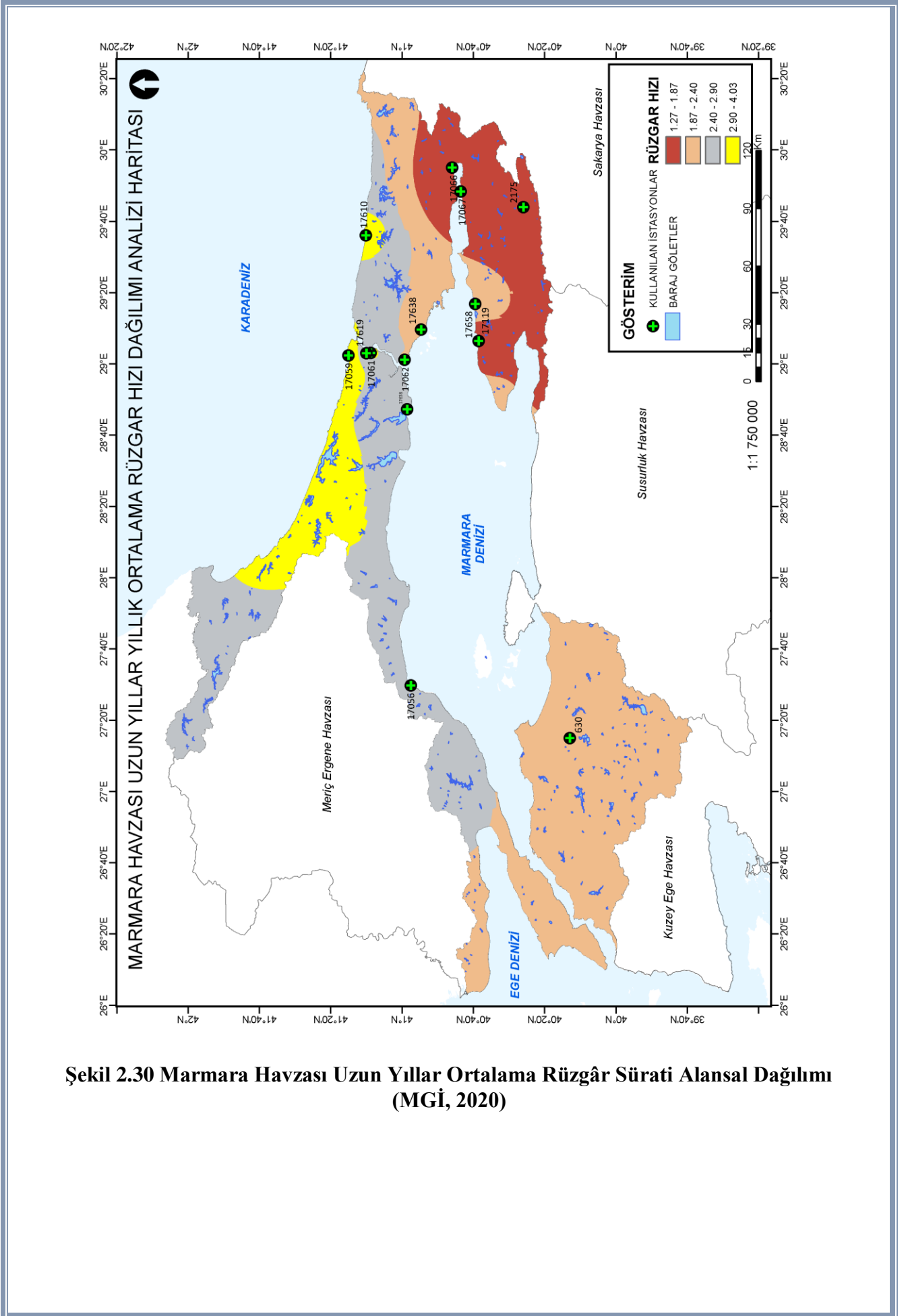
Şekil 2.29 Marmara Havzası Uzun Yıllar Ortalama Nisbi Nem Alanal Dağılımı (MGİ, 2020)

2.3.5. Rüzgâr

Marmara Havzası istasyon bazlı uzun yıllar aylık ortalama rüzgâr sürati değerleri Tablo 2.25 ile sunulmuştur. Buna göre havzada kış aylarında ve yaz aylarında rüzgâr süratlerinin daha büyük, ilkbahar ve sonbahar aylarında daha küçük olduğu görülmektedir. Rüzgâr sürati alansal dağılımı ise havzanın Karadeniz kıyılarında yıllık ortalama rüzgâr süratinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

**Tablo 2.25 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Ortalama Rüzgâr Sürati Değerleri (m/s)
(MGİ, 2020)**



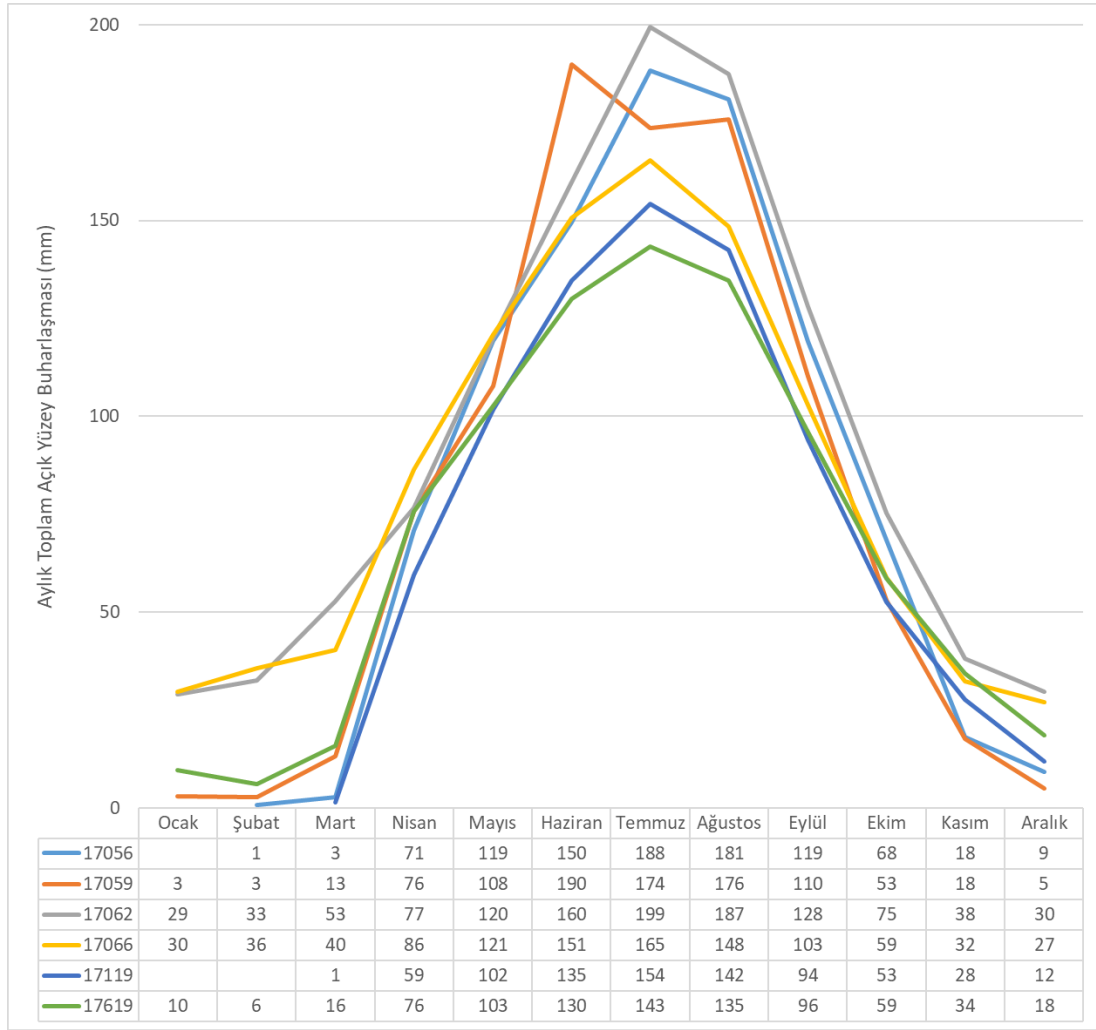


Şekil 2.30 Marmara Havzası Uzun Yıllar Ortalama Rüzgâr Sürati Alansal Dağılımı (MGİ, 2020)

2.3.6. Buharlaşma

Marmara Havzası'nda buharlaşma ölçümlerinin yapıldığı altı istasyon için uzun yıllar aylık toplam açık yüzey buharlaşması değerleri Tablo 2.26 ile sunulmuştur. 17059'nolu istasyon haricinde istasyonların tamamında en yüksek buharlaşma değerleri temmuz ayında görülmüştür. En düşük buharlaşma değerleri ise beklendiği üzere kış aylarında görülmektedir. Tabloda bazı ayların boş olarak görünmesinin sebebi o aylarda ölçüm yapılmamış olmasıdır.

Tablo 2.26 İstasyon Bazlı Uzun Yıllar Aylık Toplam Açık Yüzey Buharlaşması Değerleri (mm) (MGİ, 2020)



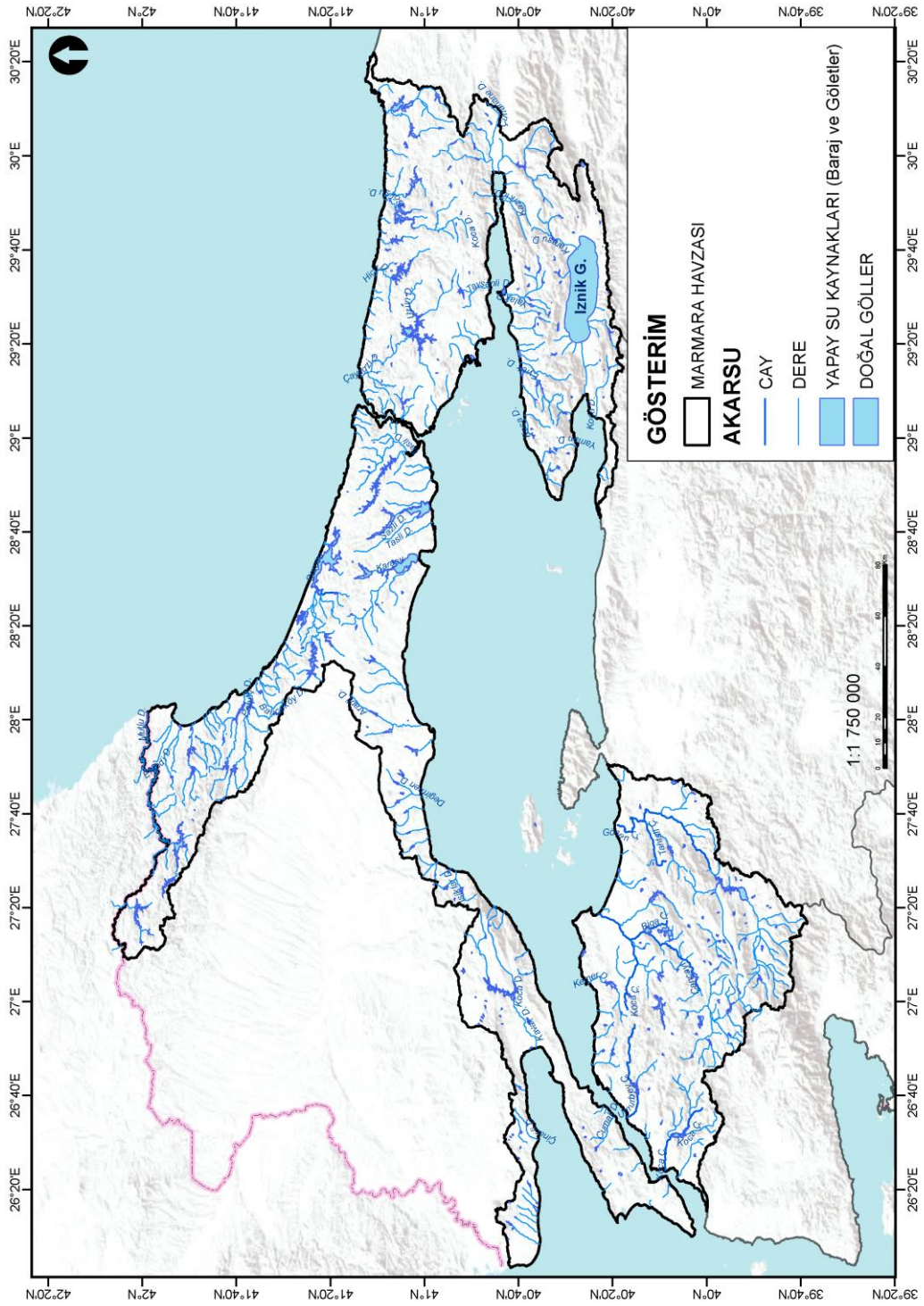
2.4. Su Kaynakları

2.4.1. Yerüstü Su Kaynakları

2.4.1.1. Akarsular

Marmara Havzası akarsuları, çoğunluğu Marmara Denizi'ne dökülen ve nehir denebilecek kadar büyük olmayan akarsulardır. Marmara Havzası, nehir havzaları gibi olmadığı ve havzanın suları tek bir büyük kolda toplanarak tek bir yerden (veya birkaç noktadan) denize dökülmediği, küçük kollar halinde onlarca noktadan denize döküldüğü için, havzada yüzlerce dere ve çay mevcuttur. Şekil 2.31 üzerinde bu akarsular ve havza üzerindeki dağılımı görülmektedir.

Ağva bölgesinde İstanbul'un en büyük akarsuyu olan Riva (Çayağazı) Deresi 100 km uzunluğundadır. Samandıra'dan çıkarak Ömerli Baraj gölünü oluşturmakta, sonrasında Karadeniz'e dökülmektedir. Yine aynı bölgede, debisi oldukça yüksek olan ve Şile yakınlarından denize dökülen 50 km'lik Hiciv deresi bulunmaktadır. Marmara Denizi'ne dökülen en önemli akarsuların bir bölümü Körfez çevresindedir. 12 km'lik Dilovası (Tavşanlı) Deresi, Samanlı Dağları'ndan gelerek Marmara'ya dökülen Kirazdere, Yalakdere ve Sellimandıra dereleri bunlardan bazılarıdır. Marmara'nın güneyinde, havzanın önemli akarsularından Gönen çayı, dağların sularını toplayan daha ufak derelerin birleşmesi ile oluşur. 2156.2 km² drenaj alanından su topladıktan ve Gönen Barajı'nı da doldurduktan sonra Erden Körfezi'nden denize dökülür. Güney-batı Marmara'da 4155.9 km² drenaj alanıyla Biga Çayı bölgenin en önemli akarsuyudur ve birçok küçük çayın birleşmesinin ardından Biga ovasının da suyunu toplayarak denize dökülür. Marmara Denizi'ne dökülen bu akarsular haricinde, bir kapalı alt havza oluşturan İznik Gölü de Havza'nın önemli bölümlerindedir. 1384 km² drenaj alanından toplanan ve göle dökülen birçok dere vardır. Kıran dere, Çınarlık dere, Küçükköy dere, Cevizlik deresi, Karasu deresi, Derbent dere, Gölayağı deresi bunların başlıcalarındandır. (DSİ, 2014)



Şekil 2.31 Marmara Havzası Akarsuları (DSİ, HGM)

2.4.2. Akım Gözlem İstasyonları

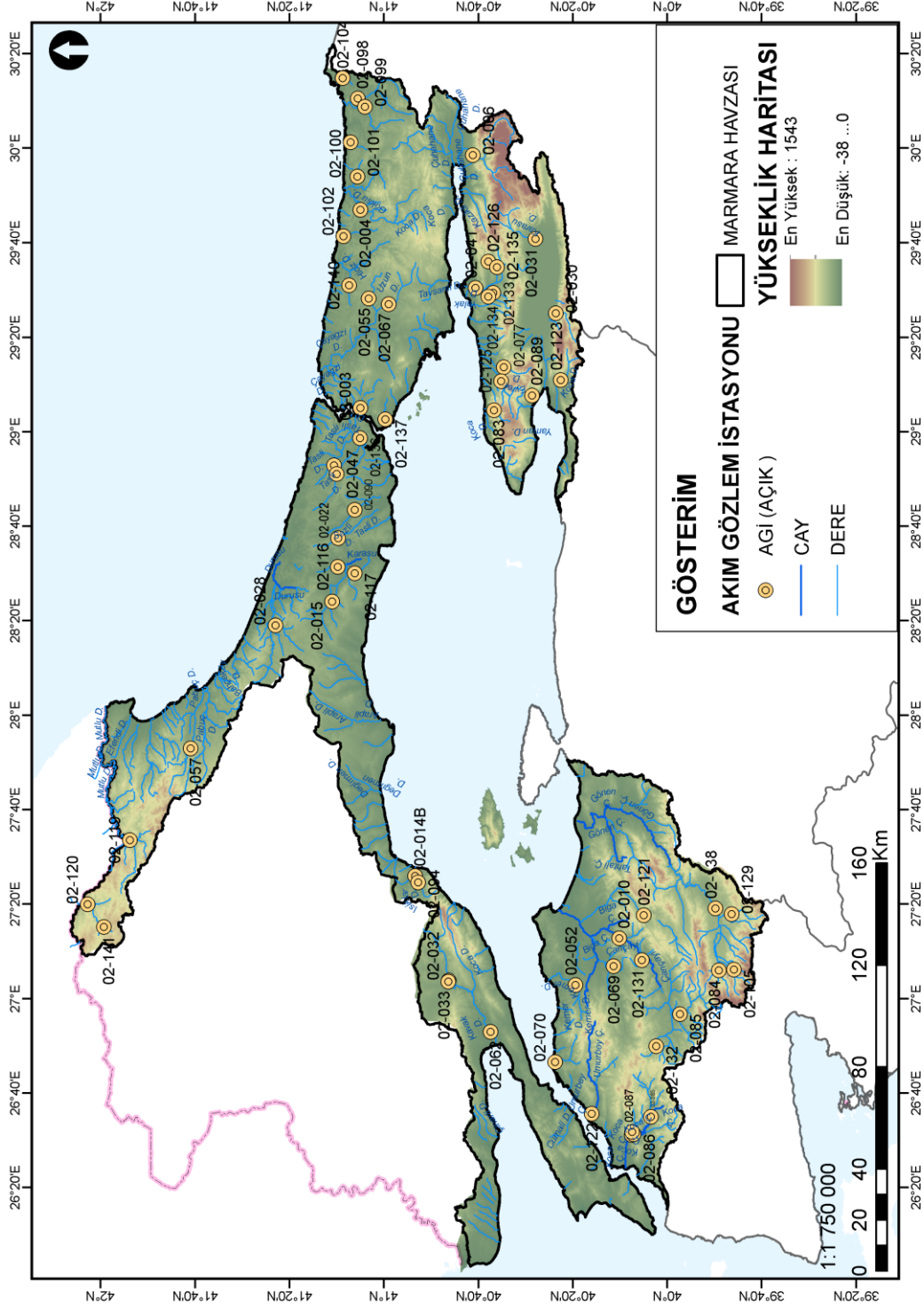
Havzadaki akım gözlemleri Şekil 2.32 üzerinde de görüldüğü gibi havza genelini alansal olarak iyi kapsayan geniş bir ağda yayılmıştır. Bu akım gözlem istasyonlarına dair bilgiler Tablo 2.27 ile sunulmaktadır.

Tablo 2.27 Akım Gözlem İstasyonları

İstasyon No	İstasyon Adı	Akarsu	Açılma Tarihi
02-057	Kızılağaç	Pabuçdere	1975-06-17
02-119	Armutveren	Velika Dere	1995-08-22
02-120	Çağlayık	Kocadere	1995-08-22
02-128	İğneada	Elmalı Dere	2006-08-02
02-141	Kocayazı	Değirmen Dere	2002-11-18
02-143	Küçük Yayla	Kazan Dere	2004-12-01
02-150	Balkaya	Yene suyu	2006-11-15
02-151	İğneada	Değirmendere	2006-08-02
02-152	Panayır İskelesi	Panayırdere	2006-08-01
02-154	Karaevli	Seymen Dere	2006-12-14
02-156	Ahmetler	Fındıklı Deresi	2008-07-15
02-056	Balaban	Balaban Dere	2006-01-01
02-055	Balaban	Mahya Dere	2005-06-08
02-032	Emirali	Işıklar Dere	1976-05-06
02-033	Emirali	Kovan Dere	1982-03-04
02-034	Naipköy	Ova dere	1966-10-01
02-062	Kavak	Kavak Çayı	1977-01-01
02-028	Karamandere	Karamandere	1967-01-01
02-046	Büyükkılıçlı	Kova Dere	1968-10-24
02-116	İzzettin	Karasu Dere	1994-02-17
02-117	Ahmediye	Çiftlik Dere	1995-01-01
02-047	Pirinççiköy	Tayakadın Deresi	1969-01-01
02-161	Kilyos	Tatlısu Dere	2011-10-01
02-015	İncegiz	Delice Dere	1966-01-01
02-011	Çatalca	Karasu Deresi	1972-01-01
02-021	Bahşayış	Karasu Dere	1966-07-08
02-024	Tepecik	Çiftlik Dere	1967-01-01
02-022	Bosna	Sazlı Dere	1966-06-21
02-090	Kayıbaşı	Sazlı Dere	1984-01-10
02-023	Halkalı	Menekşe Deresi	1966-07-06
02-107	Kemberburgaz	Taşlı Dere	1990-01-01
02-146	Ayazağa	Ayazağa II	2017-12-01
01-010	Muratlı	Çorlu Suyu	1959-09-01
02-007	Armağan	Kocadere	1964-07-08
02-008	Kömürköy	Kazandere	1964-07-15
02-012	Çavuşköy	Dolapdere	1965-09-06
02-013	Tayfur	Tayfur Dere	1970-01-01
02-016	Marmara Ereğlisi	Bağlar Dere	1965-09-17
02-094	Naipköy	Işıklar Dere	1986-10-22
02-097	Taspınar	Düzdere	1986-01-01

02-108	Aksicimköyü	Kazan Dere	1990-09-03
02-144	Naipköy	Cevizdere	2004-12-02
02-057	Longos	Bulanık Dere	2006-01-01
02-009	Sislioba		1965-07-20
02-028	Türkmenli		1987-11-03
02-005	Işıklar		1966-11-18
02-006	Kalaycı		1966-11-16
02-017	Abdurrahim		1963-06-01
02-012	Binkılıç		1967-08-05
02-011	Büyükçekmece Barajı		1966-10-01
02-004	Alibey Barajı		1968-10-01
02-003	Terkos Barajı		1961-11-01
02-007	Karainebeyli		1963-06-10
02-003	Gerdeli	Çanak d.	1959-08-21
02-004	Şıhlar	Göksu d.	1959-08-20
02-005	Erenler	Şile d.	1959-10-14
02-006	Yuvaköy	Kirazdere	1962-05-27
02-029	Karabük	Tavşanlı d.	1966-07-01
02-038	Mağara	Darlık d.	1967-04-06
02-040	Gölcük	Hisar d.	1968-09-14
02-041	Ayazma	Yalakdere	1968-09-14
02-043	Gökçe	Selimandra d.	1968-10-01
02-050	Kocadereköy	Kocadere	1970-05-22
02-055	Bıçkıdere	Ozan d.	1974-11-14
02-061	Ketenci	Ketenci d.	1975-06-01
02-067	Göçbeyli	Göçbeyli d.	1978-03-16
02-068	Aydınlı	Büyük dere	1979-10-12
02-072	Seymenli	Seymenli d.	1980-01-29
02-073	Arıklar	Sarısu	1980-05-05
02-074	Boyalıca	Kurudere	1980-10-01
02-077	Kurtköy	Safrandere	1980-07-10
02-078	Hacıoğlu	Bıçkı d.	1981-10-01
02-079	Çayırova	Saz d.	1981-12-24
02-080	Stadyum	Çınarlı d.	1982-03-01
02-083	Teşvikiye	Karpuzdere	1984-04-30
02-091	Armutlu	Hamamlıdere	1986-10-01
02-092	Kapaklı	Yamandere	1986-10-01
02-093	Çayırköy	Eşekdüşen d.	1986-10-01
02-098	Alaybey	Yulaflı dere	1989-05-16
02-099	Kandıra	Yenidüz dere	1989-05-16
02-100	Bağıranlı	Kuru dere	1989-05-16
02-101	Çelebiköy	Yılgın dere	1989-05-01
02-102	Kabakoz	Kabakoz dere	1989-10-01
02-103	Erenler	İliciz dere	4917-02-19
02-104	Kefken	Kumcağız dere	1989-05-27
02-125	Gökçe Brj.Gir	Sellimandra dere	1996-10-01
02-126	İhsaniye	Suludere	1996-10-01
02-133	Semetler	Yağcıdere	1995-10-01
02-134	Karadereköyü	Karadere	1997-10-01
02-135	Avcıköy	Avcıdere	1997-10-01

02-137	Kadıköy	Kurbağlı dere	1997-03-06
02-140	Kaledibi	Yeşildere	2001-10-01



Şekil 2.32 Havzadaki Açık Akım Gözlem İstasyonları

2.4.3. Göller

Marmara Havzası'nın Anadolu Bölümü'nde çok fazla doğal göl bulunmamaktadır. Biga Yarımadası'nda yer alan Emir Gölü ve Gönen Çayı'nın taşması sonucu oluşan doğal bir göl olan Bostancı Köyü Gölü haricinde, Kırklareli'nin havza içinde kalan Demirköy ilçesinde doğal göl olarak Mert, Hamam, Pedina gölleri bulunmaktadır. Bu doğal göllerden sulama veya içme suyu eldesi amacıyla faydalanılmamaktadır. Ancak havzanın Anadolu bölümündeki en önemli göl İznik Gölüdür ve havzanın bu bölümünün ana su kaynağı konumundadır. İçme ve sulama suyu amaçlı olarak kullanılmaktadır. (DSİ, 2014)

Marmara Havzası'nın Trakya Bölümü'nde yani Kuzey Marmara Havzası'nda yer alan önemli göller ise Büyükçekmece Gölü, Küçükçekmece Gölü, Terkos Gölü'dür. Bunun haricinde Gala Gölü, Dalyan Gölü, Taşaltı Gölü, I. ve 2. Tuzla Gölü, Bücürmene Gölü, Sığırcık Gölü, Erikli Gölü, Kocagöl ve Saka Gölü havzada yer alır (DSİ, 2018).

İznik Gölü:

Türkiye'nin beşinci büyük doğal gölü olan İznik Gölü 298 km²'lik yüzölçümü ile Marmara Bölgesi'nin de en büyük gölüdür. Tektonik bir tatlı su gölüdür ve suyu sodalıdır. Kuzeyinde Samanlı Dağları, güneyinde Avdan Dağı vardır. Uzunluğu doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 32 km, en geniş yeri 11,5 km'dir. Gölde ortalama su seviyesi 74 m'dir. Göl seviyesi kış ve ilkbahar aylarında (şubat-nisan arası) yükselmekte, yaza doğru alçalarak en düşük seviyesini sonbaharda (eylül) bulmaktadır. Yüksek-alçak seviyeler arasındaki fark ortalama 50-60 cm'yi (bazen 100 cm) bulur.

Gölün su toplama alanı 1246 km²'dir. Göle su taşıyan akarsuların en önemlileri kuzeydoğudaki Karadere ile güneybatı kesimine akan Kocadere adı ile bilinen Sölöz Deresi'dir. Gölün bu akarsular haricinde dipteki karstik kaynaklar ve yağmur suları ile de beslendiği düşünülmektedir. Karsak Suyu gölün fazla sularını Gemlik Körfezi'ne boşaltır. Karsak Suyu doğrudan İznik Gölü'nden çıkmayıp, gölün güneybatısında bulunan birkaç metre yükseklikteki çakıl ve kum setinden sızan sularla oluşur. İznik Gölü 1990 yılında Sit Alanı ilan edilmiştir. Göl bütünüyle tarım alanları ve zeytinliklerle çevrilidir. Tarım alanları için gölden su alınmaktadır. 1963'te gölün batısındaki seddenin yapımı sonucunda 416 ha sulak alan kurutulmuştur. Su tutma amacıyla da yapılan bu sedde, gölü kısmen bir rezervuara dönüştürmüştür. (DSİ, 2014). İznik Gölü'nde sular altında olduğu 2014 yılında keşfedilen bir bazilikanın kalıntıları, 2020 yılında su seviyesinin ciddi miktarda düşmesinden dolayı görünür

haline geldiğinde İznik Gölü'nün kuraklık ve su çekimlerinden dolayı düşen seviyesiyle ilgili endişeleri de artırmıştır (Cumhuriyet Gazetesi, 2020).



Şekil 2.33 İznik Gölü'nde keşfedilen, 1500 yıl önce Aziz Neophytos adına inşa edildiği düşünülen bazilika (Cumhuriyet Gazetesi, 2020)

Büyükçekmece Gölü:

Büyükçekmece Gölü İstanbul'un batısında, kuzey ve batı kesimleri sazlık olan ve Marmara Denizi'ne bağlanan hafif-tuzlu bir lagündür. 1989 yılında inşa edilen barajla birlikte bir içme suyu rezervuarı haline dönüştürülen ve su seviyesi yapay olarak yüksek tutulan bu tatlı su gölü, önemli bir kuş alanıdır. Büyükçekmece Gölü 631,6 km²'lik su toplama havzasıyla ve yaklaşık 27,5 km²'lik göl alanıyla İstanbul'a su sağlarken aynı zamanda yerel ve göçmen kuşlara yaşam ortamı sunmaktadır (DSİ, 2018).

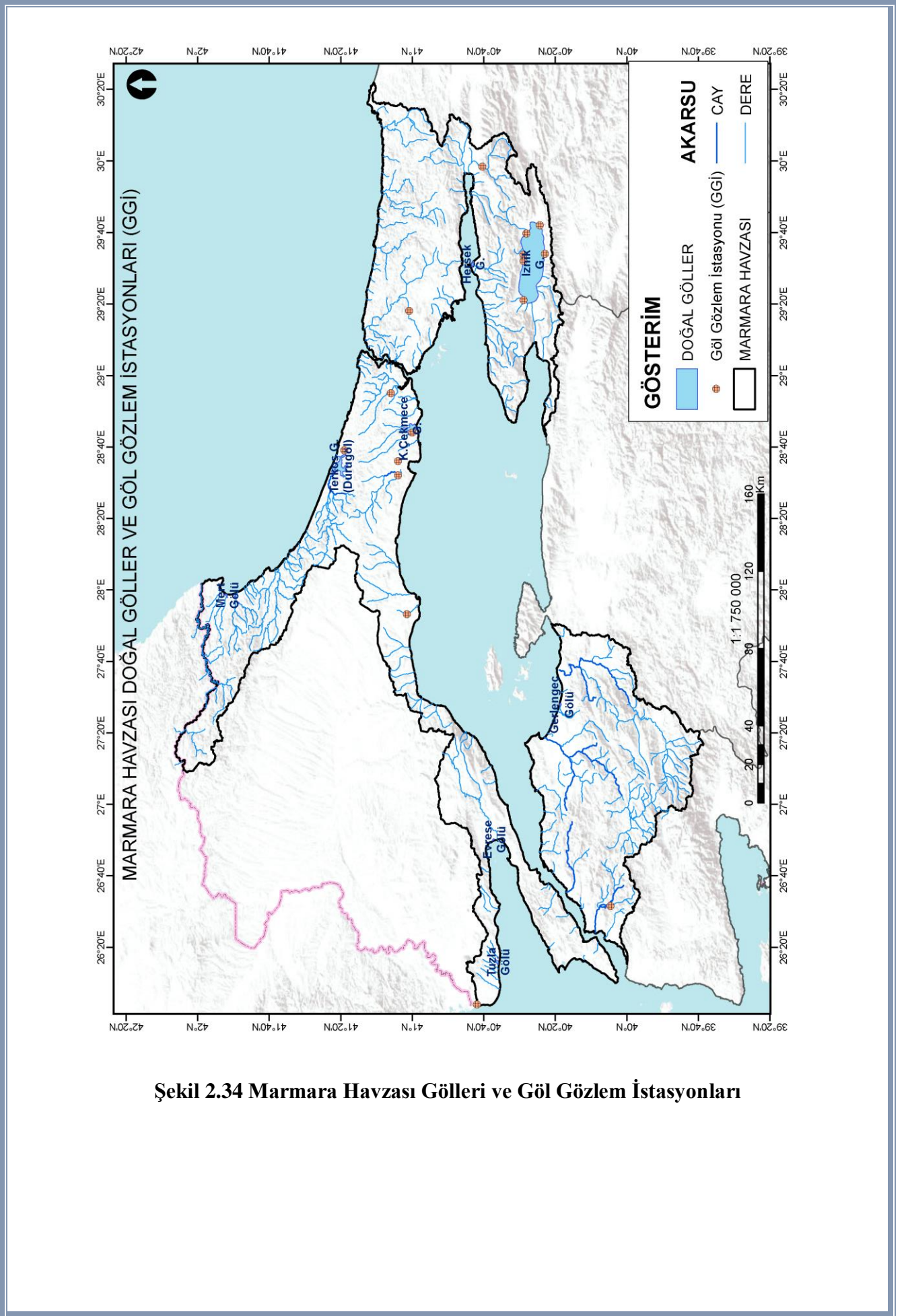
Küçükçekmece Gölü:

Su toplama alanı 179 km² olan Küçükçekmece Gölü, kuzey ucunu sazlıkların kapladığı 20 metre derinliğinde hafif tuzlu bir lagündür. Toplam alanı 15 km² olup, koruma statüsüne sahip değildir. Küçükçekmece Gölü'nün Sazlıdere Baraj kretine kadar olan bölümü sulak ve bataklık alanları oluşturmaktadır (DSİ, 2018).

Terkos Gölü:

Su toplama alanı 736,2 km² olan Terkos Gölü, Karadeniz'e bakan tepelerinde baltalık, orman, fundalık, mera, düşük kotlarında sulak ve kumul alanlardan oluşan geniş bir mozaigi barındırmaktadır. Terkos ve Kasatura arasında ve kıyı şeridinde bulunan alan toplam 127,2 ha kadardır (DSİ, 2018).

1883'te Terkos Gölü'nün suyunun İstanbul'a ulaştırılıp dağıtılması amacıyla Fransız menşeli Terkos Dersaadet Anonim Şirketi, Terkos Gölü'nde baraj regülâtörü, su alma prizleri inşa edilmesine başladı. 1885 yılına gelindiğinde, Terkos Pompa İstasyonu, basınçlı 600 mm çapında boru iletim hattı, 37 km kâgir galeri hattı ile Kâğıthane Filtre Tesisleri, şehir su şebekesi ve semt havuzları tamamlanarak şehre ilk basınçlı su verilmeye başlandı. Terkos Pompa İstasyonu ülkemizin ilk pompa istasyonu olması itibarı ile bir müze niteliğini taşımaktadır. Cumhuriyetin ilanından sonra 1932 senesinde akdedilen bir mukavele ile Dersaadet Anonim Su Şirketi satın alınarak 1 Ocak 1933'den itibaren faaliyetleri İstanbul Sular İdaresine devredilir. İstanbul'a içme suyu temin etmek gayesiyle kurulan ve 1967 yılına kadar kullanılan Terkos'taki buharlı pompalar 3 grup halinde 6 adet olup her grup 100 Hp gücündedir. Her grup günde 11.000 m³ su basma kapasitesindedir. Gelişen teknolojiyi takip ederek elektrik enerjisi ile su pompajının yapılabileceği fikri gelişmiş ve 1952 yılından itibaren buharlı pompalar terk edilerek elektrikli pompalarla 3 MW'lık bir elektrik gücü kullanılmaya başlanmıştır. Sonraki yıllarda kapasite 6 MW'a çıkarılmıştır. Hâlihazırda İSKİ Terkos İşletmeler Müdürlüğü'nün 14 adet motordan sağlanan toplam 41,4 MW büyüklüğünde kurulu gücü bulunmaktadır (Gemici, 2015).



Şekil 2.34 Marmara Havzası Gölleri ve Göl Gözlem İstasyonları

2.4.4. Depolamalar

Havzanın yoğun nüfusunun ihtiyacını karşılamak üzere havzada birçok baraj ve gölet bulunmaktadır. Havzada yer alan baraj ve göletler, amaç ve aşamalarıyla birlikte Tablo 2.28 ile verilmektedir. Ardından havzada yer alan belli başlı barajların karakteristikleri sunulmuştur.

Tablo 2.28 Marmara Havzası'ndaki Gölet ve Barajlar (DSİ, 2021)

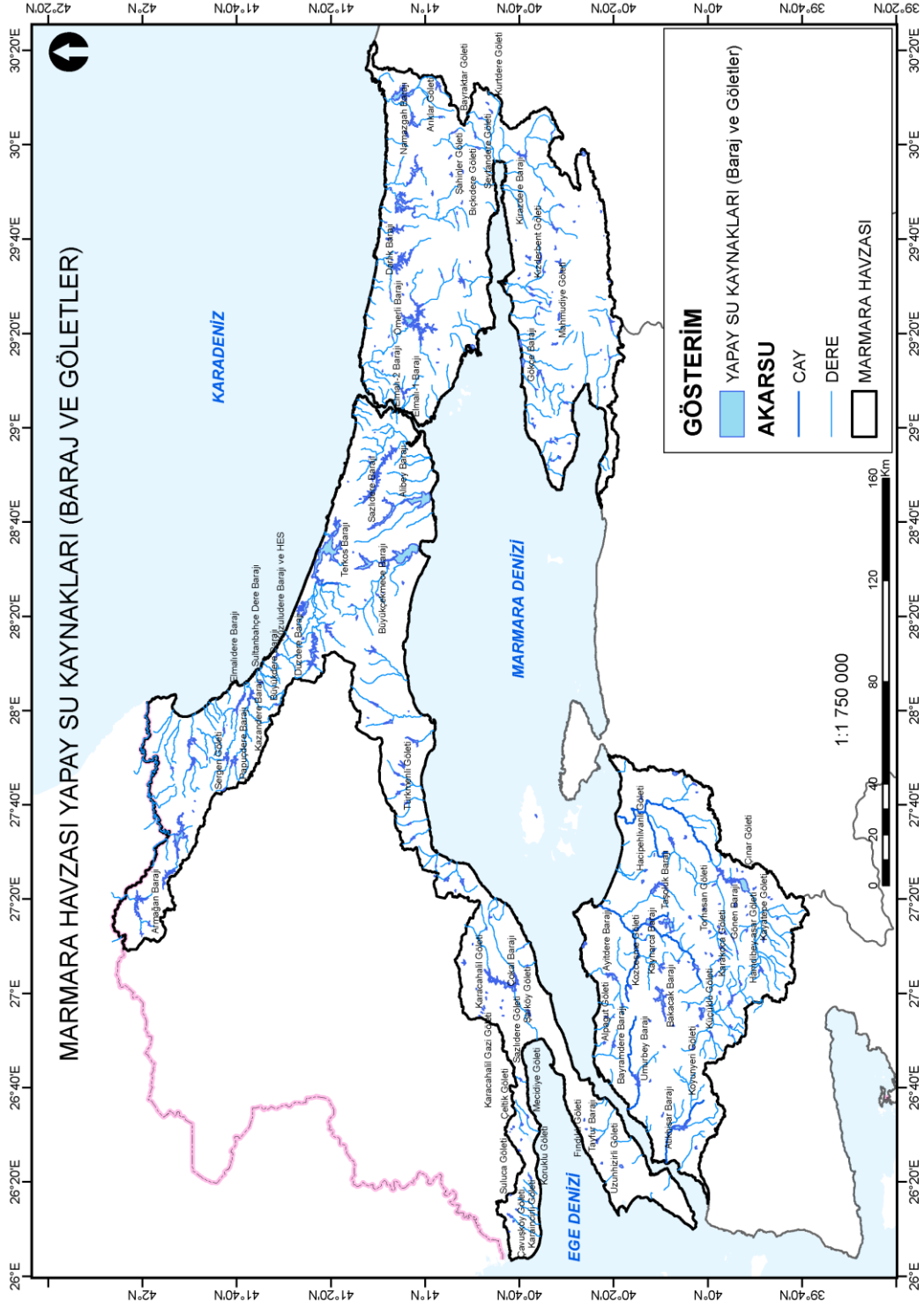
Depolama Adı	Aşaması	Amaç	Akarsu Adı
Aşağıcavuş Barajı	Proje	S (Sulama)	Kocadere (Boşnakdere)
Naipköy Barajı	İşletmede	I (İcme)	İşıklar Deresi
Avcıdere Barajı	Proje	S+I	Suludere
Büyükkuşla Barajı	İnşa Halinde	I+K	Büyükkuşla Deresi
Orhangazi Barajı	Planlama	S+I	Olukdere
Sölöz Barajı	Planlama	S+I	Sölöz Dere
Ballıkaya Göleti	Planlama	S (Sulama)	Delidere
Bayraktar Göleti	İşletmede	S+T	Gediklidere
Bıçkıdere Göleti	İşletmede	S+T	Bıçkıdere
Kovancı Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Emine Dere
Yukarınova Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Elma Dere
Kemalmusa Göleti	Proje	S (Sulama)	Buzağılık Dere
Kurtdere Göleti	İşletmede	S+T	Kurtdere
Mahmudiye Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Fulacık Dere
Kovalıdere Göleti	Önİnceleme/MasterPlan	S (Sulama)	
Çınar Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Karapınar Dere
Çukuroba Göleti	Proje	S (Sulama)	Deliktaş Deresi
Sarıca Göleti	Proje	S (Sulama)	Değirmen Dere
Umurlar Göleti	Proje	S+I	Değirmen Dere
Karamusalur Göleti	Proje	S (Sulama)	Sıvazlar Dere
Denizli Göleti	Planlama	E (Enerji)	
Hamidiye Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Başoluk Deresi+Pelit Dere
Karacakaya Göleti	Planlama	S (Sulama)	Karacadere
Gürgendere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Çınarlık Dere
Balcılar Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Gökdere
Altıkulaç Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Altıkulaç Dere
Yeşilköy Göleti	Planlama	S+I	Kırkgeçit Dere
Derenti Göleti	Planlama	I (İcme)	Değirmen Dere
Hacılar Göleti	Proje	S (Sulama)	Kocaburun Dere
Altınzeybek-1 Göleti	Planlama	I+K	Bıçkı Dere
Karlı Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Değirmen Dere
Bakacak Barajı	İşletmede	S (Sulama)	Kocaçay
Tayfur Barajı	İşletmede	I (İcme)	Büyük Dere
Gönen Barajı	İşletmede	S+E+I+T	Gönen Çayı
Akpınar Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Akpınar
Alibey Barajı	İşletmede	I (İcme)	Alibey Deresi
Sultanbahçedere Barajı	İşletmede	I (İcme)	Sultanbahçe Dere
Büyükçekmece Barajı	İşletmede	I (İcme)	Büyükçekmece Gölü
Çakıl Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kiremit Dere
Büyükdere Barajı	İşletmede	I (İcme)	Çilingöz Dere
Darlık Barajı	İşletmede	I (İcme)	Darlık Deresi
Değirmenköy Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Arap Dere
Kabakoz Barajı	Proje	I+T	Kabakoz
Kömürköy Barajı	Planlama	I (İcme)	Kazandere
Türkmenli Göleti	İşletmede	S+I	Kum Deresi

Depolama Adı	Aşaması	Amacı	Akarsu Adı
Muratlar Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Koca Dere
Yülüce Göleti	Proje	S (Sulama)	Çınarlıgök Dere
Çınarcık Göleti	Proje	S (Sulama)	Akkaya Dere
Altınzeybek-2 Göleti	İnşa Halinde	S+I	Kumarlar Dere
Dereoba Göleti	Proje	S (Sulama)	Darı Dere
Koçbayır Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Uzunluk Dere
Namazgah Barajı	İşletmede	I (Icme)	Namazgah Deresi
Hacıpehlivanlı Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Maden Dere
Umurbey Barajı	İşletmede	S (Sulama)	Umurbey Çayı
Hamdibey-Asar Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kocadere
Yaygın Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Uzunburun Dere
Koyunyeri Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Solak Dere
Aytdere Barajı	İşletmede	S (Sulama)	Çınardere
Fındıklı Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Fındıklı Dere
Kaynarca Barajı	İşletmede	S (Sulama)	Kaynarca Dere
Uzunalan Barajı	Planlama	S+I	Kocaçay
Alpagut Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Alpagut Dere
Kayatepe Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Köy Dere
Küçükklü Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kızancık Dere
Bayramdere Barajı	İşletmede	S+I	Karanlık Dere
Bekten Göleti	Planlama	S (Sulama)	Manav Dere
Çakır Göleti	Proje	S (Sulama)	Alan Dere
Çilekli Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kiraz Deresi
Uzunhızlı Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kayaaltı
Atikhisar Barajı	İşletmede	S+I	Sarıçay
Torhasan Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Çördek Dere
Kılavuzlu Göleti	Proje	S (Sulama)	Taşköprü Deresi
Karakoca Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Koz Dere
Kozceşme Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kocadere
Öğmen Göleti	Önİnceleme/MasterPlan	S (Sulama)	Sarıtaş Dere
Akpınar Göleti	Proje	S+I	Akpınar Dere
Geyikli (Gönen) Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Yoğunağaç Deresi
Sofular Göleti	Proje	S (Sulama)	Taşgök Deresi
Çavuş Göleti	İnşa Halinde	S+I	Çamurluburun Deresi
Dondurma Göleti	Proje	S (Sulama)	Değirmen Dere
Haydaroba Göleti	Proje	S (Sulama)	Sarıç Deresi
Elmalı-2 Barajı	İşletmede	I (Icme)	Budakdere ve Çavuşbaşı
Düzdere Barajı	İşletmede	I (Icme)	Çeşmebaşı Deresi
Atatürk Arboretumu Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kurudere
Elmalı-1 Barajı	İşletmede	I (Icme)	
İnceğiz Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Büyükşıraman Deresi
Osmangazi (İsaköy) Barajı	Proje	E+I+T	Göksu Deresi
Elmalı Şehir Ormanı Göleti	İşletmede	K (Kullanma)	Kuru Dere
Sergen Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Değirmendere
Türkücü-2 Göleti	Planlama	S (Sulama)	Değirmen Dere
Bahçeköy Göleti	Planlama	S+I	Çayır Dere
Karaincikli Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Ana Dere
Ömerli Barajı	İşletmede	I (Icme)	Riva Deresi
Sungurlu Barajı ve Hes	Proje	E+I	Sungurlu (Çanakdere) Deresi
Çeşmealtı Barajı	Planlama	S (Sulama)	Kurudere
İznik Barajı	İnşa Halinde	S+I	Karasu Dere
İhsaniye Barajı	İşletmede	S+I	Suludere
Tahtalı Göleti	İşletmede	E (Enerji)	
Şahinler Göleti	İşletmede	S+T	Kocadere
Şeytandere Göleti	İşletmede	S+T	Şeytandere
Beybaşı Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Yığılıçakır Dere
Şarköy Göleti	İşletmede	I (Icme)	Karadeğirmen Deresi

Depolama Adı	Aşaması	Amacı	Akarsu Adı
Kazandere Barajı	İşletmede	I (Icme)	Kazandere
Papuçdere Barajı	İşletmede	I (Icme)	Bulanıkdere
Sazlıdere Barajı	İşletmede	I (Icme)	Sazlıdere
Küçükçekmece Gölü		E (Enerji)	
Terkos Barajı	İşletmede	I (Icme)	Terkos Gölü
Ata Göleti	İşletmede	T (Taskin Onleme)	Ayamama
Elmalıdere Barajı	İşletmede	I (Icme)	Elmalıdere
Kuzuludere Barajı	İşletmede	I (Icme)	Kuzuludere
Koldere Barajı ve Hes		E+I	Şeytan Dere
Karamandere Barajı ve Hes	Planlama	I+T	Binkılınç Deresi
Yenice-1 Göleti	Planlama	S (Sulama)	Yenice Deresi
Gazi Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Değirmen Dere
Türkgücü-1 Göleti	Planlama	S (Sulama)	Köprüce Deresi
Seymen Göleti	İnşa Halinde	S+I	Esetçe Deresi
Çokal Barajı	İşletmede	S+I	Kavak Deresi
Çavuşköy Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Dolap Deresi
Çağlayık Barajı	Planlama	I (Icme)	Çağlayık Dere
Kızılağaç Barajı	Planlama	I (Icme)	
Balaban Barajı	Planlama	I (Icme)	
Çelebi Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Aktoprak
Avşar Göleti	Planlama	S (Sulama)	Baba Deresi
Karacahalil Göleti	İşletmede	S+T	Ezberli Dere
Çimendere-1 Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Kupdere
Çimendere-2 Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Hamamkaya Deresi
Sivriler Göleti	İnşa Halinde	S+I	Değirmen Deresi
Sazlıdere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Manastırdere
Eriklice Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Çengelli Dere
Künkdere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Künkdere
Suluca Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kösterlik Deresi
Hüsünlü Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Damlarca Deresi
Yenice-2 Göleti	Planlama	S (Sulama)	Kadıköy Deresi
Avçılar Göleti	Planlama	S+I	Palabıyık Deresi
Yeşilköy Kapama Seddesi	Proje	S (Sulama)	Davulağacı Deresi
Yeşilköy Göleti	Proje	S (Sulama)	Killik Dere
Şehitler Göleti	Proje	S (Sulama)	Manastırdere
Kışlacık Göleti	Planlama	S+I	Arka Dere
Çeltik Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Babadere
Koruklu Göleti	İşletmede	S+T	Suluca Dere
Armağan Barajı	İşletmede	S (Sulama)	Kocadere
Beyköy Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kiremit Dere
Mecidiye Göleti	İşletmede	S+I	Çınarlı Dere
Karaevli Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Aşağıkoru Deresi
Güzelköy Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Sakıbın Deresi
Taşoluk Barajı	İşletmede	S (Sulama)	Çınarcık Dere
Babadere Barajı		I (Icme)	Babadere
Manastırdere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Manastırdere
Bayramiç Göleti	Planlama	S (Sulama)	Çınar Dere
Kaldırımbaşı Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Akpınar (Havuzdere)
Güreci Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Kapan Deresi
Sarpderesi Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Sarpdere Deresi
Küçükkuşla Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Pınarbaşı Dere
Hisardere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Pınarbaşı Dere
Kızderbent Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Ömeroğlu Dere
Arıklar Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Karaağaç Dere
Derbent Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Şaraphane Deresi
Tepeköy Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Uzun Dere+Sulu Dere
Çukurköy Göleti	Proje	S (Sulama)	Burhaniye Deresi

Depolama Adı	Aşaması	Amacı	Akarsu Adı
İnebeyli Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Balat Deresi
Gökçe Barajı	İşletmede	I (Icme)	Gökçe Dere
Kirazdere (Yuvacık) Barajı	İşletmede	I (Icme)	Kirazdere
Yumrudere Göleti	İnşa Halinde	S (Sulama)	Yumrudere
Kınalı Barajı	Planlama	S+I	Yağcı Dere
Çerkeşli Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Engürü Göleti	İşletmede	-	
Sevindikli Göleti	İşletmede	-	
Samandra Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Armutlu Göleti	İşletmede	-	
Elmalı Göleti	Planlama	S (Sulama)	
Sipahiler Göleti	İşletmede	-	
Kervansaray Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Hüseyinli Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Oruçoğlu Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
İmrahor Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Karamandere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Çamoluk Göleti	İşletmede	-	
Umurbey Göleti	İşletmede	-	
Müstecep Göleti	İşletmede	-	
Sırtbey Göleti	İşletmede	-	
Kemer Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Göktürk Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Paşamandıra Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Bozhane Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Sarnıçlar Göleti	İşletmede	E (Enerji)	
Ütük Göleti	İşletmede	-	
Kızılıpınar Göleti	İşletmede	-	
Cumhuriyet Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
İshaklı Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Kızılcaali Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Sultanbeyli Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Mahmutşevketpaşa Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Çakılıköy Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Gümüşkaya Göleti	İşletmede	-	
Kışlacık Göleti	İşletmede	-	
Ahlatalan (Kurtul) Göleti	İşletmede	-	
Çağırğan Göleti	İşletmede	E (Enerji)	
Ortaburun Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Doğandere
Ayvalı Göleti	İnşa Halinde	T (Taskin Onleme)	Ayvalı Deresi
Pirinççi Barajı	Proje	I+T	Pirinççi Çayı (Malova Deresi)
Demirköy Barajı	Önİnceleme/MasterPlan	I (Icme)	Bulanık Dere
Ormanlı Göleti	Planlama	S (Sulama)	Şarap Deresi
Kula-1 Göleti	Proje	I (Icme)	Değirmendere, Muşmuladere, Şepel Dere
Kula-2 Göleti	Proje	I (Icme)	Aktaşlık Dere
Çağlayan Barajı	Planlama	I+K	Çağlayan Dere
Çayırköysel Kapanı	İşletmede	T (Taskin Onleme)	
Çöl Gölü Göleti	Planlama	S (Sulama)	Isırgan Dere
Esenköy Barajı	Önİnceleme/MasterPlan	I+K	Çalı Dere
Nüzhetiye Göleti	Planlama	S (Sulama)	Çınar Dere
Karadere Barajı	Planlama	S+I	Karadere
Karasu Barajı	Ön İnceleme ve Master Plan	I (Icme)	Karasu Dere
Şenköy Barajı	Ön İnceleme ve Master Plan	I+K	Değirmendere
Büyükdere Sel Kapanı Rezervuarı	Proje	T (Taskin Onleme)	Büyükdere

Depolama Adı	Aşaması	Amacı	Akarsu Adı
Akçakese Göleti	Planlama	I+T	Mahmut Deresi
Karapınar Sel Kapanı Rezervuarı	Proje	T (Taskin Onleme)	Karapınar Deresi
Ovacık Göleti	Planlama	S+I+T	İmren Deresi
Yılğın Göleti	Planlama	S+I+T	Yılğın Deresi
Yunuslu Göleti	Planlama	I+T	Yunuslu Deresi
Karasu Sel Kapanı Rezervuarı	Proje	T (Taskin Onleme)	Karasu Deresi
Akdere Göleti	Önİnceleme/MasterPlan	S (Sulama)	Akdere
Kaledere Göleti	Planlama	I (Icme)	Kaledere
Safalı Göleti	İşletmede	S (Sulama)	Kavaklıdere
Kavakoba Göleti	Planlama	S (Sulama)	
Kaytazdere Göleti	Proje	S (Sulama)	Kaytazdere
Hamzalı Barajı	Proje	I (Icme)	Hamza Dere
Olukpınardere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Uğurlu Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Sarisudere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Demircili Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Nusratiye Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Değirmendüzü Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Ahlarderesi Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Davutköy Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Karaköy Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Aşağıokçular Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Koruköy Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Soğuksudere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Aydıncık Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Örendere Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Semedeli Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Yenice Merkez Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Şahinkaya Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Dereköy Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Çınarcık Göleti	İşletmede	S (Sulama)	
Yazır Göleti	İşletmede	S+I	Ova Dere
Karacaköy Barajı	Planlama	I (Icme)	Karasu Deresi
Halılağa Göleti	Planlama	S (Sulama)	Bostanlı Dere
Kutluca Göleti	Planlama	S (Sulama)	Karpuz Dere
Yörükler Göleti	Planlama	S (Sulama)	Sarıağıl Dere
Yalova Kocadere Göleti	Planlama	S (Sulama)	Diri Dere
Keçidere Barajı	Önİnceleme/MasterPlan	S (Sulama)	Koca D. (Meydan D.)
Yenişamlar Barajı	Önİnceleme/MasterPlan	I (Icme)	
Orhangazi Mahmudiye Göleti	Planlama	S (Sulama)	İsimsiz Dere
Şükriye Barajı	Planlama	S (Sulama)	Kocadere
Gebze Makine Osb	Planlama	S (Sulama)	
Mandıra Barajı	Önİnceleme/MasterPlan	I (Icme)	Mandıra Deresi



Şekil 2.35 Marmara Havzası Baraj ve Göletleri

2.4.4.1. Darlık Barajı

Marmara Havzası İstanbul ili, Şile ilçesinde yer alan baraj içme ve kullanma suyu amaçlı olup, kaya dolgu tipinde, yağış alanı 207,00 km², normal su seviyesi 52,00 m, minimum su seviyesi 21,50 m, maksimum depolama hacmi 113,00 hm³'tür (DSİ, 2014).

1989 Yılında hizmete alınan Darlık Barajı'nın suları Emirli İçme Suyu Arıtma Tesislerinde arıtılarak İstanbullulara ulaştırılmaktadır. Barajın verimi yıllık 97 hm³'tür. (İSKİ, 2021).

2.4.4.2. Ömerli Barajı

Yıllık 220 milyon metreküplük kapasitesiyle İstanbul'un en büyük su kaynağı olan Ömerli Barajı 1972 yılında hizmete alınmıştır. Anadolu Yakası'nın neredeyse tamamına Ömerli Barajı'ndan su verilmektedir. Barajın suları Ömerli İçme Suyu Arıtma Tesislerinde arıtılarak şehre ulaştırılmaktadır. Ayrıca; Sarayburnu-Salacak arasında bulunan isale hatlarıyla günlük 500 bin metreküp içme suyunu Avrupa Yakası'na ulaştırma imkânı bulunmaktadır. Baraj, 621 kilometrekarelik havza alanına sahiptir (İSKİ, 2021).

2.4.4.3. Elmalı 1 ve 2 Barajları

Anadolu Yakası'nın su ihtiyacının bir kısmını karşılamak üzere Üsküdar-Kadıköy Su Şirketi, 1893 yılında Elmalı Deresi üzerinde Elmalı Barajı'nı inşa etmiştir. Elmalı 2 Barajı, Çavuşbaşı Çayı üzerinde 1950 yılında inşa edilmiştir. Yıllık 15 milyon metreküplük kapasiteye ve 81 kilometrekarelik havza alanına sahiptir (İSKİ, 2021).

2.4.4.4. Kirazdere (Yuvacık) Barajı

DSİ 1. Bölge Müdürlüğü tarafından Ekim 1983 tarihinde planlama raporu tasdik edilerek 1987 yılında Özel şirkete ihale edilmiş olup, 1996 yılında Yap-İşlet-devret modeli ile İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne (İSU) devredilmiştir (DSİ, 2014).

2.4.4.5. Sazlıdere Barajı

1998 Yılında Sazlıdere üzerinde kurulan baraj yıllık 55 milyon metreküp kapasitesiyle İstanbul'un önemli su kaynakları arasında yer alan Sazlıdere Barajı, doğu-batı yönünde 20 km uzunluğa, kuzey-güney yönünde ise 9 km genişliğe sahiptir. Normal su kotunda göl alanı 11,81 km²'dir. Baraj, 165 km² havza alanına sahiptir (İSKİ, 2021).

2.4.4.6. Düzdere Barajı

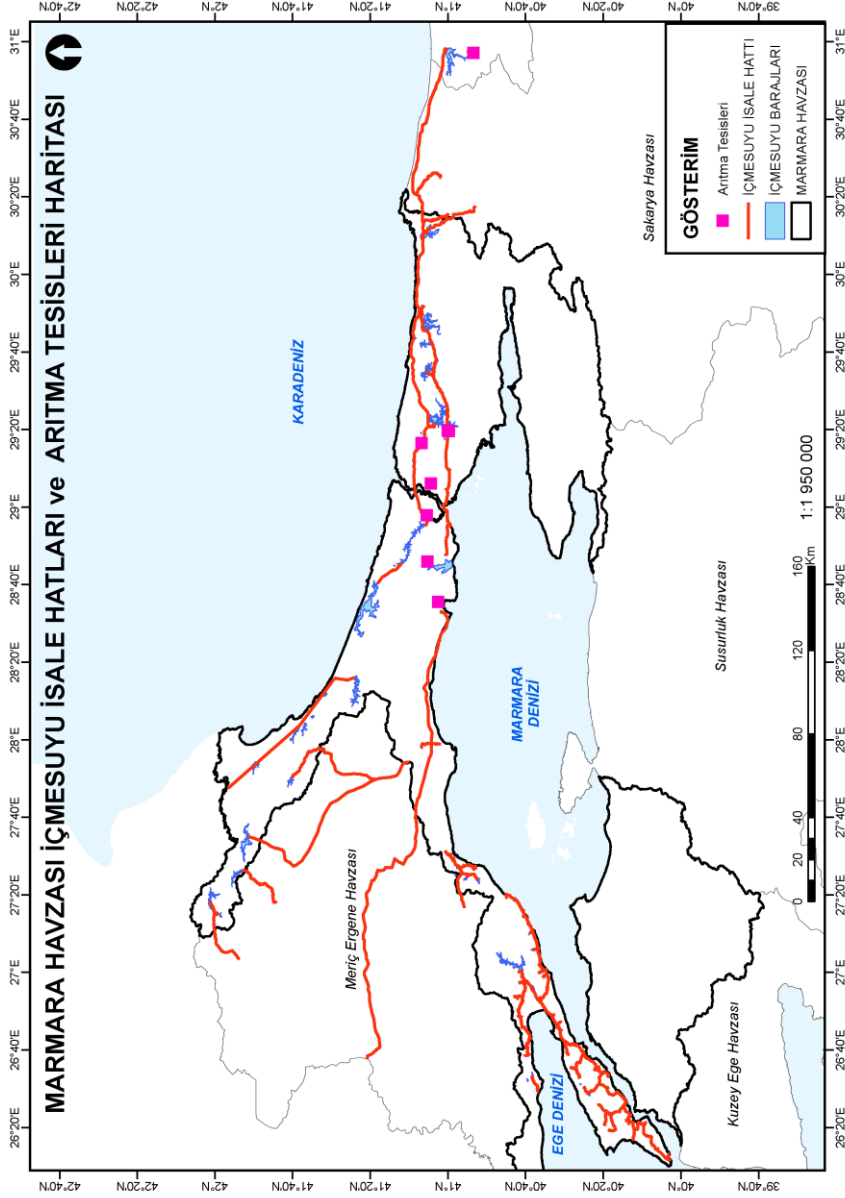
Istrancalar Projesi'nin ilk hamlesi olan ve 1995 yılında tamamlanarak işletmeye alınan Düzdere Barajı, kilometrekarelik havza alanına sahiptir. Barajın yıllık verimi 4,5 milyon metreküptür (İSKİ, 2021).

2.4.4.7. Elmalıdere Barajı

Istranca Projesi kapsamında 1997 yılında hizmete alınan Elmalıdere Barajı, yıllık 11,6 milyon m³ hacme sahip olup Barajın suları, Fatih Sultan Mehmet İçme suyu Arıtma Tesisi'nde arıtılmaktadır. Baraj, 24 kilometrekarelik havza alanına sahiptir (İSKİ, 2021).

2.4.4.8. Kuzuludere Barajı

Istrancalar Projesi'nin 2. kademesi içinde yer alan ve yıllık 11,3 milyon metreküp hacme sahip olan Kuzuludere Barajı 1995 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, 34 kilometrekarelik havza alanına sahiptir (İSKİ, 2021).



Şekil 2.36 Marmara Havzası İçme Suyu İsale Hatları ve Arıtma Tesisleri Haritası (DSİ, 2021)

2.4.5. Su Transferleri

Marmara Havzası özellikle İstanbul ve çevresi, hali hazırda zaten fazla olan nüfusu ve artan nüfus baskısı sebebiyle su ihtiyacını kendi içinde karşılamakta zorlanan bir havzadır. Bu nedenle Havza içine komşu havzalardan su transferleri vardır.

İki kıtaya yayılmış olan İstanbul, komple entegre bir sistem olarak çalışmakta ve burada kıtalar arası su aktarımı da yapılmaktadır. Çünkü İstanbul'un su kaynaklarının çoğu Anadolu yakasında ancak nüfusunun çoğu Avrupa yakasında bulunmaktadır. Melen hattından gelen su Beykoz-Sarıyer hattıyla Anadolu yakasından Avrupa yakasına aktarılmaktadır. Ayrıca Terkos Gölü'ne İstıranca sisteminden 7 hat ve 7 depolama ile aktarım yapılmaktadır. İstanbul İli Su Transferleri Şematik Gösterimi Şekil 2.37 üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 2.37 İstanbul İli Su Transferleri Şematik Gösterimi (SYGM, 2016)

Meriç Ergene Havzası'ndan Marmara Havzası'na yapılan ve yapılması planlanan aktarımlar Master Plan kapsamında Tablo 2.29 üzerinde sunulduğu gibi özetlenmiştir. Buna göre Meriç Ergene havzasından Kuzey Marmara havzasına toplam olarak yılda 175,524 hm³ su aktarılması öngörülmüştür. Kuzey Marmara havzasından Meriç Ergene havzasına da toplam olarak yılda 185,938 hm³ su aktarılması planlanmıştır. Sonuç olarak iki havza su aktarımları arasındaki fark, Kuzey Marmara Trakya Kesiminden Meriç Ergene havzasına doğru yılda 10,414 hm³ suyun aktarıldığı şeklindedir (DSİ, 2018).

Tablo 2.29 Meriç Ergene Havzası ile Kuzey Marmara (Trakya kesimi) Havzaları Arasındaki Su Aktarımları (DSİ, 2018)

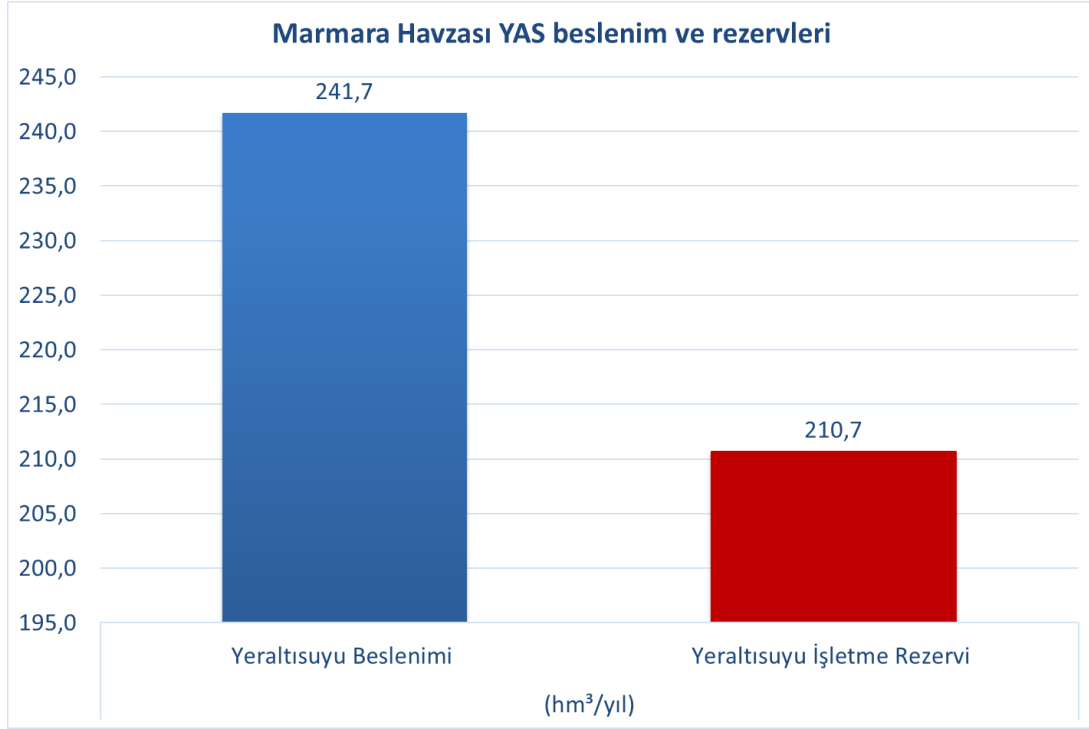
Sıra no	Aşaması	Proje Adı	Suyu Veren Havza Adı	Suyu Alan Havza Adı	Aktarılan Su Miktarı (hm ³ /yıl)	Amacı
1	Master Plan	Meriç Nehrinden Büyükkılıçlı Barajına	Meriç-Ergene	Kuzey Marmara	156,384	İçmesuyu
2	Proje	İnecek göleti, İnecek Barajı ve Dedecik Barajından Tekirdağ İçme suyuna	Meriç-Ergene	Kuzey Marmara	19,140	İçmesuyu
MERİÇ-ERGENE HAVZASINDAN KUZAY MARMARA (TRAKYA KESİMİ) HAVZASINA AKTARILAN TOPLAM SU						
3	İnşaat	Armağan barajından Kızılçikdere sulamasına	Kuzey Marmara	Meriç-Ergene	4,900	Sulama
4	İnşaat	Armağan barajından Kırklareli barajına	Kuzey Marmara	Meriç-Ergene	13,000	İçmesuyu
5	Proje	Kula-1 ve Kula-2 regülatörleri ve Çağlayık barajından Kayalıköy barajına	Kuzey Marmara	Meriç-Ergene	48,500	Sulama ve İçmesuyu
6	Planlama	Kızılağaç ve Kömürköy barajlarından Çortu-Çerkezköy ilçeleri İçme suyu	Kuzey Marmara	Meriç-Ergene	27,183	İçmesuyu
7	Planlama	Balaban barajından Çortu-Çerkezköy ilçeleri İçme suyu	Kuzey Marmara	Meriç-Ergene	89,450	İçmesuyu
8	Mevcut	Sergen göletinden Sergen göleti sulamasına	Kuzey Marmara	Meriç-Ergene	0,980	Sulama
9	Mevcut	Armağan barajından Çukurpinar sulamasına	Kuzey Marmara	Meriç-Ergene	1,925	Sulama
KUZAY MARMARA (TRAKYA KESİMİ) HAVZASINDAN MERİÇ-ERGENE HAVZASINA AKTARILAN TOPLAM SU						
İKİ HAVZA SU AKTARIMLARI ARASINDAKİ FARK (Kuzey Marmara (Trakya Kesimi) Havzasından Meriç-Ergene Havzasına Aktarılan Toplam Su Miktarı)					185,938	-
					10,414	-

2.4.6. Yeraltı Suları

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı DSİ 2019 Yılı Resmî Su Kaynakları İstatistikleri (DSİ, 2019) kapsamında yayınlanan Havzalara Göre Yıllık Yeraltısu Potansiyelleri tablosu Tablo 2.30 ile verilmektedir. Buna göre Türkiye'nin toplam 23032,3 hm³/yıllık yeraltı suyu besleniminin 241,7 hm³/yıl kadarı Marmara Havzası'ndan oluşmaktadır. Türkiye'nin 17815,3 hm³/yıllık yeraltı suyu işletme rezervinin ise 210,7 hm³/yıllık kısmı Marmara Havzası'ndandır.

Tablo 2.30 Havzalara Göre Yıllık Yeraltısu Potansiyeli (DSİ, 2019)

Havza No	Havza Adı	(hm ³ /yıl)	
		Yeraltısu Beslenimi	Yeraltısu İşletme Rezervi
1	Meriç - Ergene	507,7	498,2
2	Marmara	241,7	210,7
3	Susurluk	780,4	585,9
4	Kuzey Ege	289,4	212,9
5	Gediz	1155,9	866,9
6	Küçük Menderes	179,2	179,2
7	Büyük Menderes	1045,4	761,5
8	Batı Akdeniz	473,2	316,7
9	Antalya	1164,7	576,3
10	Burdur Göller	106,4	89,5
11	Akarçay	345,4	345,4
12	Sakarya	2197,1	1545,2
13	Batı Karadeniz	641,2	607,6
14	Yeşilirmak	907,2	872,8
15	Kızılırmak	2003,1	1762,9
16	Konya Kapalı	2597,0	2023,0
17	Doğu Akdeniz	96,5	70,5
18	Seyhan	838,8	749,9
19	Asi	393,2	289,5
20	Ceyhan	985,3	533,5
21	Fırat - Dicle	4994,8	3763,7
22	Doğu Karadeniz	490,9	490,9
23	Çoruh	30,0	20,0
24	Aras	388,5	294,4
25	Van Gölü	179,2	148,2
Toplam		23032,3	17815,3



Şekil 2.38 Marmara Havzası YAS beslenme ve rezervleri (DSİ, 2019)

Marmara Havzası Havza Master Planı hidrojeoloji çalışmaları kapsamında değerlendirilen ve yüzey alt havza sınırları içinde yer alan yüzey suyu, kaynak suları ve yeraltı sularının birlikte değerlendirilmesini sağlamak amacıyla hidrojeolojik sınırlar da dikkate alınarak oluşturulmuştur (DSİ, 2014). Master Plan kapsamında oluşturulan bu hidrojeolojik alt havzalar, 17 adedi İznik-İstanbul bölgesi, 7 adedi ise Çanakkale bölgesinde olmak üzere toplam 24 adettir. Marmara Havzası Master Planı kapsamında yalnızca havzanın Anadolu Bölümü'nü dikkate almaktadır. Trakya Bölümü, Meriç-Ergene Havzası ile birlikte incelenmiştir.

Marmara Havzası Anadolu Bölümü 24 YAS althavzasına bölünmüş ve bunlar yine Marmara Havza Master Planı kapsamında belirlenen YÜS althavzaları ile eşleştirilmiştir. Tabloda alt havzaların alanları da görülmektedir.

Kuzey Marmara Alt Havzası için ise Meriç-Ergene ve Kuzey Marmara Havzaları Master Plan Raporu (DSİ, 2018) kapsamında yapılan çalışmada Kuzey Marmara Alt Havzası'nda üç bölge için ayrı hesap yapılmıştır. Havzanın yıllık ortalama beslenme değeri, Balıkesir Bölge için $8.72 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Edirne Bölge için $50.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, İstanbul Bölge için $173.35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur. Havzada yılda çekilen su miktarı Balıkesir Bölge için $3.79 \times 10^6 \text{ m}^3$, Edirne Bölge için $37.75 \times 10^6 \text{ m}^3$, İstanbul Bölge için $120.36 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak tespit edilmiştir.

2.4.7. Su Kalitesi

Marmara Havza Master Planı (2014) kapsamında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından havzadaki su kalitesinin tespiti ve izlenmesi amacıyla toplam 61 farklı noktada yapılan yüzeysel su kalitesi ölçümleri incelenmiştir. Bu izleme sonuçlarının DSİ Master Planı kapsamında kabul edilen alt havzalara göre değerlendirilmesi aşağıda özetlenmiştir.

Ağva Alt Havzası;

Master Plan kapsamında Ağva alt havzasında 4 adet istasyonun III. Sınıf, 10 adet istasyonun IV. Sınıf olduğu belirlenmiştir.

Tarımsal kirleticiler ve evsel/endüstriyel nitelikli atıksuların deşarjı ile havzada kirlilik oluştuğu görülmektedir. Master Plan çalışmaları sonucu tüm atıksuların Atıksu Arıtma Tesisine iletilmesinin sağlanması ve kanalizasyon hattı bulunmayan yerlerdeki atıksuların sızdırmaz nitelikli foseptiklerde biriktirilerek, vidanjör vasıtası ile taşınarak AAT’de bertarafının sağlanması önerilmiştir. Ayrıca bölgede bulunan arıtma tesislerinin etkin ve verimli çalışması, çevre izinlerini alması ve gerekirse online izleme sistemlerinin kurulmasının sağlanmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Alt havzada İçme Suyu Kalitesi açısından yapılan ölçüm sonuçlarına göre Ağva Deresi Alt Havzasında bulunan 12 istasyon A3 kategorisinde tespit edilmiştir. İçme suyu havzalarında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan İçme ve kullanma suyu temin edilen kıta içi yüzeysel sularla ilgili kirletme yasaklarına uyulması gerektiği belirtilmiştir.

Havzada bulunan sanayi tesislerinin emisyon kaynaklarının da kirlenmede etkisi bulunduğu tespit edilmiştir. Özellikle bu bölgede bulunan madensel faaliyetlerin yüzeysel sulara etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Ağva havzasında bulunan istasyonların verilerine göre; en önemli çevresel baskı ise tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmaktadır.

Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği Tablo E7.7’ ve E7.6 da sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonlarına göre değerlendirildiğinde; istasyonlarda ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonlarının sulamada kullanım için uygun olduğu görülmüştür.

Körfez Deresi Alt Havzası;

Master Plan kapsamında Körfez alt havzasında 7 adet istasyonun IV. Sınıf, 3 adet istasyonun III. Sınıf ve 1 adet istasyonun II. Sınıf olduğu belirlenmiştir.

Tarımsal kirleticiler ve evsel/endüstriyel nitelikli atıksuların deşarjı ile havzada kirlilik oluştuğu görülmüştür. Tüm atıksuların Atıksu Arıtma Tesisine iletilmesinin sağlanması önerilmiştir. Kanalizasyon hattı bulunmayan yerlerdeki atıksular sızdırmaz nitelikli foseptiklerde biriktirilerek, vidanjör vasıtası ile taşınarak AAT’de bertarafı sağlanmalıdır. Ayrıca bölgede bulunan arıtma tesislerinin etkin ve verimli çalışması, çevre izinlerini alması ve gerekirse online izleme sistemlerinin kurulmasının sağlanmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

İçme Suyu Kalitesi açısından ölçüm sonuçlarına göre Körfez Alt Havzasında bulunan 8 istasyonun da A3 kategorisinde olduğu tespit edilmiştir. İçme suyu havzalarında Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan İçme ve kullanma suyu temin edilen kıtaıçi yüzeysel sularla ilgili kirletme yasaklarına uyulması gerekliliği vurgulanmıştır.

Havzada bulunan sanayi tesislerinin emisyon kaynaklarının da kirlenmede etkisi olduğu belirtilmiştir. Özellikle bu bölgede bulunan madensel faaliyetlerin yüzeysel sulara etkileri olduğu ifade edilmiştir.

İyi tarım uygulamaları yaygınlaştırılması, çevreyi kirleterek yapılan tarım uygulamaları sınırlandırılması, aşırı gübre ve su kullanımından kaçınılması, gübreleme planlamalarının yapılması ve kayıtlarının düzenli tutulması önerilmiştir.

Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği Tablo E7.7’ ve E7.6 da sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonlarına göre değerlendirildiğinde; istasyonlarda ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonlarının sulamada kullanım için uygun olduğu görülmektedir.

İznic Gölü Alt Havzası;

Master Plan kapsamında 4 adet istasyon IV. Sınıf ve 2 adet istasyon II. Sınıf olarak belirlenmiştir.

İznic Gölü Alt Havzasında tarımın yoğun olduğu bölgelerde tarımdan kaynaklı kirliliğin yüzeysel sulara yoğun olduğu görülmektedir. Sanayinin özellikle Organize Sanayi Bölgelerinin olduğu bölgelerde ise endüstriyel nitelikli atıksuların kirliliğe etken olduğu görülmüştür. Tüm atıksuların Atıksu Arıtma Tesisine iletilmesinin sağlanması ve kanalizasyon hattı bulunmayan yerlerdeki atıksuların sızdırmaz nitelikli foseptiklerde biriktirilerek, vidanjör vasıtası ile taşınarak AAT’de bertarafı sağlanması önerilmiştir.

Havzada bulunan sanayi tesislerinin emisyon kaynaklarının da kirlenmede etkisi bulunduğu belirlenmiştir.

İçme Suyu Kalitesi açısından ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; İznik Gölü Alt Havzasında bulunan 2 adet istasyonun da A3 Kategorisinde olduğu tespit edilmiştir. İçme suyu havzalarında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan İçme ve Kullanma Suyu Temin Edilen Kıtaİçi Yüzeysel Sularla İlgili Kirletme Yasaklarına Uyulması Gerekliliği ifade edilmiştir.

Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği Tablo E7.7 ve E7.6 da sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonlarına göre değerlendirildiğinde; Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği “Tablo E7.6 Bitkilerin Bora Karşı Dayanıklılık Dereceleri” tablosuna göre bor değeri; 34 İZNIK OLUKDERE-MANSAP istasyonunda hassas olarak belirtilmiş bitkileri sulamada kullanım için uygun olmadığı, diğer İstasyonlarda ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonlarının sulamada kullanım için uygun olduğu görülmüştür.

Gönen Çayı Alt Havzası;

Master Plan kapsamında yapılan çalışmaya göre 5 adet istasyon IV. Sınıf, 5 adet istasyon III. Sınıftır.

Buna göre tarımsal kirleticiler ve evsel/endüstriyel nitelikli atıksuların deşarjı engellenmeli, tüm atıksuların Atıksu Arıtma Tesisine iletilmesinin sağlanmalıdır. Kanalizasyon hattı bulunmayan yerlerdeki atıksular sızdırmaz nitelikli foseptiklerde biriktirilerek, vidanjör vasıtası ile taşınarak AAT’de bertarafı sağlanmalıdır.

Havzada bulunan sanayi tesislerinin (özellikle Gönen Deri İhtisas ve Karma Organize Sanayi Bölgesi) emisyon kaynaklarının da kirlenmede etkisi bulunduğu ifade edilmektedir.

İçme Suyu Kalitesi açısından ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde Gönen Çayı Alt Havzasında bulunan 4 adet istasyonun da A3 Kategorisinde olduğu tespit edilmiştir. İçme suyu havzalarında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan İçme ve Kullanma Suyu Temin Edilen Kıtaİçi Yüzeysel Sularla İlgili Kirletme Yasaklarına Uyulması gerektiği belirtilmektedir.

Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği “Tablo E7.6 Bitkilerin Bora Karşı Dayanıklılık Dereceleri” tablosuna göre bor değeri; 3 adet istasyonda hassas olarak belirtilmiş bitkileri sulamada, 1 adet istasyonda orta hassas ve hassas olarak belirtilmiş bitkileri sulamada kullanım için uygun olmadığı belirlenmiştir.

Biga Çayı Alt Havzası;

Havza Master Planı kapsamında yapılan çalışmaya göre 9 adet istasyon IV. Sınıf, 2 adet istasyon III. Sınıf, 3 adet istasyon II. Sınıf olarak belirlenmiş ve alt havzalar arasında Biga havzasının en iyi su kalitesine sahip havza olduğu belirlenmiştir.

Tarımsal kirleticiler ve evsel/endüstriyel nitelikli atıksuların deşarjı engellenmeli, tüm atıksuların Atıksu Arıtma Tesisine iletilmesinin sağlanmalıdır. Kanalizasyon hattı bulunmayan yerlerdeki atıksular sızdırmaz nitelikli fosseptiklerde biriktirilerek, vidanjör vasıtası ile taşınarak AAT’de bertarafı sağlanmalıdır önerileri yapılmıştır.

Havzada bulunan sanayi tesislerinin emisyon kaynaklarının da kontrol altına alınması gerekliliği ifade edilmiştir.

İçme Suyu Kalitesi açısından ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde Biga Çayı Alt Havzasında 2 adet istasyonun A3 Kategorisinde, 1 adet istasyonun da A2 Kategorisinde olduğu tespit edilmiştir. İçme suyu havzalarında Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan İçme ve kullanma suyu temin edilen kıta içi yüzeysel sularla ilgili kirletme yasaklarına uyulması gerekmektedir.

Biga alt havzasında kurşun, çinko yatakları ve işleme tesisleri de yüzeysel sular üzerinde çevresel baskı oluşturduğu ifade edilmiştir.

Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği Tablo E7.7 ve E7.6 da sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonlarına göre değerlendirildiğinde; “02-25-00-232 UMURBEY ÇAYI TESİSLERİ SONRASI” istasyonunda kadmiyum değeri sulamada kullanım için uygun olmadığı görülmüştür. Bu yüzeysel suyun sulamada kullanımında; yaprakların zarar görmesi veya büyümede gerileme gibi etkiler görülür. Alt Havzadaki diğer istasyonlarda ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonlarının sulama kriterlerine uygundur. E7.6 tablosuna göre tüm istasyonlarda bor değeri sulamada kullanım için uygundur.

2.4.8. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (SYGM, 2016) kapsamında Marmara Havzası için yapılan çalışmada iklim değişikliği projeksiyonları ve söz konusu değişikliğin havzadaki su kaynakları üzerine etkileri değerlendirilmiştir. HADGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 iklim modelleri ile RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kullanılarak 2015-2100 periyodu için gerçekleştirilen iklim projeksiyonları kullanılarak başta sıcaklık, yağış, kar ve bağıl nem olmak üzere pek çok

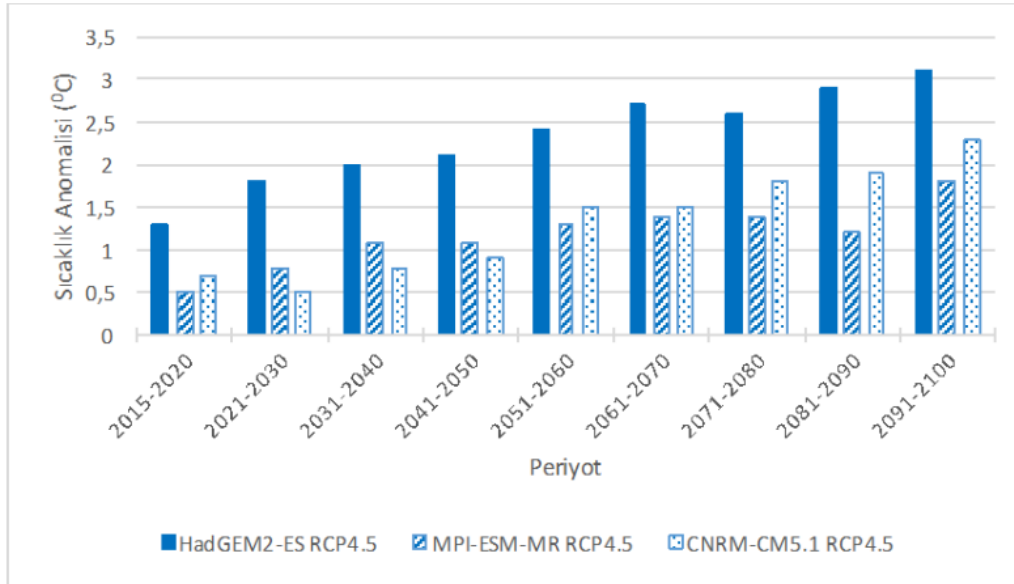
değişkenin 10x10 km ölçekteki değişimleri elde edilmiştir. Başta sıcaklık ve yağış projeksiyonları kullanılarak havzadaki tespit edilen drenaj alanları ölçeğinde hidrolojik değişkenler 2100 yılına kadar projekte edilmiştir. Yüzeysel akış, zemin nemi ve evapotranspirasyon hidrolojik model tarafından üretilen başlıca değerler olup, bu veriler kullanılarak havzanın yeraltı ve yüzeysel su potansiyeli hesaplanmıştır. Ayrıca hidrojeolojik çalışmalar kapsamında havzada bulunan statik ve hidrojeolojik rezerv miktarları belirlenmiştir. Havzadaki sektörlerin su kullanımlarındaki değişimler de 85 yıllık projeksiyon dönemi boyunca elde edilmiş ve söz konusu değerler havzadaki hidrolojik değişkenler ile birlikte değerlendirilerek havzalardaki yıllık toplam su ihtiyacı projeksiyonu yapılmıştır. Hidrolojik model tarafından üretilen akış değerleri hidrolik modelleme çalışmaları ile havzanın belirleyici nehir sistemi boyunca debi ve su seviyesi değerlerine dönüştürülmüştür.

Marmara Havzası için ortalama sıcaklık değerlerinde tüm model ve senaryolar dikkate alındığında projeksiyon dönemi sonunda 5,3°C'ye varan sıcaklık artışlarının beklendiği görülmektedir. Her iki senaryo için de artış eğilimleri 30 yıllık ortalamalar için de aynı trendde gözlenmekte ve en yüksek seviyelere 2071-2100 periyodunda ulaşılmaktadır.

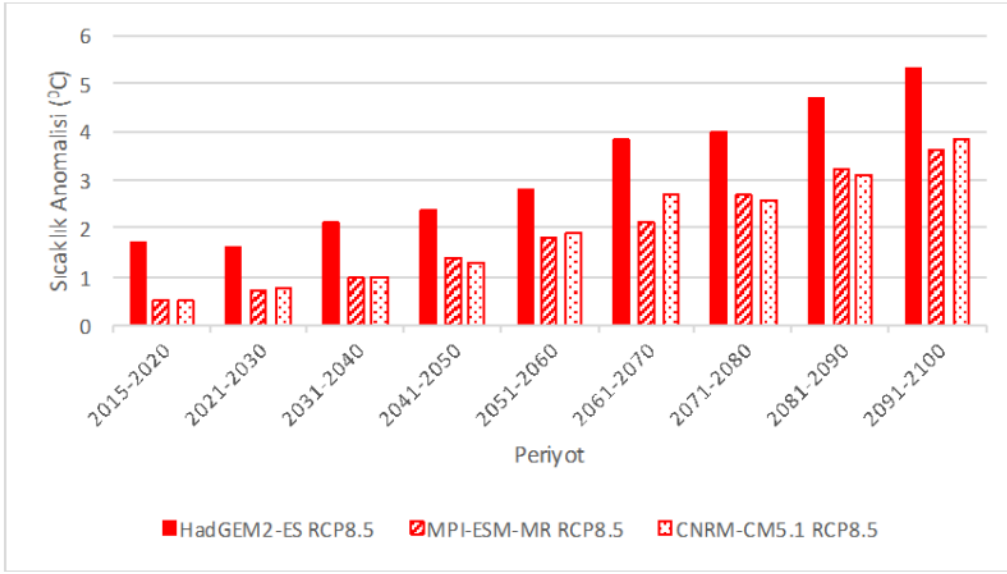
Toplam yağış parametresi için genel olarak toplam yağış projeksiyonları her üç model için de değerlendirildiğinde, havzayı daha yağışlı bir 85 yıllık profilin beklediği ortaya konmaktadır. Özellikle 2070 sonrasında %10'un üzerinde artışların yaşanması, bununla birlikte havzada bazı dönemlerde referansa göre %1'i geçmeyen yağış azalmalarının görülmesi beklenmektedir. Yağış artış beklentisi 30 yıllık ortalamalar için de belirgin bir şekilde ortaya konmaktadır. Özellikle 2071-2100 periyodunda MPI-ESM-MR modeli RCP8.5 senaryosu dışında tüm senaryolar yağışlarda ortalama yaklaşık 60 mm'ye varan artışlar öngörmektedir. Hidrolojik model sonuçlarına göre yağışlardaki azalışlara bağlı olarak havzadaki toplam su rezervinde de azalışlar olacağı öngörülmektedir. Her iki senaryoya göre de elde edilen değerler genel olarak referans dönemine yakın ve altında değerlerdir. Ancak her iki senaryo için MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri projeksiyon dönemi boyunca bazı yıllarda pik değerler üreterek referans dönemine göre daha yüksek su potansiyeli değerleri oluşturmaktadır. Havzanın su potansiyeli değişimine bağlı olarak yeraltı suyu beslemesi değerleri HadGEM2-ES modeli için referans döneminin altında diğer iki model için referans dönemi civarında seyretmektedir. Marmara Havzası'nda toplam su ihtiyacının büyük kısmının içme kullanma suyu olduğu, diğer sektörlerin ihtiyaçlarının göreceli olarak daha düşük seyrettiği görülmektedir. Model sonuçlarına göre projeksiyon dönemi boyunca havzalar arası transferi ile birlikte su açığı beklenmemekte olup, havzadaki su ihtiyacının tüm dönemlerde karşılanabileceği söz

konusudur. Yapılan hidrojeolojik değerlendirmede en büyük oransal azalmaların %27-29 oran aralığı ile iklim koşullarının yıl bazında doğrudan etkilediği dinamik rezerv değerlerinde ortaya çıktığı, havzanın yeraltısuyu statik rezervinin ise iklim değişikliğinden tüm senaryolar için %1-2 gibi çok düşük bir oranda etkilendiği görülmüştür. Havzadaki yeraltısuyu hidrojeolojik ve mümkün rezervlerinin, değişik iklim modelleri- senaryoları çerçevesinde sırasıyla %4-6 ve %8-10 oranında azalacağı tahmin edilmektedir.

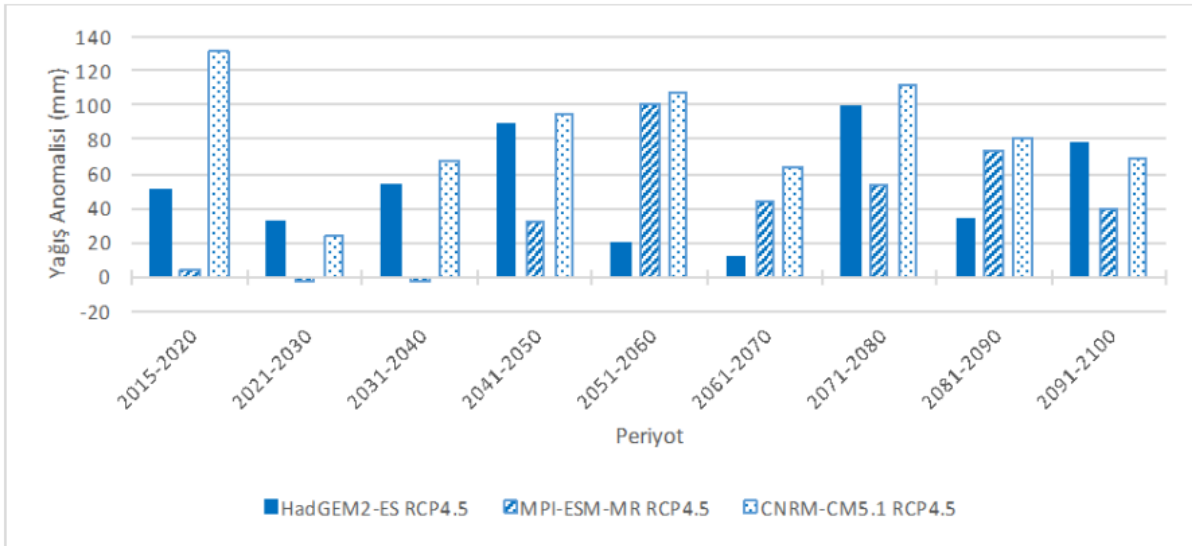
Marmara Havzası'nda her üç iklim modeli ve senaryoları için uygulanan HEC-RAS modeli sonuçlarına göre elde edilen debi süreklilik çizgileri 30 yıllık zaman dilimleri bazında değerlendirilmiştir. Havzayı temsil eden kontrol noktaları genel olarak değerlendirildiğinde her iki senaryo için de projeksiyon dönemi boyunca tüm modellerin referans değerinin altında sonuçlar vermektedir.



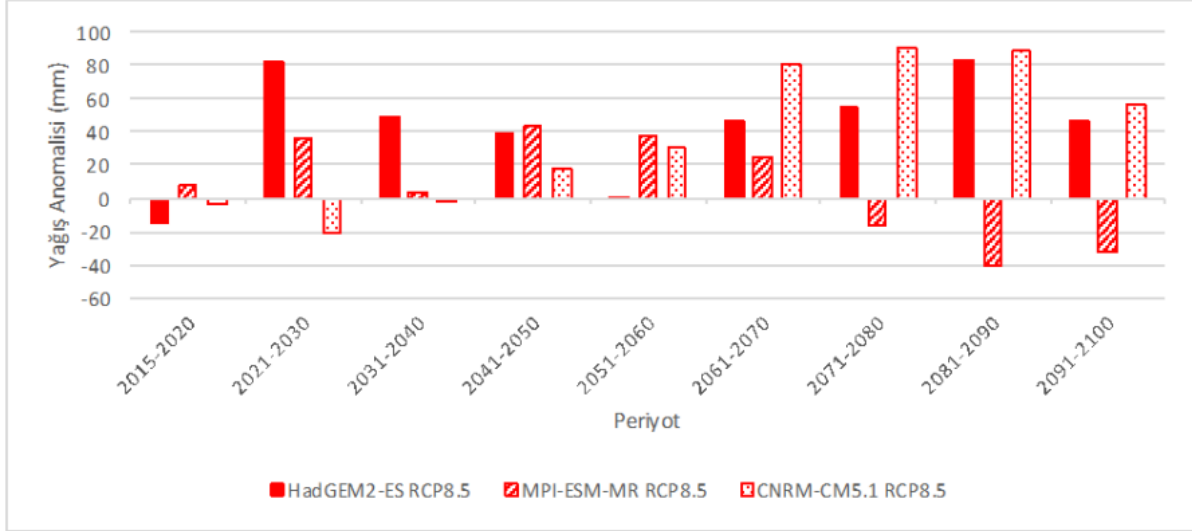
Şekil 2.39 RCP4.5 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi (SYGM, 2016)



Şekil 2.40 RCP8.5 Ortalama Sıcaklık Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi (SYGM, 2016)



Şekil 2.41 RCP4.5 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi (SYGM, 2016)



Şekil 2.42 RCP8.5 Toplam Yağış Anomali Değerlerinin 10'ar Yıllık Değişimi (SYGM, 2016)

2.5. Toprak Ve Su Kaynaklarının Kullanımı

2.5.1. Arazi Kullanımı

Arazi kullanımına ait bilgiler CORINE Arazi Sınıflandırma Sistemi kullanılarak hazırlanmıştır. CORINE Sınıflandırma Sistemi, Coordination of Information on the Environment (Çevresel Bilginin Koordinasyonu) Projesi kapsamında 1985 yılında Avrupa Birliği tarafından başlatılmış olup, 1990 yılından itibaren tüm AB üye ülkelerde kullanılmaya başlanmıştır. Avrupa'nın neredeyse bütün alanını kapsayan CORINE sistemi 1:100,000'lik ölçekte 44 arazi sınıflandırması yapabilmektedir. Ülkemizde ise projenin uygulanmasına 1998 yılında Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından başlanmıştır. 2006 yılı Landsat uydu görüntüleri kullanılarak yapılan ilk çalışma 2008 yılı ortalarında tamamlanmıştır. Daha sonra 2012 ve 2018 yıllarında CORINE arazi kullanım verileri güncellenmiştir. Bu raporda 2018 yılı verileri kullanılmıştır

2.5.2. Arazi Kullanım Sınıfları

CORINE Arazi Örtüsü Sınıflandırma Sistemi, Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen birbirini kapsayan üç seviyeden meydana gelmektedir. Birinci seviyede;

- Yapay Bölgeler,

- Tarım Alanları,
- Orman ve Yarı Doğal Alanlar,
- Sulak Alanlar,
- Su Kütleleri

olmak üzere 5 ana grup, ikinci seviyede 15 ve üçüncü seviyede kullanılması zorunlu olan 44 alt sınıf mevcuttur. Üçüncü hiyerarşik seviyede ilave ulusal sınıflar kullanılabileceği, ancak bunun Avrupa veri standardının bütünlüğü açısından üçüncü seviyeye ilave edilmesi gerektiği CORINE Teknik Kılavuzu'nda belirtilmektedir. Bu kapsamda ülkemizdeki arazi yapısının çeşitliliğine bağlı olarak 44 sınıfa ilave olarak 12 sınıf daha eklenmiştir. CORINE Arazi Örtüsü Sınıflandırması Tablo 2.31 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 2.31 CORINE Arazi Örtüsü Sınıfları

<i>Sınıf</i>	<i>Arazi Kullanımı</i>	<i>Sınıf</i>	<i>Arazi Kullanımı</i>
1	Yapay Bölgeler	3	Orman ve Yarı Doğal Alanlar
11	Şehir Yapısı	31	Orman
111	Sürekli Şehir Yapısı	311	Geniş Yapraklı Ormanlar
112	Kesikli Şehir Yapısı	312	İğne Yapraklı Ormanlar
12	Endüstri Ticaret ve Ulaşım Birimleri	313	Karışık Ormanlar
121	Endüstriyel veya Ticari Alanlar	32	Maki veya Otsu Bitkiler
122	Kara/Demiryolları ve ilgili alanlar	321	Doğal Çayırliklar
123	Limanlar	322	Fundalıklar
124	Havaalanları	323	Sklerofil Bitki Örtüsü
13	Maden, Boşaltım, İnşaat Sahaları	324	Bitki Değişim Alanları
131	Maden Çıkarım Sahaları	33	Bitki Örtüsü az /Olmayan Alanlar
132	Boşaltım Sahaları	331	Sahil, Kumsal, Kumluk
133	İnşaat Sahaları	332	Çıplak Kayalıklar
14	Yapay Tarımsal Olmayan Yeşil Alan	333	Seyrek Bitki Alanları
141	Yeşil Şehir Alanları	334	Yanmış Alanlar
142	Spor ve Eğlence Alan	4	Sulak Alanlar
2	Tarımsal Alanlar	41	Karasal Bataklık
21	Ekilebilir Alanlar	411	Bataklıklar
211	Sulanmayan Ekilebilir Alanlar	412	Turbalıklar
212	Sürekli Sulanan Alanlar	42	Denize Yakın Sulak Alanlar

213	Pirinç Tarlaları	421	Tuz Bataklığı
22	Sürekli Ürünler	422	Tuzlalar
221	Üzüm Bağları	423	Gel-git ile Oluşan Düzlükler
222	Meyve Bahçeleri	5	Su Yapıları
223	Zeytinlikler	51	Karasal Sular
23	Meralar	511	Su Yolları
231	Meralar	512	Su Kütleleri
24	Karışıklarım Alanları	52	Deniz Suları
242	Karışıklarım Alanları	521	Kıyı Lagünleri
243	Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanı	522	Nehir Ağızları
		523	Nehir ve Okyanus

Tablo 2.32 CORINE Türkiye Ek Sınıflandırma

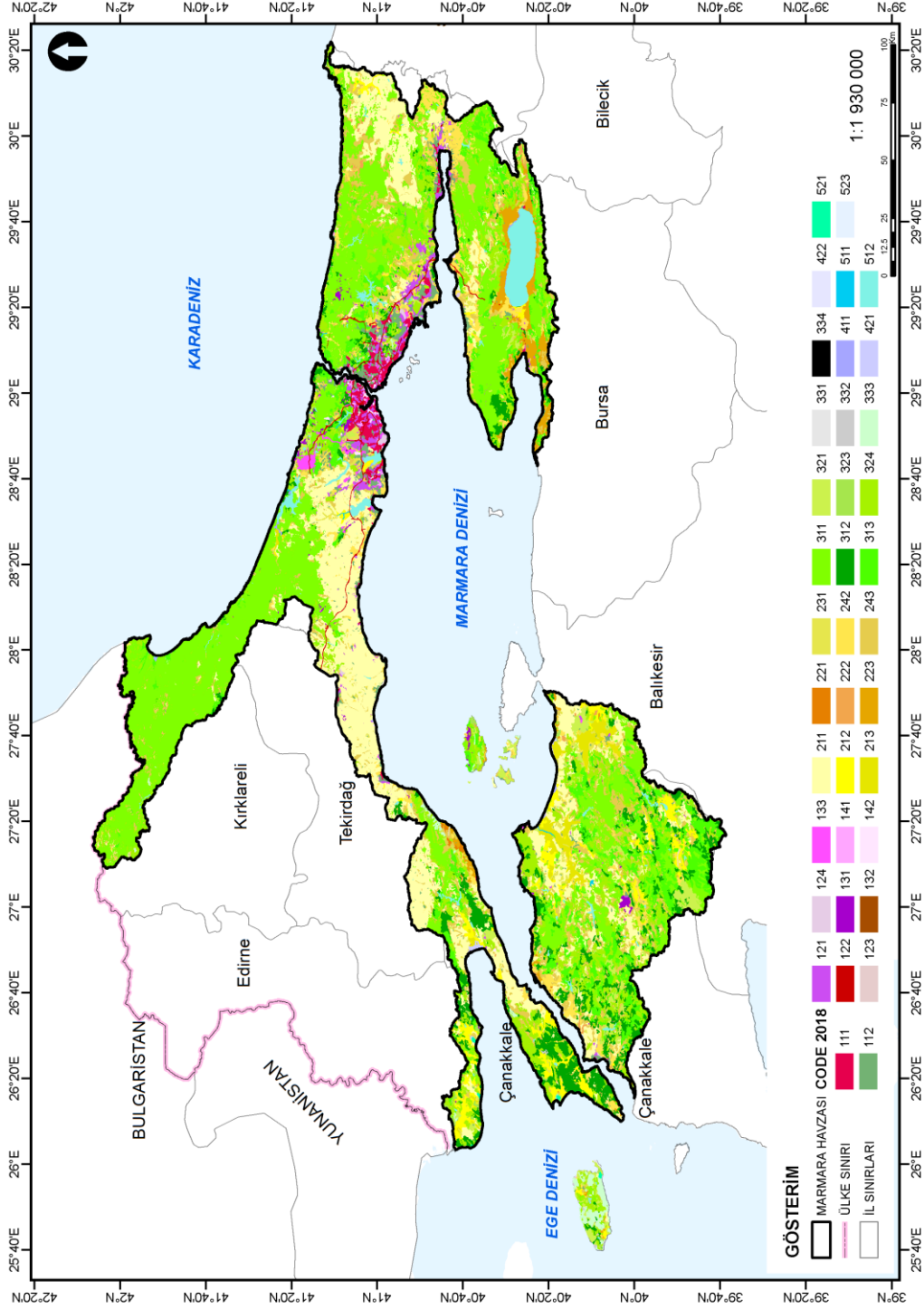
<i>Kod</i>	<i>Sınıf Adı</i>	<i>Kod</i>	<i>Sınıf Adı</i>
1121	Kesikli Şehir Yapısı	2221	Sulanmayan Meyve Bahçesi
1122	Kesikli Kırsal Yapı	2222	Sürekli Sulanan Meyve Bahçesi
2111	Sulanmayan Ekilebilir Alan	2421	Sulanmayan Karışık Tarım
2112	Sulanmayan Sera	2422	Sürekli Sulanan Karışık tarım
2121	Sulanan Alan	3321	Çıplak Kaya
2122	Sürekli Sulanan Ekilebilir Alan, sera	3322	Çok Yukarılarda Çıplak Kaya

2.5.3. Marmara Havzası Arazi Kullanımı

Corine 2018 sınıflandırmasına göre yapılan, Marmara Havzası'na ait 3. seviye arazi kullanımı Tablo 2.33 üzerinde gösterilmiştir. Marmara Havzası arazi kullanımı 37 farklı sınıfta gruplanmıştır. Bu tabloda en büyük alan 629 273 ha alan kaplayan, tüm havzaya oranı %27,27 “Geniş Yapraklı Ormanlar”, ikinci olarak 409 779 ha alana sahip, tüm havzaya oranı %17,76 olan “Sulanmayan Ekilebilir Alan” bulunmakta, üçüncü olarak 211 486 ha alan kaplayan tüm havzaya oranı %9.16 olan “Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları” bulunmaktadır. Arazi kullanımının havza içerisindeki dağılımını gösteren harita ise Şekil 2.43 üzerinde verilmiştir.

Tablo 2.33 Marmara Havzası CORINE 3. Seviye Arazi Kullanımı

SINIF	KOD	ALAN (ha)	Yüzde (%)
Geniş Yapraklı Ormanlar	311	629 273.86	27.27
Sulanmayan Ekilebilir Alan	211	409 779.07	17.76
Doğal Bitki Örtüsü ile Örtülü Tarım Alanları	243	211 486.36	9.16
Bitki Değişim Alanları	324	185 253.48	8.03
Karışık Ormanlar	313	153 477.37	6.65
İğne Yapraklı Ormanlar	312	134 763.40	5.84
Karışık Tarım Alanları	242	105 743.04	4.58
Kesikli Şehir Yapısı	112	73 902.10	3.20
Sürekli Sulanan Alanlar	212	69 223.56	3.00
Su Kütleleri	512	48 600.59	2.11
Zeytinlikler	223	45 449.25	1.97
Doğal Çayırliklar	321	39 803.41	1.72
Endüstriyel veya Ticari Alanlar	121	36 510.02	1.58
Sürekli Şehir Yapısı	111	34 207.21	1.48
Pirinç Tarlaları	213	28 985.01	1.26
Meralar	231	22 994.60	1.00
İnşaat Sahaları	133	13 437.74	0.58
Maden Çıkarım Sahaları	131	12 226.37	0.53
Meyve Bahçeleri	222	9 035.80	0.39
Karayolları, Demiryolları ve ilgili Alan	122	7 927.35	0.34
Spor ve Eğlence Alan	142	6 821.86	0.30
Sklerofil Bitki Örtüsü	323	5 343.78	0.23
Yeşil Şehir Alanları	141	5 021.33	0.22
Seyrek Bitki Alanları	333	2 587.60	0.11
Tuz Bataklığı	421	2 524.60	0.11
Üzüm Bağları	221	2 435.28	0.11
Havaalanları	124	2 424.58	0.11
Sahil, Kumsal, Kumluk	331	2 137.19	0.09
Bataklıklar	411	1 852.67	0.08
Nehir ve Okyanus	523	1 621.98	0.07
Kıyı Lagünleri	521	922.82	0.04
Limanlar	123	750.66	0.03
Su Yolları	511	565.22	0.02
Yanmış Alanlar	334	493.21	0.02
Çıplak Kayalıklar	332	129.78	0.01
Boşaltım Sahaları	132	126.03	0.01
Tuzlalar	422	28.56	0.001
Genel Toplam		2 307 866.77	100.00



Şekil 2.43 Marmara Havzası CORINE 2018 3. Seviye Arazi Kullanım Haritası (Tarım Orman Bakanlığı, E-U Land Monitoring Service)

2.5.4. Erozyon Durumu

Marmara Havzası içerisinde bulunan yan dere havzalarının topografik yapısının orta ve yayvan engebeli oluşu, jeolojik yapı, toprakların erozyona karşı hassasiyeti ve iklim koşulları nedeniyle erozyon ve sel felaketine oldukça hassas bir yapıda bulunmaktadır. Yan dere havzalarının dağlık-tepelik yapıya sahip olması yağış olarak düşen suyun hareketini hızlandırmaktadır. Özellikle toprak üzerinde bitki örtüsünün zayıf olduğu arazilere düşen yağışlar, toprağa infiltrasyonu sağlanamadığından yüzey akışı olarak kendini göstermektedir. Arazilere düşen yağışların yüzey akışı haline geçmesi yamaç arazilerde yüzey erozyonunu hızlandırmakta, verimli toprakların ve organik maddelerin taşınmalarına sebep olmaktadır.

Sağanak yağışlar sonucu yamaç arazilerden taşınan sarfiyatlar yan dere mecralarında toplanması ve mecralarda debilerin yükselmesi yan dere mecralarında taban ve kıyılarında stabiliteyi bozmakta, oyulmalara ve yamaç göçmelerine neden olmaktadır. Sarfiyatlarla birlikte mansaba intikal eden rüsubat özellikle eğimin düştüğü yerlerde çökmesi neticesinde özellikle yıllık tekerrürlü debilere göre projelendirilen mansap tesislerinde kapasite yetersizliğine ve akabinde tarım alanlarında, yerleşim birimlerinde taşkın ve rüsubat zararlarının oluşmasında en önemli nedenlerin başında gelmektedir. Bu sebeple erozyonun başladığı yerden ağaçlandırma, teraslama çalışmalarının yapılması ve sel derelerinde ıslah sekileri ile kontrol altına alınması ile sarfiyatlarla mansaba intikal eden rüsubatın yerleşim birimlerine ve tarım arazilerine zarar vermeyecek şekilde dere içlerinde uygun depolama imkânlarının olduğu yerde tersip bentleri ile depolanmasını sağlamaktır.

Marmara Havzasına genel olarak bakıldığında, havzada bulunan eğimin düşük olduğu çayırliklar ve ova tarım arazilerinde erozyon normal olup, bu bölümlerde genelde kıyı erozyonu olarak görünmektedir. Bu alanlar denize mansaplanan derelerin oluşturduğu ova ve düzlükler olup, oldukça büyük alanları kapsamaktadır. Orman ve bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda da erozyon normaldir. Ancak yüksek eğimli bozuk orman-makilik alanlarında az-çok şiddetli yüzey erozyonu aktiftir.

Havzada bulunan yüksek dağ ve tepelerden doğan büyük yan dereler, derin vadi ve kanyonlar içerisinde geçmektedir. Bu bölümlerdeki dik yamaçlardan ve kayalık alanlardaki fiziki ayrışmadan kaynaklanan kum-çakıl-taş iriliğinde rüsubat sağanak yağışlarla ana mecralara taşınmaktadır. Yan dere mecraları ve havzalarında yer yer yamaç göçmeleri ve heyelanlar da bulunmaktadır.

1980’li yıllara kadar havzada bulunan mera ve ormanlık alanlarında düzensiz ve plansız olarak aşırı miktarda otlatma yapılması, bitki örtüsünün tahribine, yüzey akışlarının artmasına ve erozyonun gelişmesine neden olmaktadır. Ayrıca havzada, yamaçlarda bulunan eğimin yüksek olduğu tarım alanlarında toprağı ve suyu koruyucu hiçbir önlem alınmadan tarım yapılması, en etkili ve uygulaması kolay olan kontur tarım (eğime dik toprak işleme) uygulamasına gidilmemesi, bu alanlarda erozyonun gelişmesine neden olmuştur.

Marmara Havzasında bulunan özellikle yerleşim birimlerin yoğun olduğu yan derelerdeki rüsubat probleminin bir nedeni de dere kenarı ve içlerine atılan hayvansal atıklar, moloz, pasa ve çöplerdir. Ayrıca yan dere havzalarında bulunan kum ocağı ve maden işletmeleri derelerin hidrolik yapılarını ve havzada doğal dengeyi olumsuz etkilemekte ve mecralarda erozyonun ve rüsubatın artmasına neden olmaktadır.

Ana mecralara taşınan rüsubatın büyük kısmı mecra içlerinde eğimin düşük ve mecranın geniş olduğu bölümlerde tuzaklanmaktadır. Az kısmı ise oluşan taşkınlarla mansaba taşınmaktadır.

Havzadaki sel ve taşkın problemi daha çok yan dere boğaz bölümleri ve mansabında kurulmuş olan köy ve beldelerde olmaktadır. Bu gibi konular DSİ tarafından münferit olarak ele alınmakta ve detaylı olarak incelenmektedir. Bu kapsamda alt havzalarda bulunan yan derelerde oldukça fazla etüt yapılarak raporları hazırlanmış ve uygulama çalışmaları yapılmıştır.

Havzada, rüsubat probleminin yoğun olduğu büyük yan dere ve çay yataklarında rüsubat taşınması nedeniyle kapasite kayıpları olmakta ve zaman zaman rüsubat ve taşkın suları dere kenarındaki arazilere yayılmaktadır.

Geçmişte havzada yapılan çalışmalarda, yan derelerde erozyon, rüsubat ve taşkın ile ilgili problemlerin her ikisinin de olduğu erozyon, rüsubat ve taşkın kontrolüne yönelik çalışmalar birbirlerini tamamlayacak şekilde bir bütün olarak yapılması gerektiği belirtilmektedir. Derelerin yukarı havza ve mansap bölümlerinde yapılan çalışmaların birbirinden tam olarak ayırmak mümkün olmadığı raporlarda belirtilmiştir. Rüsubat nedeniyle problem oluşturan dere ve yan dereler daha çok güney-kuzey istikametinde akan genel olarak kuzey bakılı yerlerdedir.

Havzada gereğinden fazla yapılan erozyon, rüsubat ve taşkın kontrolü tesisleri mecralarda stabiliteyi bozmakta, sediment oluşumuna ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ayrıca taşkın anında yıkılmaları durumunda taşkın ve rüsubat zararlarının artmasına neden olmaktadır.

Marmara Havzası erozyon durumu, **Tablo 2.34** ile verilmektedir. Buna göre 6 sınıfa ayrılarak yapılan erozyon durumu değerlendirmesinde, %42,37 oranı ile en fazla “Çok Şiddetli Erozyon”

bulunmaktadır. Özellikle havzanın Kocaeli, İstanbul'un Anadolu yakasındaki kısmı, Yalova ve Bursa illeri içerisinde kalan kısımlarında “Çok Şiddetli Erozyon” olduğu Şekil.1’de havza haritasında belirgin olarak görülmektedir.

Tablo 2.34 Marmara Havzası Erozyon Durumu Tablosu (DSİ)

Erozyon Durumu	Alan (ha)	Oranı (%)
Az Şiddetli Erozyon	34 886	1.43%
Normal Erozyon	886 546	36.47%
Şiddetli Erozyon	342 077	14.07%
Çok Şiddetli Erozyon	1 029 961	42.37%
Kayalık	335	0.01%
Diğer	137 291	5.65%
GENEL TOPLAM	2 431 097	

Birbirinden bağımsız üç havza grubunu kapsayacak şekilde ele alınan Marmara Havzası'nın, Avrupa kıtasında yer alan Trakya bölümünde Kuzey Marmara alt havzası, az şiddetli erozyon sınıfındadır. Marmara Havzası (Biga-Gönen alt havzası) içerisinde %96,83'lük kısmını ormanlık ve tarım alanları ile kaplanmakta, geriye kalan %3,17'lik küçük bir bölümde ise yerleşim, ocak alanları, taşlık, kayalık, baraj göl alanları ile kaplıdır.

Marmara bölgesinin güney-batında bulunan havzanın %56,82 bölümünü ormanlık alanlarla kaplı bulunmaktadır. Ormanlık alanların %39,05'lik kısmı verimli ve iyi vasıflı ormanlar olup, normal erozyonlu alanlar içerisinde, %17,77'lik bölümü ise bozuk ve orman toprağı olan sahalar içerisinde eğimin yükseldiğı bölümlerde az-şiddetli yüzey erozyonun aktif olduğu yerlerdir. Özellikle arazi kullanımı erozyon ve sediment durumunu çok yakından etkileyen faktörlerin başında geldiğinden verimli ormanlarda erozyon durumu normaldir. Ormanlık alanlar 0-800 kot arasında yoğunlukla kızılçam ağaçları ile dağınık bir şekilde maki alanları ile üst kotlarda genelde karaçam, sedir ve göknar ormanları kendini göstermektedir. Üst kotlara doğru verimli ormanlık alanlar daha yoğun bir şekilde bulunmaktadır.

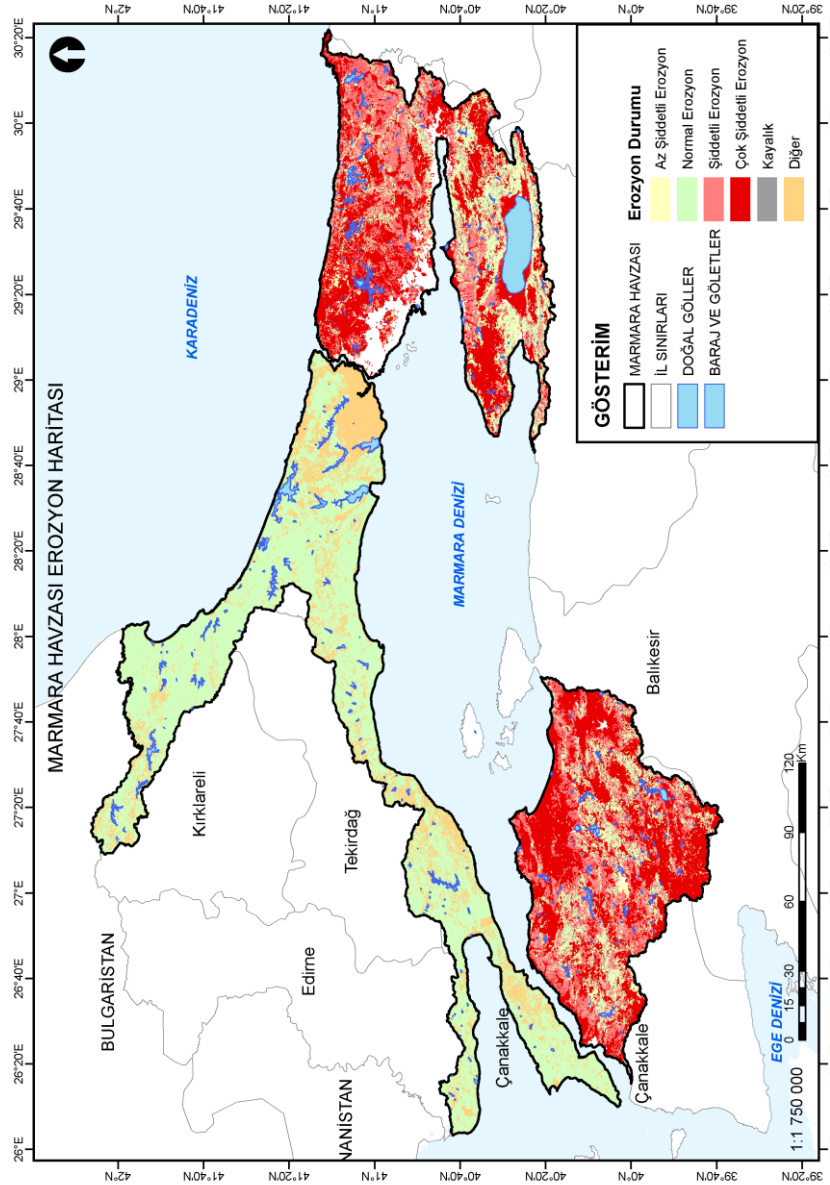
Tarım alanları havza içerisinde ikinci büyük yeri kaplamakta olup, %40,01'dir. Özellikle Biga ve Gönen çaylarının oluşturmuş olduğu, Biga, Gönen ve Tahirova düzlüklerinde tarım uygulamaları bulunmaktadır. Ayrıca denize mansaplanan diğer büyük-küçük boyutlu denize mansaplanan derelerin oluşturduğu düzlükler ile üst kesimdeki yerleşim yerleri çevresinde ormanlık alanların dışındaki yerlerde dağınık olarak bulunmaktadır. Akdeniz-Karadeniz iklim

kuşağı içerisinde geçişi olan bir konumda olmasından dolayı tarım ürünleri çeşitliği ve verimli kendini göstermektedir.

2.5.5. Havzada Sediment Durumu

Marmara Havzası Türkiye'deki havzalar içerisinde sediment verimi ve taşınımı fazla olan havzalardandır. Marmara Havzasındaki belli başlı rüsubat kaynakları;

- Yamaç tarım, mera, fundalık ve çıplak arazilerindeki yüzey erozyonu,
- Kayalık alanlardaki fiziki ayrışma, yamaç arazide bulunan taşlık alanlardaki akımlar,
- Dere yataklarında bulunan tarihi rüsubat konileri,
- Dere yataklarına atılan moloz, çöp, pasa ve hayvansal atıklar,
- Yan derelerdeki yamaç göçmeleri, kıyı ve mecra oyulmaları ile heyelanlar,
- Kum ocağı ve maden işletmeleri olarak sıralayabiliriz



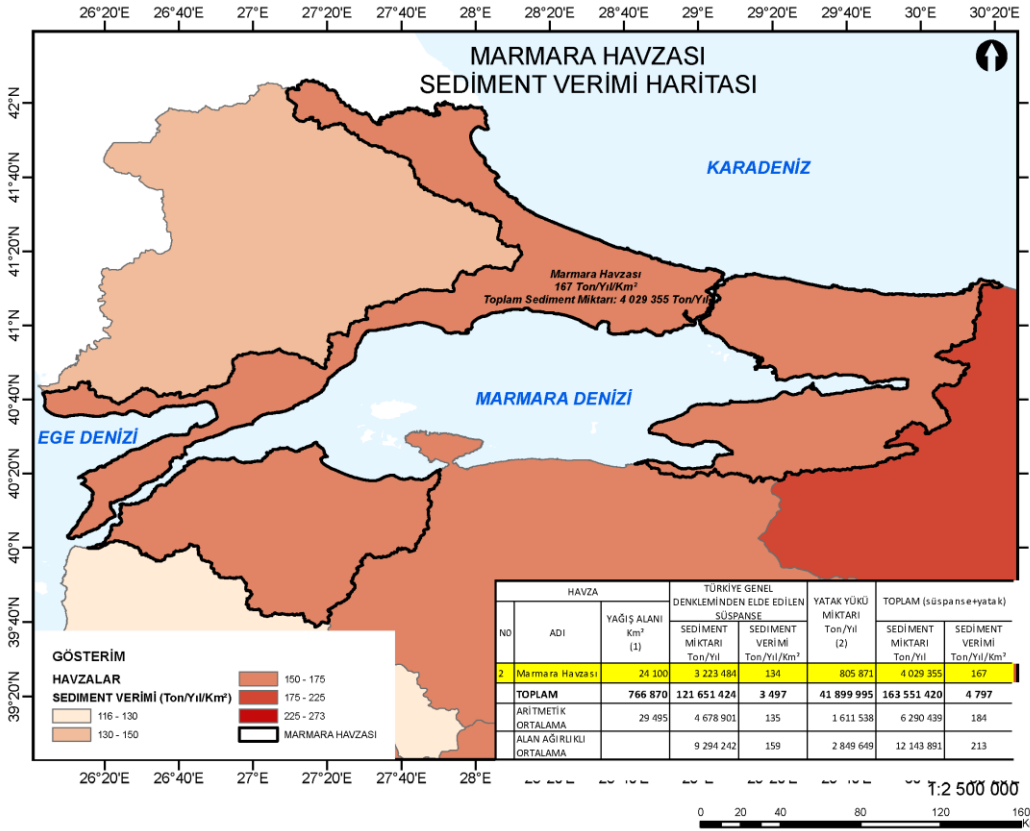
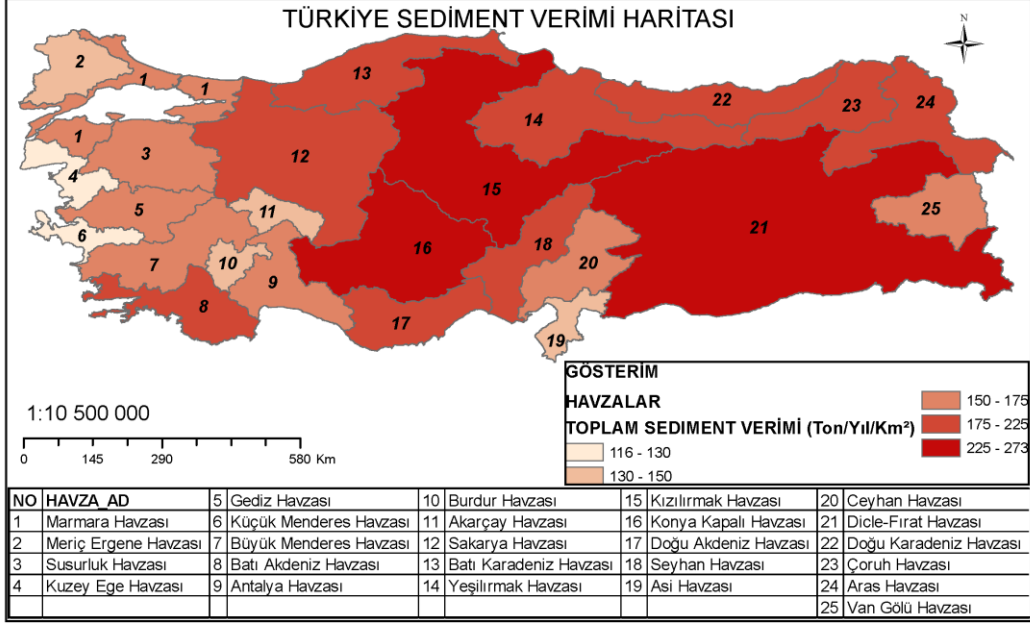
Şekil 2.44 Marmara Havzası Erozyon Durumu Haritası (DSİ)

Bir havzada sediment verimi kadar sedimentin problem olup olmadığı ve sedimentin gelecekte tesisin fonksiyonunu olumsuz etkileyip etkilemeyeceği önemlidir. Dolayısıyla incelenen konularda havza yamaç arazi özellikleri (topografya, bitki örtüsü, erozyon durumu vb.) mecrâ karakteristikleri (kıyı ve mecrâ oyulmaları, rûsubat hareketleri, hafriyatlar vb.) gözlemlenerek erozyon, rûsubat ve taşkın kontrolü tesislerinde rûsubat sorunu olup olmadığı gözlemlenmelidir.

Sediment hacim ağırlığı $1,3 \text{ ton/m}^3$ olarak bulunmuştur. Buna göre Marmara Havzasında sediment anahtar eğrisine göre hesaplanan ortalama sediment verimi; $167/1,30=128 \text{ m}^3/\text{yıl}/\text{km}^2$ olmaktadır.

Marmara Havzasında ölçüm sonuçları verilen sediment verimleri yan derelerden kaynaklanan ve mansaba taşınan sedimenti tam olarak yansıtmamaktadır. Yan derelerde sediment ölçümü yapılmamakta ayrıca yan derelerde sedimentin büyük kısmı sel olduğu zamanda taşınmaktadır.

Havzadaki sel ve taşkın problemi daha çok yan dere boğaz bölümleri ve mansabında kurulmuş olan köy ve beldelerde olmaktadır. Bu gibi konular münferit olarak ele alınarak detaylı olarak incelenmelidir. Bu kapsamda DSİ tarafından, alt havzalarda bulunan yan derelerde oldukça fazla etüt yapılarak raporları hazırlanmış ve uygulama çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 2.45 Türkiye ve Marmara Havzası Sediment Verimi ve Miktarı Haritası (DSİ)

2.6. Su Kullanımı

2.6.1. Türkiye Su Potansiyeli ve Kullanımı

Türkiye Su Bütçesinin Belirlenmesi Çalıştayı kapsamında sunulan, DSİ Genel Müdürlüğü adına (Özdemir ve Erkuş, 2015) tarafından ve 1981-2010 arası verilerin kullanılmasıyla yapılan hesaplamalara göre Türkiye üzerinde yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup yıllık su hacmi 501 milyar m³'e denk gelmektedir. Bu suyun 274 milyar m³'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular aracılığıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden Türkiye'ye gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece Türkiye brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar m³ de dikkate alındığında, Türkiye'nin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli amaçlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden Türkiye'ye gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar m³'tür. 14,7 milyar m³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte Türkiye'nin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³'tür. Su tüketimlerine bakıldığında 44 milyar m³ su kullanılmaktadır. Yüzey suyunun ekonomik olarak kullanılmasının uygun olmadığı veya yetersiz olduğu alanlarda sulama suyu talebini yeraltı suyundan karşılamaktır. Ülkemizde 14,7 milyar m³ yeraltı suyu rezervi bulunmakta olup mevcut rezervin 13,6 milyar m³/yıl tahsisi yapılmıştır (DSİ, 2014).

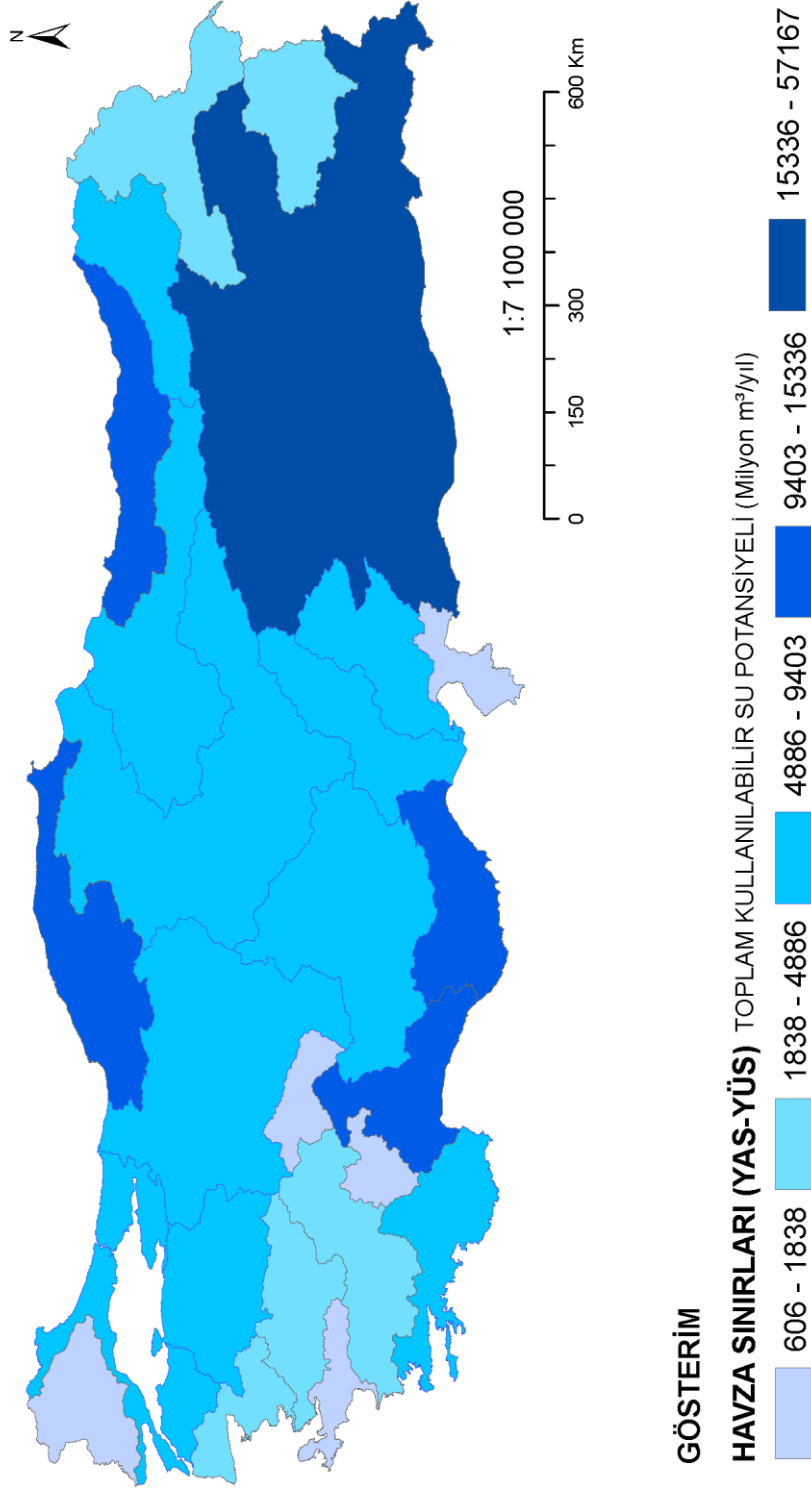
Yapılan diğer bir çalışmada; SYGM tarafından hazırlanan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (SYGM, 2016) kapsamında Türkiye'nin yüzeysel su potansiyeli 205,5 milyar m³ olarak belirlenmiş ve havzalara göre dağılımı Tablo 2.35 üzerinde verilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılabilir su potansiyeli yaklaşık 108,5 milyar m³ hesaplanmıştır (SYGM, 2016).

Tablo 2.35 Türkiye Havzaları Su Potansiyelleri Dağılımı (SYGM, 2016)

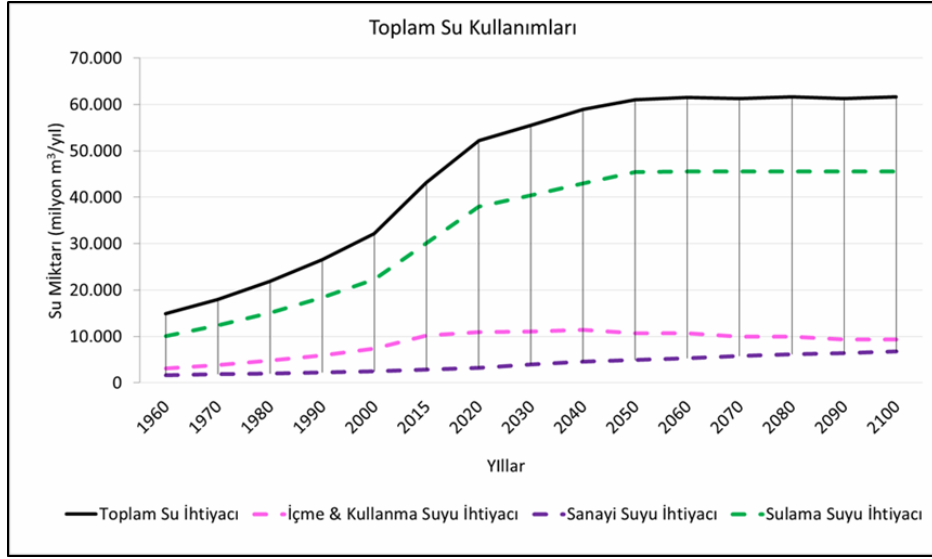
HAVZA NO	HAVZA ADI	YÜZEYSEL SU			YERALTI SUYU			TOPLAM		
		YILLIK ORTALAMA AKIŞ	ORTALAMA KULLANILABİLİR YÜZEYSEL SU MİKTARI	KULLANIM / POTANSİYEL	YERALTI SUYU POTANSİYELİ	YERALTI SUYU İŞLETME REZERVİ	YAS REZERVİ / POTANSİYEL	TOPLAM SU POTANSİYELİ	TOPLAM KULLANILABİLİR SU POTANSİYELİ	KULLANIM / POTANSİYEL
		(milyon m ³ /yıl)	(milyon m ³ /yıl)	(%)	(milyon m ³ /yıl)	(milyon m ³ /yıl)	(%)	(milyon m ³ /yıl)	(milyon m ³ /yıl)	(%)
1	AKARÇAY	490	245	50	188	182	97	678	427	63
2	ANTALYA	11.060	5.530	50	1.093	526	48	12.153	6.056	50
3	ARAS	4.630	2.315	50	256	204	80	4.886	2.519	52
4	ASİ	1.170	585	50	402	305	76	1.572	890	57
5	BATI AKDENİZ	8.930	4.465	50	473	317	67	9.403	4.782	51
6	BATI KARADENİZ	9.930	4.965	50	416	412	99	10.346	5.377	52
7	BURDUR	500	250	50	106	90	84	606	340	56
8	BÜYÜK MENDERES	3.030	1.970	65	998	729	73	4.028	2.698	67
9	CEYHAN	7.180	3.590	50	985	533	54	8.165	4.123	50
10	ÇORUH	6.300	3.150	50	30	20	67	6.330	3.170	50
11	DOĞU AKDENİZ	11.070	5.535	50	97	71	73	11.167	5.606	50
12	DOĞU KARADENİZ	14.900	7.450	50	436	436	100	15.336	7.886	51
13	ERGENE	1.330	665	50	508	498	98	1.838	1.163	63
14	FIRAT - DİCLE	52.940	26.470	50	4.227	2.779	66	57.167	29.249	51
15	GEDİZ	1.950	975	50	555	248	45	2.505	1.223	49
16	KIZILIRMAK	6.480	3.240	50	1.531	1.332	87	8.011	4.572	57
17	KONYA KAPALI	4.520	2.260	50	2.012	2.005	100	6.532	4.265	65
18	KUZEY EGE	2.090	1.045	50	289	213	74	2.379	1.258	53
19	KÜÇÜK MENDERES	1.190	595	50	179	179	100	1.369	774	57
20	MARMARA	8.330	4.165	50	236	205	87	8.566	4.370	51
21	SAKARYA	6.400	3.200	50	2.192	1.519	69	8.592	4.719	55
22	SEYHAN	8.010	4.005	50	701	652	93	8.711	4.657	53
23	SUSURLUK	5.430	2.715	50	727	575	79	6.157	3.290	53
24	VAN GÖLÜ	2.390	1.195	50	179	148	83	2.569	1.343	52
25	YEŞİLIRMAK	5.800	2.900	50	632	579	92	6.432	3.479	54
TOPLAM		186.050	93.480	50,2	19.447	14.757	75,9	205.497	108.237	52,7

İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (SYGM, 2016) kapsamında aynı zamanda detaylı su kullanımı projeksiyonları çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Geçmiş yıllardaki veriler kullanılarak 2100 yılına kadar yapılan projeksiyonlarda içme-kullanma suyu, sanayi suyu ve sulama suyu kullanımları detaylı olarak incelenmiştir ve bu kullanımlara ait özet toplam kullanım miktarları Şekil 2.47 ile verilmiştir.

TÜRKİYE TOPLAM KULLANILABİLİR SU POTANSİYELİ (YAS-YÜS) HARİTASI



Şekil 2.46 Türkiye Ortalama Kullanılabilir Su Potansiyeli Haritası (YAS-YÜS) (DSİ)



Şekil 2.47 Türkiye Toplam Su Kullanımı 1960-2100 (SYGM, 2016)

2.6.2. İçme Kullanma Suyu ve Proses Suyu Kullanımı

Havzanın içme kullanma suyu kullanımlarının incelenmesi için Ön Rapor kapsamında havzada daha önce yapılmış olan çalışmaların sonuçları derlenmiştir.

İlk olarak, Marmara Havzası Master Planı (DSİ, 2014) kapsamında sağlanacak içme ve kullanma suyu işletme çalışmalarında (uzun yıllar akımlarında) işletmedeki tesis bazında (mevcut durumda) Tablo 2.36 ile verildiği gibi hesaplanmıştır. Bu hesaplama havzanın Anadolu bölümünü kapsamaktadır.

Tablo 2.36 İçme ve Kullanma Suyu Kullanımları (DSİ, 2014)

Tesis adı	Sağlanan İçme Suyu [hm ³ /yıl]
Bayramdere Barajı	3,4
Atikhisar Barajı	9,45 (25,57)
Gönen Barajı	11,27
Gökçe Barajı	26,40
Yuvacık Barajı	75,00
Ömerli Barajı	139,75
Darlık Barajı	78
Namazgah Barajı	11,67
Elmalı Barajı	7,45

Yine Marmara Havzası Master Planı kapsamında, havzanın Anadolu Bölümünde yer alan tüm yerleşim yerlerine ait su ihtiyaç tahminleri tablosu Tablo 2.37 ile verilmektedir. Buna göre çalışmanın yapıldığı 2014 yılına ait içme ve kullanma suyu ihtiyacı toplamda 532,25 hm³/yıldır. Bu değer 2050 yılına kadar, nüfus projeksiyonları dikkate alındığında, 1 135,20 hm³/yıl olması öngörülmüştür.

Tablo 2.37 Marmara Havzası Master Planı proje sahasında yer alan tüm yerleşimlere ait içme ve kullanma suyu ihtiyaç tahmin tablosu (DSİ, 2014)

S. No	Yerleşim Adı	Su İhtiyacı(hm ³ /yıl)								
		2014	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1	İSTANBUL ANADOLU YAKASI	293,96	301,66	342,17	387,03	436,45	490,57	549,50	630,21	678,91
2	KOCAELİ	155,99	160,02	180,48	201,98	224,09	246,34	268,26	286,39	307,34
3	SAKARYA PAMUKOVA	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07
4	YALOVA ARMUTLU	0,50	0,51	0,57	0,64	0,72	0,81	0,91	1,06	1,16
5	YALOVA ÇİFTLİKKÖY	2,88	2,97	3,40	3,88	4,40	4,97	5,57	6,09	6,89
6	YALOVA ÇINARCIK	2,39	2,47	2,86	3,29	3,75	4,23	4,74	5,41	5,75
7	YALOVA ALTINOVA	2,67	2,72	2,96	3,23	3,52	3,84	4,18	4,56	4,83
8	YALOVA MERKEZ	20,43	20,60	21,43	22,26	23,09	23,91	24,73	24,66	26,32
9	YALOVA TERMAL	0,35	0,36	0,40	0,45	0,51	0,58	0,65	0,76	0,86
10	BİLECİK OSMANLİ	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,16	0,16
11	BURSA GEMLİK	6,73	6,89	7,73	8,62	9,58	10,60	11,68	13,16	14,07
12	BURSA MUDANYA	5,54	5,72	6,63	7,55	8,47	9,35	10,17	10,53	11,48
13	BURSA ORHANGAZİ	7,33	7,39	7,69	7,98	8,27	8,54	8,81	8,70	9,33
14	BURSA İZNİK	2,66	2,69	2,85	3,03	3,21	3,42	3,64	3,95	4,14
15	BURSA YENİŞEHİR	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
16	BURSA GÜRSU	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
17	BURSA OSMANGAZİ	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07
18	BALIKESİR GÖNEN	5,88	5,95	6,32	6,71	7,13	7,57	8,02	8,45	8,99
19	BALIKESİR BANDIRMA	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12
20	ÇANAKKALE BİGA	5,44	5,57	6,31	7,15	8,10	9,14	10,28	11,75	12,88
21	ÇANAKKALE LAPSEKİ	1,54	1,56	1,69	1,83	1,99	2,16	2,36	2,63	2,81
22	ÇANAKKALE ÇAN	3,45	3,50	3,75	4,01	4,26	4,52	4,77	5,01	5,29
23	ÇANAKKALE YENİCE	1,83	1,86	2,04	2,24	2,45	2,69	2,95	3,29	3,52
24	ÇANAKKALE BAYRAMIÇ	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09
25	ÇANAKKALE MERKEZ	12,33	12,79	15,17	17,72	20,36	23,03	25,64	27,54	30,08
	TOPLAM	532,25	545,59	614,85	690,02	770,78	856,73	947,37	1.054,68	1.135,20

Havzanın Trakya kesimi için ise mevcut durumda ve 2060 yılı için içme-kullanma suyu ihtiyaçları Meriç-Ergene ve Kuzey Marmara Master Plan Raporu'ndan (DSİ, 2018) temin edilmiştir. Buna göre Kuzey Marmara Havzasında 2015 içme ve kullanma suyu ihtiyacı 897,81 hm³/yıl'dır. 2060 yılı nüfus projeksiyonu 21782826 kişi için mutasavver içme ve kullanma suyu ihtiyacı ise 1948,57 hm³/yıl'dır.

Tablo 2.38 Kuzey Marmara Havzası içme ve kullanma suyu ihtiyacı

İl	İlçesi	Mevcut Durum (2015)				Gelecekteki Durum (2060)				
		Nüfus	İçme suyu ihtiyacı (M.P. da hesaplanan)	Fiili Kullanım	İhtiyacın Karşılandığı Kaynak	Nüfus	İçmesuyu ihtiyacı	İçmesuyu açığı oluşan yıl	İlave içmesuyu tahsisi (öneri)	İlave İhtiyacın Karşılandığı kaynak
		-2015	hm ³ /yıl	hm ³ /yıl		-2060	hm ³ /yıl	yıl	hm ³ /yıl	
Çanakkale	Gelibolu	28488	6,55	8,18	Çokal Barajı	44579	7,06	-	-	
Çanakkale	Eceabat	5670	2,47	2,81	Çokal Barajı	9499	2,81	-	-	
Edirne	Enez	3869	1,50	3,34	Yas Kuyusu	6055	2,59	-	-	
Kırklareli	Demirköy	3611	0,72	2,64	YAS+Kaynak	5651	1,29	-	-	
Tekirdağ	Şarköy	18352	5,27	5,53	Şarköy G. Kaynak	33959	10,69	2020	5,35	Çokal Barajı
Tekirdağ	Süleymanpaşa	156067	14,62	8,00 6,43 1,50	Yas Kuyusu Naipköy B. Yazır G.	311908	30,42	2015	6,00 6,00 7,11	İncecik 1 B.. İncecik 2 B. Dedecik B.
Tekirdağ	Çorlu	224850	23,21	27,00	Yas Kuyusu	396689	40,18	2020	6,34 40,00	Kömürköy- Kızılağaç B. Balaban B.
Tekirdağ	Marmaraeğlisi	12231	4,70	3,51	YAS+Kaynak	37643	15,05	2020	6,50 5,00	Seymen Göl. YAS
İstanbul	Avrupa Yakası	9564221	817,09		YAS+Kaynak	20811071	1912,65	2018	925,18	Melen 2- Melen 3- Melen 4 - Rezve

SYGM tarafından hazırlanan İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi'nde (SYGM, 2016) Marmara Havzası'nın tamamı için yapılan çalışmada, içme ve kullanma suyu ihtiyacı tahmini hesaplarında kullanılan birim net su ihtiyaçlarının, nüfusa bağlı olarak değiştiği göz önüne alınmıştır. Havzada bulunan kentsel ve kırsal nüfuslar ile nüfusa göre değişkenlik gösteren birim su ihtiyaçlarının çarpımı, doğrudan içme-kullanma suyu ihtiyacını bulmak için kullanılmıştır. Ayrıca, isale hattı kayıpları ile şebekede karşılaşılabilecek çeşitli kayıp ve kaçakların, içme ve kullanma suyu ihtiyacı belli bir yüzde oranında arttırdığı kabul edilmiştir.

Tablo 2.39 Kırsal ve Kentsel Nüfusun Yıllık Su İhtiyacı Projeksiyonu (SYGM, 2016)

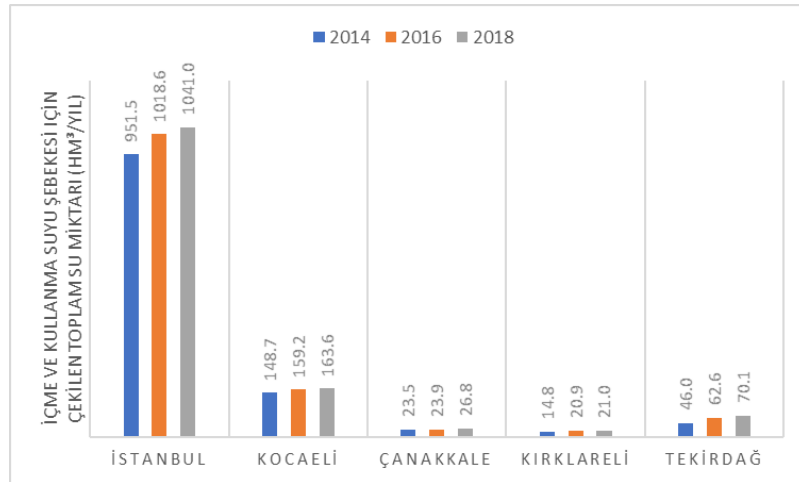
Yıllar	Kentsel Alan		Kırsal Alan		Havza Genel	
	Eşdeğer Nüfus	Su İhtiyacı	Eşdeğer Nüfus	Su İhtiyacı	Eşdeğer Nüfus	Su İhtiyacı
	N	milyon m ³ /yıl	N	milyon m ³ /yıl	N	milyon m ³ /yıl
2015	18.642.411	2550,88	682.186	46,67	19.324.597	2597,56
2020	20.012.457	2738,35	659.029	45,09	20.671.485	2783,44
2030	22.544.201	2827,71	605.682	37,99	23.149.883	2865,69
2040	24.501.603	3041,87	546.280	33,91	25.047.882	3075,78
2050	25.171.140	2884,60	495.869	28,41	25.667.009	2913,02
2060	25.171.140	2884,60	495.869	28,41	25.667.009	2913,02
2070	25.171.140	2678,56	495.869	26,38	25.667.009	2704,95
2080	25.171.140	2678,56	495.869	26,38	25.667.009	2704,95
2090	25.171.140	2499,99	495.869	24,62	25.667.009	2524,62
2100	25.171.140	2499,99	495.869	24,62	25.667.009	2524,62

Havza nüfusunun ve dolayısıyla içme-kullanma suyu ihtiyacının büyük kısmını oluşturan İstanbul ili için İSKİ 2020 yılı faaliyet raporunda (İSKİ, 2020) son beş yıl için şehre verilen su miktarlarının aylara göre günlük ortalama dağılımları Tablo 2.40 ile gösterildiği gibi verilmiştir.

Tablo 2.40 İstanbul'a Verilen Su Miktarlarının Aylara Göre Günlük Ortalama Dağılımı (İSKİ, 2020)

Aylar	2016 Yılı (m ³ /gün)	2017 Yılı (m ³ /gün)	2018 Yılı (m ³ /gün)	2019 Yılı (m ³ /gün)	2020 Yılı (m ³ /gün)
Ocak	2.587.305	2.637.306	2.716.501	2.695.987	2.741.225
Şubat	2.555.664	2.625.530	2.703.272	2.671.326	2.762.787
Mart	2.553.124	2.619.834	2.718.509	2.731.157	2.853.472
Nisan	2.678.012	2.602.678	2.807.971	2.832.268	2.811.262
Mayıs	2.740.361	2.820.665	2.915.116	3.022.314	2.904.522
Haziran	2.934.439	2.900.266	3.027.697	3.104.501	3.030.796
Temmuz	2.935.875	3.005.715	3.067.409	3.097.687	3.167.260
Ağustos	2.960.434	2.961.113	3.012.977	3.037.772	3.172.405
Eylül	2.825.553	2.920.997	2.935.100	3.066.233	3.189.802
Ekim	2.756.585	2.810.140	2.802.055	2.917.398	2.966.960
Kasım	2.693.407	2.805.426	2.773.769	2.891.581	2.848.354
Aralık	2.698.591	2.747.258	2.824.267	2.824.627	2.762.116
Yıllık Ortalama	2.728.477	2.796.277	2.851.960	2.908.958	2.934.792

TÜİK Belediye Su İstatistikleri'ne göre (TÜİK, 2021) havzada yer alan illerde içme ve kullanma suyu şebekesi için çekilen toplam su miktarları, yayınlanan son üç dönem olan 2014, 2016, 2018 yılları için Şekil 2.48 ile sunulmaktadır. Buna göre İstanbul ilinin içme-kullanma suyu miktarlarının diğer illerden oldukça fazla olduğu ve kullanılan su miktarının tüm illerde yıllar içinde arttığı görülmektedir.



Şekil 2.48 İçme ve Kullanma Suyu Şebekesi İçin Çekilen Toplam Su Miktarı (hm³/yıl) (TÜİK, 2021)

2.6.3. Bitki Su Kullanımları

Ön Rapor kapsamında havzanın bitki su kullanımlarının incelenmesi için Marmara Havzası Master Planı (DSİ, 2014) kapsamında yapılan çalışmalar incelenmiştir. Master Plan kapsamında havzanın bitki su ihtiyaçları işletme çalışmalarında tesis bazında Tablo 2.41'deki gibi alınmıştır. Sulama suyu kullanımları özet tablosu ise Tablo 2.42 ile verilmiştir. Buna göre havzanın 2014 yılı için toplam bitki su ihtiyacı 343,98 hm³/ yıl kadardır.

Tablo 2.41 Bitki su ihtiyaçlarını karşılayan tesisler ve bulunduğu havzalar (DSİ, 2014)

#	Tesis adı	Bitki Su Gereksinimi [m ³ /ha/yıl]
1	Kaynarca Barajı Sulaması	5610
2	Bakacak Barajı Sulaması	8815
3	Taşoluk Barajı Sulaması	5629
4	Ayıtdere Barajı Sulaması	9796
5	Bayramdere Barajı Sulaması	5448
6	Umurbey Barajı Sulaması	9243
7	Atikhisar Barajı Sulaması	5698
8	Gönen Barajı Sulaması	11175
9	Aşağıçavuş Barajı Sulaması	4468

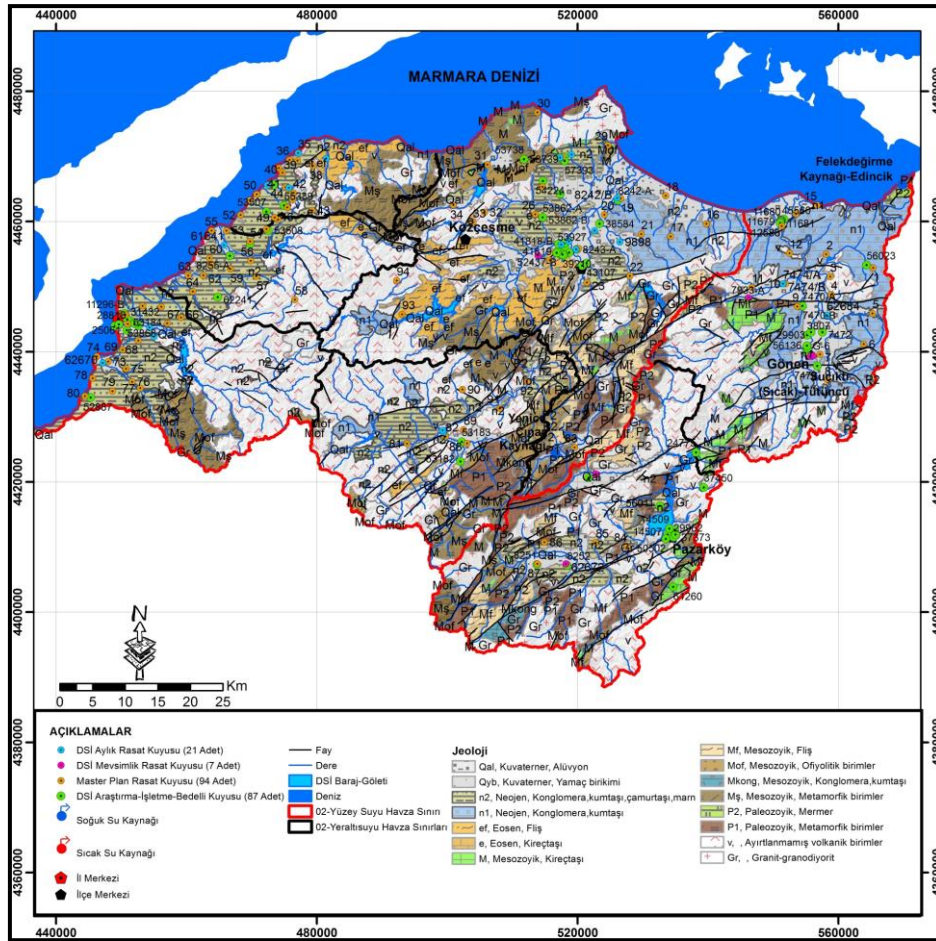
Tablo 2.42 DSİ MP (DSİ, 2014) kapsamında hazırlanan Sulama suyu kullanımları özet tablosu

BİTKİ SULAMA SUYU SONUÇ TABLOSU			MEVCUT FİİLEN SULANAN ALAN (ha)	MEVCUT KOŞULLARDA TOPLAM BİTKİ SU İHTİYACI (hm ³ /yıl)
SULAMA ADI				
DSİ SULAMALARI	DSİ TARAFINDAN İŞLETİLEN VE DEVREDİLEN YER ÜSTÜ (YÜS) SULAMALARI	DSİ TARAFINDAN DEVREDİLMİŞ VEYA İŞLETİLEN BAKIM DEĞERLENDİRME YAYINLARINDA YER ALAN SULAMALAR (SULAMA SAHASI 1000 ha ÜSTÜ)	38869	260,8
		DSİ TARAFINDAN DEVREDİLMİŞ VEYA İŞLETİLEN BAKIM DEĞERLENDİRME YAYINLARINDA YER ALMAYAN SULAMALAR (SULAMA SAHASI 1000 ha ALTI)	9636	
	DSİ TARAFINDAN İŞLETİLEN VEYA DEVREDİLEN YER ALTI (YAS) SULAMALARI		-	-
DİĞER KURUM VE KURULUŞLAR TARAFINDAN İNŞAA EDİLEN; İŞLETİLEN VE DEVREDİLEN SULAMALAR	İL ÖZEL İDARE YER ALTI SULAMALAR (YAS)		460	53,05
	DİĞER KURUM YER ALTI SULAMALAR (YAS)		460	
	DİĞER KURUM YÜZEYSEL SULAMALAR (YÜS)	GÖLET SULAMALARI	12131	
		YÜS SULAMALARI	60	
PROJE SAHASINDAKİ HALK SULAMALARI	HES MANSAP SU HAKLARI KAPSAMINDA KALAN HALK SULAMALARI		-	-
	ARAZİDE TESPİT EDİLEN HALK SULAMALARI		6543	30,1
TOPLAM			67699	343,98

2.7. Havza Hidrojeolojisi Ve Yeraltı Su Kaynakları

2.7.1. Havza Genel Hidrojeolojisi

Türkiye'nin 25 ana akarsu havzasından biri olan Marmara Havzası coğrafik bölgelerimizden Marmara Bölgesi'ndedir. DSİ Master Plan (DSİ, 2018) kapsamında etüdü yapılan Marmara Havzası Anadolu Bölümü, Susurluk Havzası hariç olmak üzere Anadolu Bölümü'nde Marmara Denizi'ne doğrudan dökülen akarsu havzaları ile İznik Gölü havzasını ve Marmara Bölgesinin Anadolu'dan Karadeniz'e dökülen bazı akarsu havzalarını kapsamaktadır. Çalışılan bölümüyle Marmara Havzası İstanbul, Kocaeli, Sakarya (batıdan az bir bölüm), Yalova, Bursa, Bilecik (kuzeyden çok az bir bölüm) ve Balıkesir ile Çanakkale il sınırları içindedir. Marmara Havzası Anadolu Bölümü İznik-İstanbul kısmı coğrafi olarak 41°14' ile 40°18' kuzey enlemleri ve 30°22' ile 28°43' doğu boylamları arasındadır. Marmara Havzası Anadolu Bölümü Çanakkale kısmı ise coğrafi olarak 40°29' ile 39°39' kuzey enlemleri ve 27°51' ile 26°15' doğu boylamları arasında yer almaktadır.



Şekil 2.49 Marmara Havzası Anadolu Bölümü Çanakkale Kısmı Hidrojeoloji Haritası (DSİ, 2018)

Marmara Havzası Anadolu Bölümü yağış drenaj alanı 1/25000 ölçekli harita bazında CBS ortamında yapılan hesaplamalarda 13.969,31 km² olarak belirlenmiştir. Marmara Havzası Anadolu Bölümü yerüstü suyu drenaj ağı dikkate alınarak Ağva Alt Havzası, Körfez Alt Havzası, İznik Gölü Alt Havzası, Gönen Çayı Alt Havzası ve Biga Çayı Alt Havzası olmak üzere 5 (beş) adet yüzey suyu alt havzaya ayrılmıştır. Hidrojeolojik çalışmalar bu 5 alt havza için ayrı ayrı raporlanmış, ayrıca havzanın tamamı için bu ana rapor hazırlanmıştır. Ayrıca bu yüzey suyu alt havzalarının hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak 24 adet yeraltısuyu alt havzası oluşturulmuştur.

Havza içerisinde Paleozoyik'ten günümüze kadar tortul, magmatik ve metamorfik kaya gruplarından üçünün de yer aldığı görülmektedir. Marmara Havzası'nda yer alan yaygın özellikli akifer kayaçlar, genellikle Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar genellikle; Biga ve Gönen çayları, deniz sahilleri ve İznik Gölü sahili boyunca çökelmişlerdir. Marmara Havzası'nda yer alan Neojen yaşlı konglomeralar ile karasal çökellerin kumtaşı-çakıltaş-kireçtaşı seviyeleri akifer özellikli olmakla birlikte, bu birimler içinde yer alan az geçirimli-geçirimsiz kiltaş-marn-killi kireçtaşı seviyeleri nedeni ile Neojen yaşlı birimler yer yer yerel bazda akifer özelliği gösterirler. Kuvaterner yaşlı alüvyonları ile Neojen yaşlı birimlerin birlikte bulunduğu sahalarda, bu birimler müşterek akifer özelliği gösterirler. Hereke YAS Alt Havzası'nda yer alan Mesozoyik yaşlı kireçtaşları akifer özellikli olmakla birlikte sularını kaynaklar vasıtası ile boşaltırlar. Çökeltme ortamları hakkında genel bilgiler Tablo 2.43 üzerinde görülmektedir.

Tablo 2.43 Çökeltme Ortamları (Şengüler vd., 2000)

YAŞ	ÇÖKELME ORTAMI
KUVATERNER	Güncel
PLİYOSEN	Akarsu ve alüvyon yelpazesi
MİYOSEN	Acı sulu göl ve akarsu
	Akarsu ve göl
	Akarsu, göl, lagün, kıyı ve kıyı ötesi
	Kaletepe erüpsiyonu (?)
OLİGOSEN	Akarsu
	Delta bataklığı
	Delta
	Delta, akarsu ve göl
	Delta ve sahil yakını
EOSEN	Açık deniz ve türbiditik
	Şelf ve paleoyükselim
	Akarsu-göl, delta ve türbiditik (litoral-neritik)
	Türbiditik ve derin denizel

2.7.2. Alt Havzalar Hidrojeolojisi

Marmara Havzası, Biga Çayı, Gönen Çayı, İznik Gölü, Körfez, Ağva Deresi, Batı İstanbul, Kuzey Kırklareli ve Kuzey Çanakkale olmak üzere 8 ayrı alt havzaya bölünmüştür Burada alt havzalara ait genel jeoloji ve akifer durumları değerlendirilmiştir. Bu amaçla havza genelinde yürütülen önceki çalışmaların jeolojik ve hidrojeolojik haritalardan faydalanılmıştır.

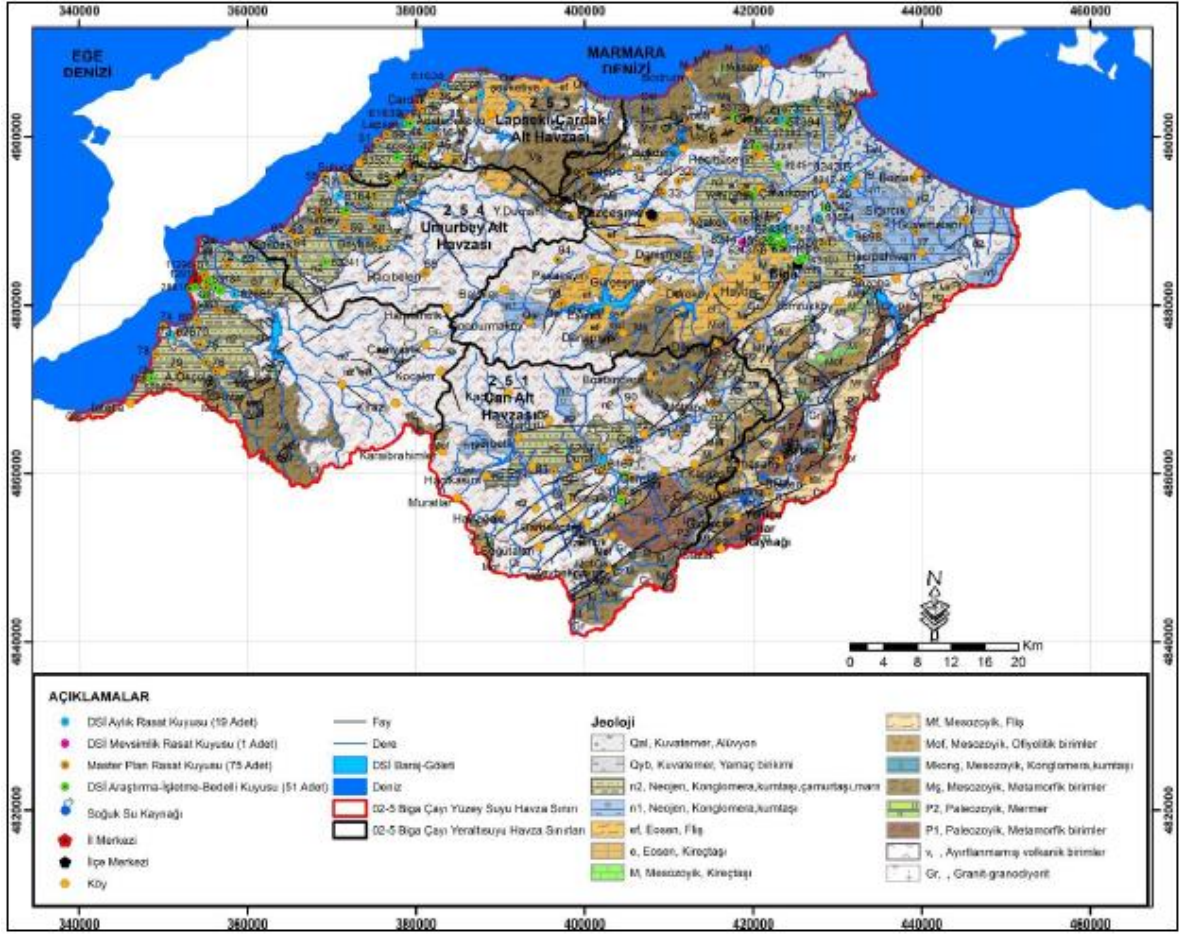
2.7.3. Biga Çayı Alt Havzası (1/8)

2.7.3.1. Genel Jeoloji

Biga Çayı Alt Havzası'nda Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş sedimanter, magmatik ve metamorfik jeolojik birimler mevcuttur. Biga Çayı Alt Havzası jeolojisi; DSİ tarafından hazırlanan raporlardan ve MTA tarafından hazırlanan 1/100000 ve 1/25000 ölçekli jeoloji paftalarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (P1-P2) havzada Karakaya karmaşığı olarak adlandırılmıştır. İlk kez 1970'li yıllarda Biga Yarımadası'nda içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş, Erken Triyas yaşlı çakıltaşı, feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, silttaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı Karakaya formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973). Daha sonraki çalışmalarda, Pontidler ile Torid-Anatolid platformu arasında ve Sakarya zonunda yer alan Karakaya grubu litolojilerinin Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan Erzincan'a kadar uzanan geniş bir kuşak içerisinde yayılım gösterdiği belirtilmektedir. Karakaya kompleksi içerisinde formasyon mertebesinde ayrılacak farklı türde litolojilerin yer aldığı kayalar topluluğundan meydana gelmektedir. Bu formasyonların ilksel ilişkileri birincil sedimanter dokanaklı olmakla birlikte, daha sonradan gelişen deformasyon nedeniyle tektono-stratigrafik istiflenmesi dikkate alınarak Karakaya Kompleksi olarak tanımlanmıştır.

2.7.3.2. Akifer Durumu

Biga Çayı Alt Havzası'nda yer alan jeolojik birimler litolojik, yapısal ve hidrojeolojik yönden değerlendirilerek geçirimsizlik ve akifer özellikleri açısından sınıflandırılmıştır. Alt havzaya ait DSİ ve MTA haritalarından faydalanarak hazırlanan hidrojeoloji haritası görülmektedir.



Şekil 2.50 Biga Çayı Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası (DSİ, 2014)

Tablo 2.44 Biga Çayı Alt Havzası YAS Alt Havzaları

Alt Havza	YAS Alt Havza No	YAS Alt Havza Adı	YAS Alt Havza Alanı (km ²)	Alt Havza Alanı (km ²)
Biga Çayı Alt Havzası	1	Çan Alt Havzası	908,77	4.150,96
	2	Biga Alt Havzası	1.848,29	
	3	Lapseki-Çardak Alt Havzası	278,26	
	4	Umurbey Alt Havzası	471,13	
	5	Çanakkale-(Kirazlı) ve Kepez Alt Havzası	635,51	
Toplam			4.150,96	4.150,96

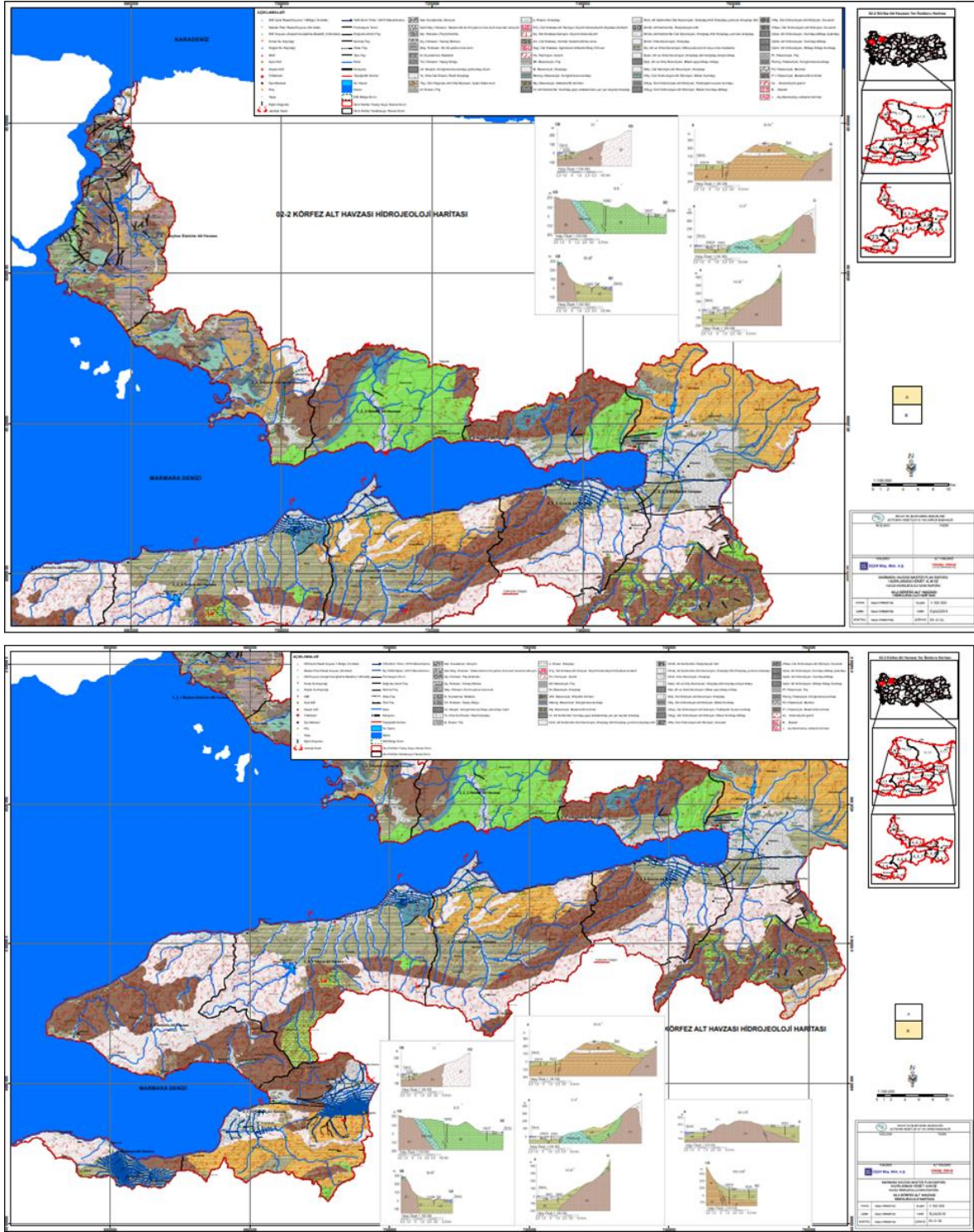
2.7.4. Körfez Alt Havzası (2/8)

2.7.4.1. Genel Jeoloji

Biga Çayı Alt Havzası'nda Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş sedimanter, magmatik ve metamorfik jeolojik birimler mevcuttur. Biga Çayı Alt Havzası jeolojisi; DSİ tarafından hazırlanan raporlardan ve MTA tarafından hazırlanan 1/100 000 ve 1/25 000 ölçekli jeoloji paftalarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (P1-P2) havzada Karakaya karmaşığı olarak adlandırılmıştır. İlk kez 1970'li yıllarda Biga Yarımadası'nda "içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş, Erken Triyas yaşlı çakıltaşı, feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, silttaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı" Karakaya formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973). Daha sonraki çalışmalarda, Pontidler ile Torid-Anatolid platformu arasında ve Sakarya zonunda yer alan Karakaya grubu litolojilerinin Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan Erzincan'a kadar uzanan geniş bir kuşak içerisinde yayılım gösterdiği belirtilmektedir. Karakaya kompleksi içerisinde formasyon mertebesinde ayrılacak farklı türde litolojilerin yer aldığı kayaçlar topluluğundan meydana gelmektedir. Bu formasyonların ilksel ilişkileri birincil sedimanter dokanaklı olmakla birlikte, daha sonradan gelişen deformasyon nedeniyle tektono-stratigrafik istiflenmesi dikkate alınarak Karakaya Kompleksi olarak tanımlanmıştır.

2.7.4.2. Akifer Durumu

Körfez Alt Havzası'nda yer alan jeolojik birimler litolojik, yapısal ve hidrojeolojik yönden değerlendirilerek geçirimsizlik ve akifer özellikleri açısından sınıflandırılmıştır. Alt havzaya ait DSİ ve MTA haritalarından faydalanarak hazırlanan hidrojeoloji haritası görülmektedir (DSİ, 2014).



Şekil 2.51 Körfez Alt Havzası Hidrojolojisi Haritası (DSİ, 2014)

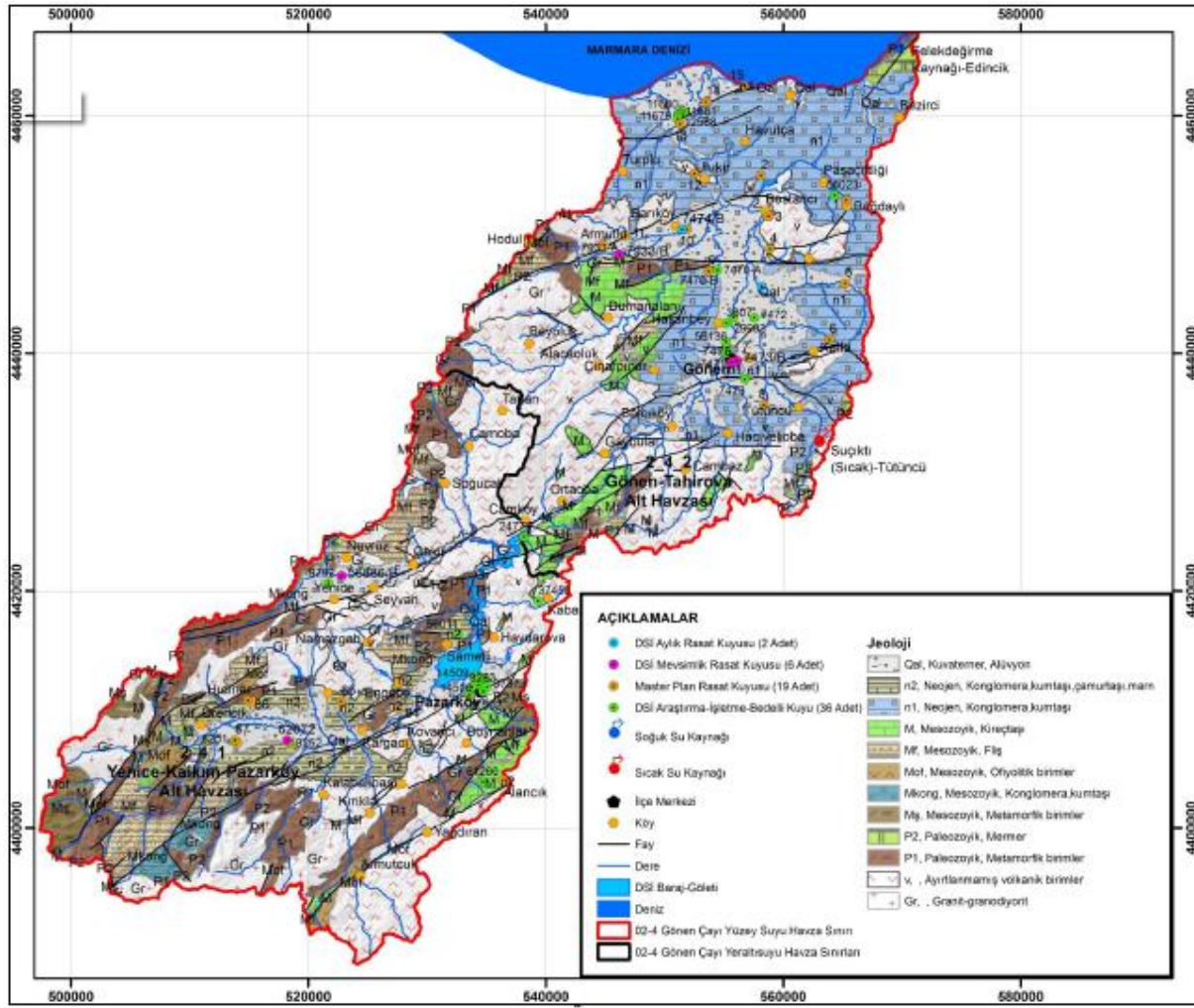
Tablo 2.45 Körfez Alt Havzası YAS Alt Havzaları

Alt Havza	YAS Alt Havza No	YAS Alt Havza Adı	YAS Alt Havza Alanı (km ²)	Alt Havza Alanı (km ²)
Körfez Alt Havzası	1	Beykoz Üsküdar Alt Havzası	278,73	3.452,48
	2	Kartal GebzeAlt Havzası	239,46	
	3	Hereke Alt Havzası	251,96	
	4	Kocaeli Alt Havzası	160,45	
	5	Körfez Alt Havzası	650,72	
	6	Gölcük Alt Havzası	234,74	
	7	Karamürsel Alt Havzası	387,36	
	8	Yalova Alt Havzası	432,88	
	9	Armutlu Alt Havzası	413,84	
	10	Gemlik Alt Havzası	315,65	
	11	Mudanya Alt Havzası	86,69	
Toplam			3.452,48	3.452,48

2.7.5. Gönen Çayı Alt Havzası (3/8)

2.7.5.1. Genel Jeoloji

Alt havzada tortul, magmatik ve metamorfik kayaçların tümü olup, Gönen Çayı Alt Havzası'nda Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş tortul, mağmatik ve metamorfik birimler mevcuttur. Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (P1-P2) havzada Karakaya karmaşığı olarak adlandırılmıştır. İlk kez 1970'li yıllarda Biga Yarımadası'nda "içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş, Erken Triyas yaşlı çakıltaşı, feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, silttaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı" Karakaya formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973). Daha sonraki çalışmalarda, Pontidler ile Torid-Anatolid platformu arasında ve Sakarya zonunda yer alan Karakaya grubu litolojilerinin Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan Erzincan'a kadar uzanan geniş bir kuşak içerisinde yayılım gösterdiği belirtilmektedir. Karakaya kompleksi içerisinde formasyon mertebesinde ayrılabilir farklı türde litolojilerin yer aldığı kayaçlar topluluğundan meydana gelmektedir. Bu formasyonların ilksel ilişkileri birincil sedimanter dokanaklı olmakla birlikte, daha sonradan gelişen deformasyon nedeniyle tektono-stratigrafik istiflenmesi dikkate alınarak Karakaya Kompleksi olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.52 Gönen Çayı Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası (DSİ, 2014)

2.7.5.2. Akifer Durumu

Gönen Çayı Alt Havzası'nda yer alan jeolojik birimler litolojik, yapısal ve hidrojeolojik yönden değerlendirilerek geçirimsizlik ve akifer özellikleri açısından sınıflandırılmıştır. Alt havzadaki geçirimli formasyonlar, Karadeniz kıyılarında daha çok akarsuların denize ulaştığı bölgelerde cep şeklinde oluşmuş alüvyon sahalarından oluşmaktadır. Ancak, günümüzde bu alanlar imara açıldığından ve tamamen yerleşim birimleri ile dolduğundan orijinal akifer ortamı kalmamıştır (DSİ, 2014).

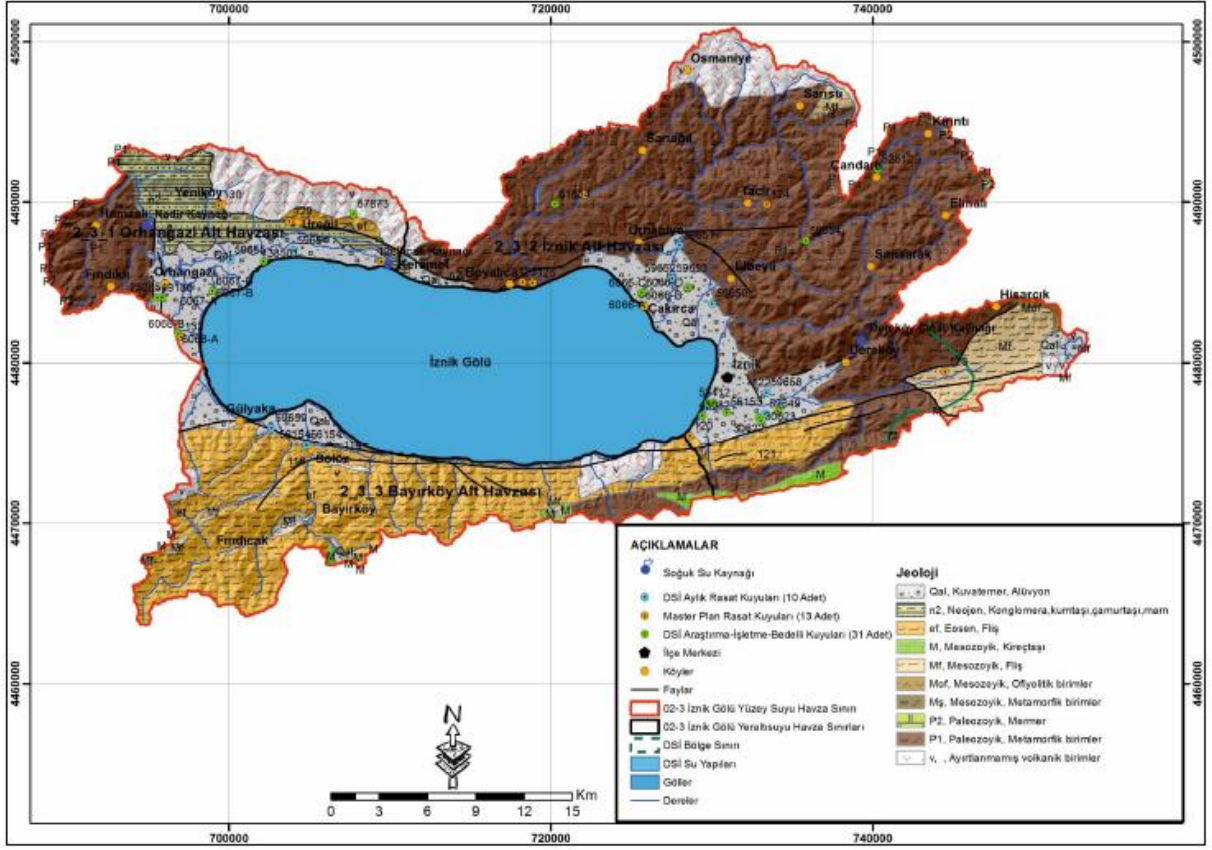
Tablo 2.46 Gönen Çayı Alt Havzası YAS Alt Havzaları

Alt Havza	YAS Alt Havza No	YAS Alt Havza Adı	YAS Alt Havza Alanı (km ²)	Alt Havza Alanı (km ²)
Gönen Çayı Alt Havzası	1	Yenice-Kalkım-Pazarköy Alt Havzası	1.095,16	2.156,21
	2	Gönen Alt Havzası	1.061,05	
Toplam			2.156,21	2.156,21

2.7.6. İznik Gölü Alt Havzası (4/8)

2.7.6.1. Genel Jeoloji

Alt havzada tortul, magmatik ve metamorfik kayaçların tümü olup, Gönen Çayı Alt Havzası'nda Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş tortul, mağmatik ve metamorfik birimler mevcuttur. Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (P1-P2) havzada Karakaya karmaşığı olarak adlandırılmıştır. İlk kez 1970'li yıllarda Biga Yarımadası'nda "içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş, Erken Triyas yaşlı çakıltaşı, feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, siltaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı" Karakaya formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973). Daha sonraki çalışmalarda, Pontidler ile Torid-Anatolid platformu arasında ve Sakarya zonunda yer alan Karakaya grubu litolojilerinin Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan Erzincan'a kadar uzanan geniş bir kuşak içerisinde yayılım gösterdiği belirtilmektedir. Karakaya kompleksi içerisinde formasyon mertebesinde ayrılabilir farklı türde litolojilerin yer aldığı kayaçlar topluluğundan meydana gelmektedir. Bu formasyonların ilksel ilişkileri birincil sedimanter dokanıklı olmakla birlikte, daha sonradan gelişen deformasyon nedeniyle tektono-stratigrafik istiflenmesi dikkate alınarak Karakaya Kompleksi olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.53 İznik Gölü Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası (DSİ, 2014)

2.7.6.2. Akifer Durumu

İznik Gölü Alt Havzası'nda yer alan jeolojik birimler litolojik, yapısal ve hidrojeolojik yönden değerlendirilerek geçirimsizlik ve akifer özellikleri açısından sınıflandırılmıştır. Alt havzadaki geçirimli formasyonlar, Karadeniz kıyılarında daha çok akarsuların denize ulaştığı bölgelerde cep şeklinde oluşmuş alüvyon sahalarından oluşmaktadır. Ancak, günümüzde bu alanlar imara açıldığından ve tamamen yerleşim birimleri ile dolduğundan orijinal akifer ortamı kalmamıştır (DSİ, 2014).

Tablo 2.47 İznik Gölü Alt Havzası YAS Alt Havzaları

Alt Havza	YAS Alt Havza No	YAS Alt Havza Adı	YAS Alt Havza Alanı (km ²)	Alt Havza Alanı (km ²)
İznik Gölü Alt Havzası	1	Orhangazi Alt Havzası	157,01	1.240,01
	2	İznik Alt Havzası	553,83	
	3	Bayırköy Alt Havzası	224,66	
	4	İznik Gölü	304,51	
Toplam			1.240,01	1.240,01

2.7.7. Ağva Deresi Alt Havzası (5/8)

2.7.7.1. Genel Jeoloji

Alt havzada tortul, magmatik ve metamorfik kayaçların tümü olup, Gönen Çayı Alt Havzası'nda Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş tortul, mağmatik ve metamorfik birimler mevcuttur. Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (P1-P2) havzada Karakaya karmaşığı olarak adlandırılmıştır. İlk kez 1970'li yıllarda Biga Yarımadası'nda "içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş, Erken Triyas yaşlı çakıltaşı, feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, siltaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı" Karakaya formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973). Daha sonraki çalışmalarda, Pontidler ile Torid-Anatolid platformu arasında ve Sakarya zonunda yer alan Karakaya grubu litolojilerinin Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan Erzincan'a kadar uzanan geniş bir kuşak içerisinde yayılım gösterdiği belirtilmektedir. Karakaya kompleksi içerisinde formasyon mertebesinde ayrılabilir farklı türde litolojilerin yer aldığı kayaçlar topluluğundan meydana gelmektedir. Bu formasyonların ilksel ilişkileri birincil sedimanter dokanaklı olmakla birlikte, daha sonradan gelişen deformasyon nedeniyle tektono-stratigrafik istiflenmesi dikkate alınarak Karakaya Kompleksi olarak tanımlanmıştır.

2.7.7.2. Akifer Durumu

Ağva Deresi Alt Havzası'nda yer alan jeolojik birimler litolojik, yapısal ve hidrojeolojik yönden değerlendirilerek geçirimsizlik ve akifer özellikleri açısından sınıflandırılmıştır. Alt havzadaki geçirimli formasyonlar, Karadeniz kıyılarında daha çok akarsuların denize ulaştığı bölgelerde (Şile ve Ağva civarında) cep şeklinde oluşmuş alüvyon sahalarından oluşmaktadır. Ancak, günümüzde bu alanlar imara açıldığından ve tamamen yerleşim birimleri ile dolduğundan orijinal akifer ortamı kalmamıştır (DSİ, 2014).

2.7.8. Batı İstanbul Alt Havzası (6/8)

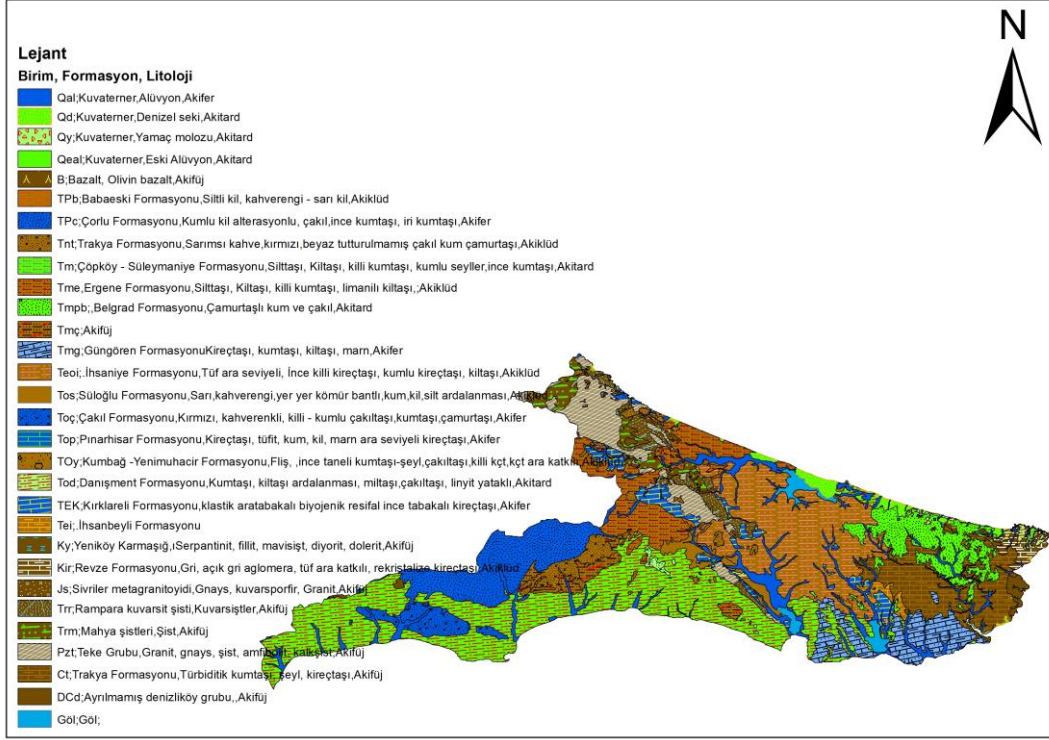
2.7.8.1. Genel Jeoloji

Alt havzada tortul, magmatik ve metamorfik kayaçların tümü olup, Gönen Çayı Alt Havzası'nda Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş tortul, mağmatik ve metamorfik birimler mevcuttur. Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (P1-P2) havzada Karakaya karmaşığı olarak adlandırılmıştır. İlk kez 1970'li yıllarda Biga Yarımadası'nda "içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş, Erken Triyas yaşlı çakıltaşı,

feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, silttaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı" Karakaya formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973). Daha sonraki çalışmalarda, Pontidler ile Torid-Anatolid platformu arasında ve Sakarya zonunda yer alan Karakaya grubu litolojilerinin Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan Erzincan'a kadar uzanan geniş bir kuşak içerisinde yayılım gösterdiği belirtilmektedir. Karakaya kompleksi içerisinde formasyon mertebesinde ayrılabilir farklı türde litolojilerin yer aldığı kayalar topluluğundan meydana gelmektedir. Bu formasyonların ilksel ilişkileri birincil sedimanter dokanıklı olmakla birlikte, daha sonradan gelişen deformasyon nedeniyle tektono-stratigrafik istiflenmesi dikkate alınarak Karakaya Kompleksi olarak tanımlanmıştır.

2.7.8.2. Akifer Durumu

Batı İstanbul Alt Havzası'nda yer alan jeolojik birimler litolojik, yapısal ve hidrojeolojik yönden değerlendirilerek geçirimsizlik ve akifer özellikleri açısından sınıflandırılmıştır. Şekil 2.52'de alt havzaya ait DSİ haritalarından faydalanarak hazırlanan hidrojeoloji haritası görülmektedir. Burada genel olarak Kuvaterner, Eosen, Orta-Üst Miyosen, Oligosen, Oligosen-Eosen ve Pliyosen akifer birimleri yer almaktadır. Alt havzanın YAS potansiyeli, havza yağış drenaj alanında yer alan tüm jeolojik formasyonların litolojik ve yapısal özellikleri (Tablo 3.28) dikkate alınarak yağışlardan süzülme yolu ile hesaplanmıştır (DSİ, 2014).



Şekil 2.54 Batı İstanbul Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası

Tablo 2.48 Batı İstanbul Alt Havzası Yağış Beslenimi

Litoloji	Ortalama Yağış (mm)	Akifer Alanı (km ²)	Litolojik Süzülme Katsayısı	Yağışlardan Beslenme (hm ³ /yıl)
Qal	698	269,76	0,30	56,49
Qd	698	56,43	0,02	0,79
Qeal	698	0,76	0,01	0,00
Qy	698	6,44	0,01	0,04
TEK	698	124,06	0,07	6,09
Tm	698	3,24	0,01	0,03
Tmg	698	185,91	0,02	2,58
Tmpb	698	218,95	0,02	3,58
Toç	698	99,76	0,01	0,70
Tod	698	1.001,59	0,08	55,93
Top	698	3,19	0,01	0,02
TPc	698	324,09	0,20	45,24
Toplam Yağış Beslenimi (Q1)				171,50

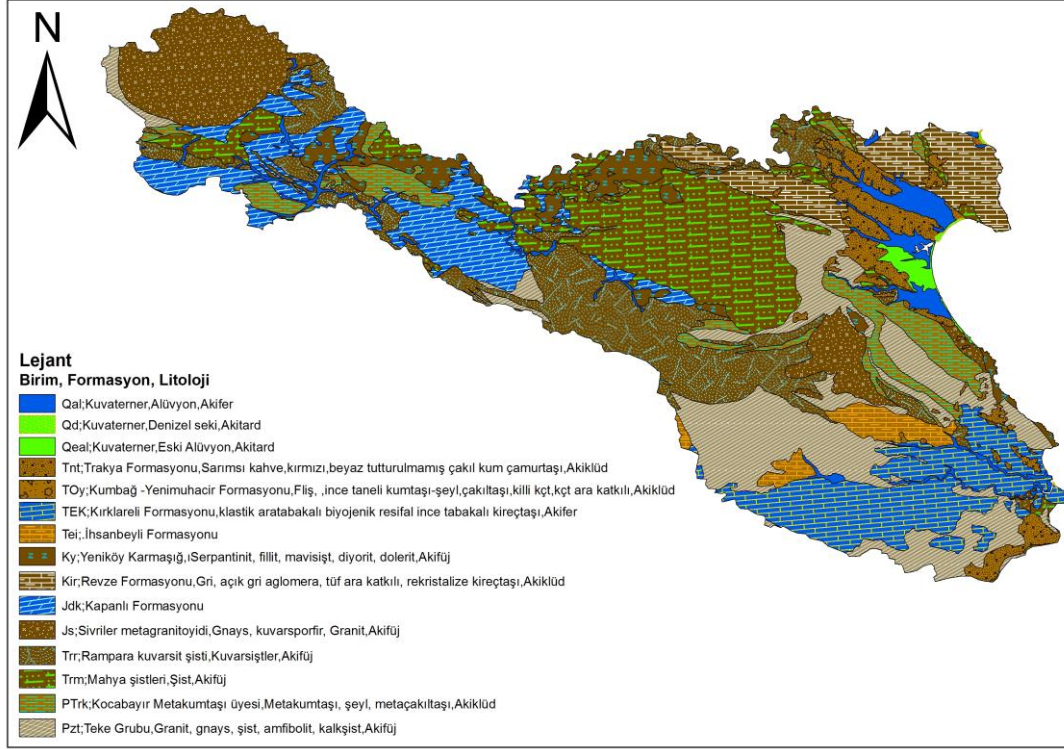
2.7.9. Kuzey Kırklarerli Alt Havzası (7/8)

2.7.9.1. Genel Jeoloji

Alt havzada tortul, magmatik ve metamorfik kayaçların tümü olup, Gönen Çayı Alt Havzası'nda Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş tortul, mağmatik ve metamorfik birimler mevcuttur. Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (P1-P2) havzada Karakaya karmaşığı olarak adlandırılmıştır. İlk kez 1970'li yıllarda Biga Yarımadası'nda "içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş, Erken Triyas yaşlı çakıltaşı, feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, siltaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı" Karakaya formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973). Daha sonraki çalışmalarda, Pontidler ile Torid-Anatolid platformu arasında ve Sakarya zonunda yer alan Karakaya grubu litolojilerinin Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan Erzincan'a kadar uzanan geniş bir kuşak içerisinde yayılım gösterdiği belirtilmektedir. Karakaya kompleksi içerisinde formasyon mertebesinde ayrılabilir farklı türde litolojilerin yer aldığı kayaçlar topluluğundan meydana gelmektedir. Bu formasyonların ilksel ilişkileri birincil sedimanter dokanaklı olmakla birlikte, daha sonradan gelişen deformasyon nedeniyle tektono-stratigrafik istiflenmesi dikkate alınarak Karakaya Kompleksi olarak tanımlanmıştır.

2.7.9.2. Akifer Durumu

Kuzey Kırklareli Alt Havzası'nda yer alan jeolojik birimler litolojik, yapısal ve hidrojeolojik yönden değerlendirilerek geçirimsizlik ve akifer özellikleri açısından sınıflandırılmıştır. Şekil 4.49'da alt havzaya ait DSİ ve MTA haritalarından faydalanarak hazırlanan hidrojeoloji haritası görülmektedir. Burada genel olarak Jura, Kuvaterner ve Eosen akifer birimleri yer almaktadır. Alt havzanın YAS potansiyeli, havza yağış drenaj alanında yer alan tüm jeolojik formasyonların litolojik ve yapısal özellikleri dikkate alınarak yağışlardan süzülme yolu ile hesaplanmıştır (DSİ, 2014).



Şekil 2.55 Kuzey Kırklareli Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası

Tablo 2.49 Kuzey Kırklareli Alt Havzası Yağış Beslenimi

Litoloji	Ortalama Yağış (mm)	Akifer Alanı (km ²)	Litolojik Süzülme Katsayısı	Yağışlardan Beslenme (hm ³ /yıl)
Jdk	555	168,38	0,10	9,35
Qal	555	67,55	0,30	11,25
Qd	555	1,29	0,01	0,00
Qeal	555	12,67	0,01	0,04
TEK	555	186,07	0,15	15,49
Toplam Yağış Beslenimi (Q1)				36,13

2.7.10. Kuzey Çanakkale Alt Havzası (8/8)

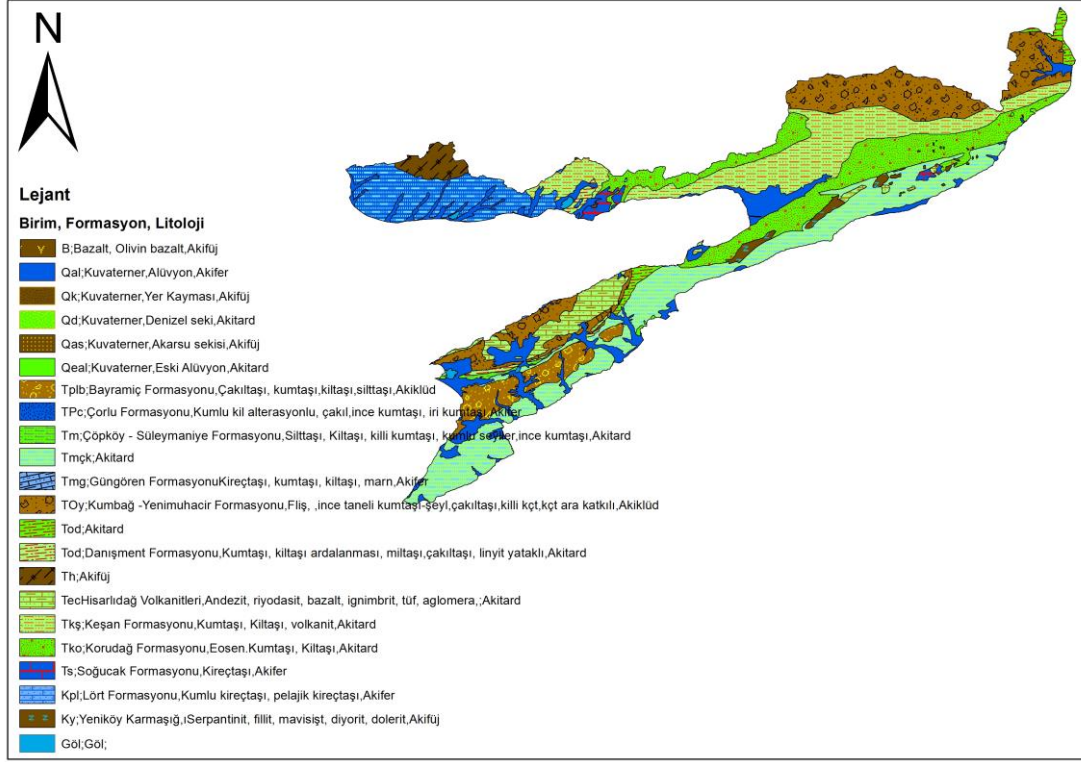
2.7.10.1. Genel Jeoloji

Alt havzada tortul, magmatik ve metamorfik kayaların tümü olup, Gönen Çayı Alt Havzası'nda Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş tortul, magmatik ve metamorfik birimler mevcuttur. Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler (P1-P2) havzada Karakaya karmaşığı olarak adlandırılmıştır. İlk kez 1970'li yıllarda Biga Yarımadası'nda "içerisinde Permo-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarını kapsayan, hafif metamorfizma geçirmiş, Erken Triyas yaşlı çakıltaşı,

feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, silttaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilitik bazalt ve diyabaz karmaşığı" Karakaya formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanmıştır (Bingöl vd., 1973). Daha sonraki çalışmalarda, Pontidler ile Torid-Anatolid platformu arasında ve Sakarya zonunda yer alan Karakaya grubu litolojilerinin Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan Erzincan'a kadar uzanan geniş bir kuşak içerisinde yayılım gösterdiği belirtilmektedir. Karakaya kompleksi içerisinde formasyon mertebesinde ayrılabilir farklı türde litolojilerin yer aldığı kayalar topluluğundan meydana gelmektedir. Bu formasyonların ilksel ilişkileri birincil sedimanter dokanıklı olmakla birlikte, daha sonradan gelişen deformasyon nedeniyle tektono-stratigrafik istiflenmesi dikkate alınarak Karakaya Kompleksi olarak tanımlanmıştır.

2.7.10.2. Akifer Durumu

Kuzey Çanakkale Alt Havzası'nda yer alan jeolojik birimler litolojik, yapısal ve hidrojeolojik yönden değerlendirilerek geçirimsizlik ve akifer özellikleri açısından sınıflandırılmıştır. Şekil 4.50'de alt havzaya ait DSİ haritalarından faydalanarak hazırlanan hidrojeoloji haritası görülmektedir. Burada genel olarak Kuvaterner, Eosen, Orta-Üst Miyosen, Oligosen, Oligosen-Eosen ve Pliyosen akifer birimleri yer almaktadır. Alt havzanın YAS potansiyeli, havza yağış drenaj alanında yer alan tüm jeolojik formasyonların litolojik ve yapısal özellikleri dikkate alınarak yağışlardan süzülme yolu ile hesaplanmıştır (DSİ, 2014).



Şekil 2.56 Kuzey Çanakkale Alt Havzası Hidrojeoloji Haritası

Tablo 2.50 Kuzey Çanakkale Alt Havzası Yağış Beslenimi

Litoloji	Ortalama Yağış (mm)	Akifer Alanı (km ²)	Litolojik Süzülme Katsayısı	Yağışlardan Beslenim (hm ³ /yıl)
Kpl	610	0,87	0,01	0,01
Qal	610	281,12	0,30	51,45
Qd	610	0,98	0,01	0,00
Qeal	610	2,00	0,01	0,01
Tec	610	116,93	0,02	1,13
Tko	610	109,44	0,03	1,94
Tko	610	309,59	0,03	6,21
Tkş	610	438,46	0,10	26,75
Tm	610	9,57	0,01	0,07
Tmçk	610	805,26	0,15	73,68
Tmg	610	0,00	0,02	0,00
Tod	610	62,02	0,01	0,38
TPc	610	2,08	0,20	0,25
Ts	610	27,34	0,01	0,17
Toplam Yağış Beslenimi (Q1)				162,04

3. KURAKLIK ANALİZLERİ

3.1. Kuraklık Analiz Yöntemleri

Bu raporun 1 nolu bölümünde bahsedildiği gibi kuraklık tahmin edilmesi zor bir afettir. Ancak, literatürdeki farklı kuraklık indisleri yardımıyla kuraklık sayısal olarak ifade edilebilmektedir. Burada bahsi geçen kuraklık indisleri arasından aşağıdakiler tercih edilmiş olup bunların havzadaki kuraklıkları meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olarak temsil etmede yeterli oldukları bilinmektedir.

Standart Yağış İndisi (SPI)

Palmer Kuraklık İndisleri (scPDSI ve scPHDI)

Standart Yağış-Buharlaştırma İndisi (SPEI)

Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI)

Keşif Kuraklık İndisi (RDI)

Ondalıklar İndisi (Deciles)

Standart Akım İndisi (SRI)

Standart Yeraltı Suyu İndisi (SGI)

Standart Rezervuar Miktar İndisi (SRSI)

Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Genişletilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI)

Bitki Durumu İndeksi (VCI)

Yukarıda yazılı olan bu indisler öncelikli olarak tanımlamaları ile açıklanarak ifade edilmiş, sonraki süreçte ise istasyon bazında başlayarak gerekli hesaplamaları yapılmıştır. Havza içinde ve dışında bulunan bu istasyonlardaki yağış, sıcaklık, akım, kuyu seviyesi ya da baraj hacmi gibi veriler kullanılarak yapılan bu hesaplamalar ile tüm veriler indis olarak nitelendirdiğimiz ve karşılaştırma yapabildiğimiz bir formata çevrilmiştir. Bu verilerden meteoroloji istasyonlarını interpolasyon teknikleri ile alt havza ve havza bazına yayabilirken; akım, yeraltı suyu ve rezervuar ile ilgili istasyonları ise daha çok tekil olarak değerlendirmenin uygun olduğuna karar verilmiştir. NDVI ve EVI ise uydu görüntülerinden piksel bazında hesaplandığı için tüm alt havza ve havza bazında hesaplamalarda kullanılabilir durumdadır. VCI ise

NDVI'dan türetilen normalleştirilmiş NDVI olarak da görülen bir indis türü olup kuraklık için NDVI'ya göre daha iyi bir gösterim sağladığı bilinmektedir.

Meteoroloji istasyonu bazındaki kuraklık indisleri ile alt havza ve havza bazında analiz yapabilmek için SGYM tarafından 2016 yılında tamamlanan "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi" projesi kapsamında tüm Türkiye için belirlenen 10x10 Km'lik gridler kullanılarak tüm havzaya interpolasyon yöntemleri (IDW) ile dağıtılarak tüm havza bazında 10 Km'lik aralıklarda istasyonlar bulunuyor gibi hesap yapabilmek imkânı doğmuştur. Bu gridlerin ortalamaları alt havza ve havza bazında alınarak da ilgili indisin o zaman dönemindeki alt havza ya da havza değeri bulunmaktadır. Böylelikle tekil istasyonlardaki indis değerleri tüm havzaya dağıtılarak farklı analizlerin yapılabilmesine imkân verilmektedir.

İndis hesapları sonrası SYGM tarafından belirlenen 4 aralığa göre (Normal, Hafif Kurak, Orta Şiddetli Kurak ve Şiddetli Kurak) istasyon bazında kuraklık oluşma olasılıkları (riskler) hesaplanmıştır. Sonrasında yukarıdaki grid hesaplama yöntemi ile olasılıklar da alt havzalara ve havzasına dağıtılmıştır.

İndis ve risk hesaplamaları sonrası ilgili bölümde de anlatıldığı üzere kurak dönemlerin bulunması aşamasına geçilmiştir. Burada kuraklığın şiddeti ve süresi önem arz etmekte olup bu değerlere göre kurak dönemler tespit edilmiştir. Kurak dönem tespitinden sonra ilgili dönemlerdeki kuraklık şiddet haritaları indislerin ilgili aylardaki ortalamaları alınarak tek bir harita şeklinde sunulmuştur. Rapor kapsamında sadece en önemli kurak dönemlerin gösterilmesi sağlanmıştır.

Şiddet haritaları sonrası tüm havzanın risk haritaları da ilgili indisler kapsamında yapılmış olup, risk aralıklarına göre farklı çıktılar ile sunulmuştur.

Yukarıda bahsi geçen tüm hesaplamalar sonrası genel değerlendirme kısmına geçilerek havza ve kurak dönemler ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Özellikle alt havza bazında kuraklıktan etkilenebilirliği bulmak adına maruziyet indeksleri hesaplanmış olup bunlar ile ilgili tablo ve haritalar da hazırlanarak görsel bir sunum sağlanmıştır.

Son olarak ülkemizde yaşanan kurak dönemlerin tüm havzaları aynı şekilde etkilemediğini göstermek amacıyla seçilen bir dönem için tüm Türkiye'deki havzalarda bir maruziyet indisi hesaplanarak havzanın durumu ortaya konulmuştur.

3.1.1. Meteoroloji ve Hidroloji Verisi Tabanlı İndisler

3.1.1.1. Standart Yağış İndisi (SPI)

Standart Yağış İndisi (SPI) dünya genelinde kuraklığı karakterize etmek amacıyla farklı zaman ölçeklerinde hesaplanan ve tüm dünyada standart olarak kabul edilen indislerden bir tanesidir. (NCAR, 2021) 1993 yılında T.B. McKee, N.J. Doesken, ve J. Kleist tarafından geliştirilen bu indis sadece yağış üzerine kurgulanmıştır (McKee vd., 1993). Kısa zaman kesitlerinde toprak nemi ile ilişkisi daha çok görülürken uzun zaman kesitlerinde yer altı suyu ve rezervuar seviyeleri ile daha çok ilişkili olduğu görülmüştür. Genel olarak 1 ile 36 ay arasındaki zaman periyotlarında indis hazırlanabildiği gibi farklı senaryolar için 48 ve üzeri aylık periyotlarda da hazırlanabilmektedir. Uzun dönem hidrolojik kuraklığı takip etmek amacıyla uzun dönem periyotlar tercih edilebilmektedir.

SPI'nın tüm dünyada yaygın olarak kullanılmasının en önemli sebebi farklı iklim ortamlarında karşılaştırma yapılabilmesine imkân vermesidir. Bu sebeple Dünya Meteoroloji Organizasyonu (WMO) 2009 yılında SPI'nın tüm dünya için kuraklık takibinde kullanılmasını önermiştir.

SPI indisinin kullanılması için en az 30 yıllık veri ile kullanılması tavsiye edilmektedir. Her ne kadar ilgili algoritma daha düşük yıl verileri ile çalışabilse de kuraklık gibi uzun dönemde gerçekleşen bir afetin akademik çalışmalar sonucunda en az 30 yıllık veri ile hesaplanmasının tutarlı sonuçlar vermesi açısından uygun olduğu görülmektedir. Hesaplama yapılırken tüm verilerin tam olması tavsiye edilse de geçmiş yıllarda teknolojik imkanların bu kadar iyi olmamasından dolayı veri kayıpları yaşanmıştır ve bu veri kayıpları “boş” olarak geçilerek hesaplamalar yapılabilmektedir. Böylelikle mevcut veri ile interpolasyon ya da veri doldurma gibi tekniklere girmeden analiz yapılabilmektedir. Bu özelliği ile de SPI diğer kuraklık indislerine göre kolay hesaplanabilirliği ile tercih edilmektedir.

SPI indisi genel olarak aylık periyotlarda hesaplanabildiği gibi haftalık veya günlük olarak da hesaplanabilmektedir. Fakat kuraklık gibi sürecin yavaş işlediği bir afet olayında birçok ülke ve kurum aylık bazda hesaplama yapmayı tercih etmektedir.

SPI indisinin hesaplaması ise verilen bir zaman ortalaması süresinde SPI'in değeri o yağışın bu zaman süresi boyunca olan aritmetik ortalamasından, \bar{X} , olan farkının aynı zaman aralığındaki standart sapmaya, S_x , bölümünden ibarettir. Bu istatistikte zaman serilerinin standartlaştırılması

işleminin aynısıdır. Verilen bir X_i yağış dizisi için (X_1, X_2, \dots, X_n) SPI aşağıdaki denklemle (Denklem 3.1) tanımlanır (Şen, 2009).

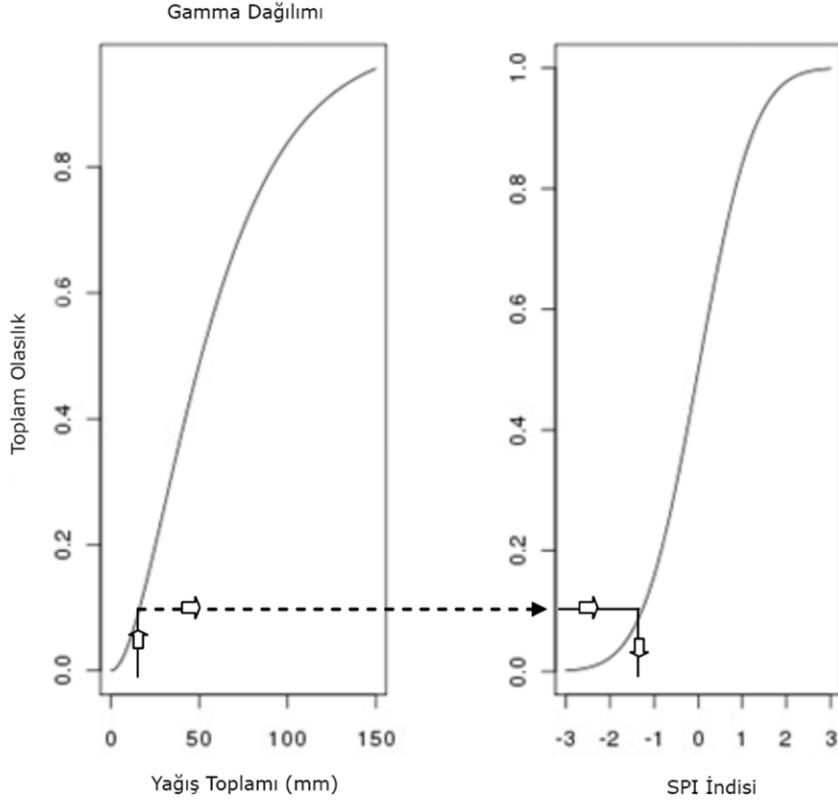
$$x_i = \frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \quad (3.1)$$

Bu tür bir standartlaştırmanın aşağıdaki faydaları vardır:

- Standartlaştırılmış dizinin, x_i , aritmetik ortalaması 0'dır.
- Standartlaştırılmış dizinin standart sapması 1'e eşittir.
- Ortaya çıkan standart dizi 0 etrafında salınım yapan oldukça küçük artı ve eksi işaretlerden meydana gelen bir sapmalar topluluğunu gösterir. Pozitif değerler nemli dönemleri, negatif dönemler ise kurak dönemleri temsil etmektedirler.
- Standartlaşmış dizinin boyutu yoktur.

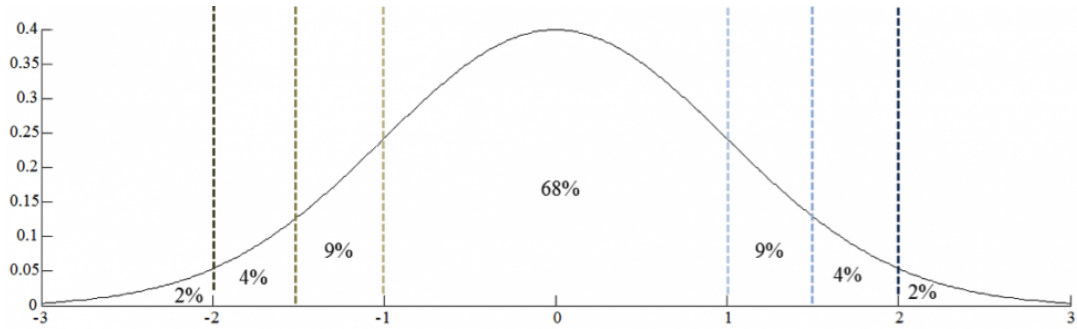
Yapılan çalışmalarda yağış değerlerinin Gauss dağılımından ziyade "Gamma" ya da "Pearson Type III" dağılımına daha iyi uyduğu görülmüştür. Bu sebeple SPI hesaplamasının temelinde yağış dizisini bu dağılımlara oturtmak bulunmaktadır. Şekil 3.1'den de görüleceği üzere yağışın önce "Gamma" dağılımına çevrilmesi ve sonrasında da SPI indisinin elde edilmesi görülmektedir (Joint Research Centre, 2020).

Rapor kapsamında hesaplaması yapılan SPI indisleri 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periodlar için hesaplanmıştır.



Şekil 3.1 Yağışın Gamma dağılımına çevrilmesi ve oradan da SPI indisine dönüşümü

Bu hesaplamaların sonucu ortaya çıkan değerler normal dağılım grafiğine (Şekil 3.2) uymaktadır. Bu grafiğe göre kuraklık sınıflandırması Tablo 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.2 SPI'nin standart normal dağılım grafiği.

Tablo 3.1 Normal Dağılıma göre SPI Kuraklık Sınıflandırması

SPI Değeri	Kuraklık Sınıfı	Dağılım Yüzdesi
0.00 ile -0.99 arası	Hafif	%34.1

-1 ile -1.49 arası	Orta	%9.2
-1.50 ile -1.99 arası	Şiddetli	%4.4
-2.00'den küçük	Çok Şiddetli	%2.3

Yukarıda da bahsedildiği üzere negatif değerler kuraklığı ifade ediyor olsa da SPI indisi için literatürde 9 farklı aralıkla Tablo 3.2'de belirtilen bir skala kullanılmaktadır. Fakat bu rapor kapsamında diğer indislerle karşılaştırma yapabilmek adına 9 aralık rapor için standart olarak 4 aralığa indirgenmiştir. Bu 4 aralığa da Tablo 3.2'de görebilirsiniz (MGM, 2021).

Tablo 3.2 SPI Kuraklık Sınıflandırması

SPI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
2 ve üzeri		Aşırı nemli	-0.99 ve üzeri	Normal / Nemli Durum
1.50 – 1.99		Çok nemli		
1.00 – 1.49		Orta Düzeyde Nemli		
0.50 – 0.99		Normale Yakın Nemli		
-0.49 – 0.49		Normal		
-0.50 – -0.99		Normale Yakın Kurak		
-1.00 – -1.49		Orta Düzeyde Kurak	-1.00 – -1.49	Hafif Kuraklık
-1.50 – -1.99		Şiddetli Kurak	-1.50 – -1.99	Orta Şiddetli Kuraklık
-2 ve altı		Aşırı Kurak	-2 ve altı	Şiddetli Kuraklık

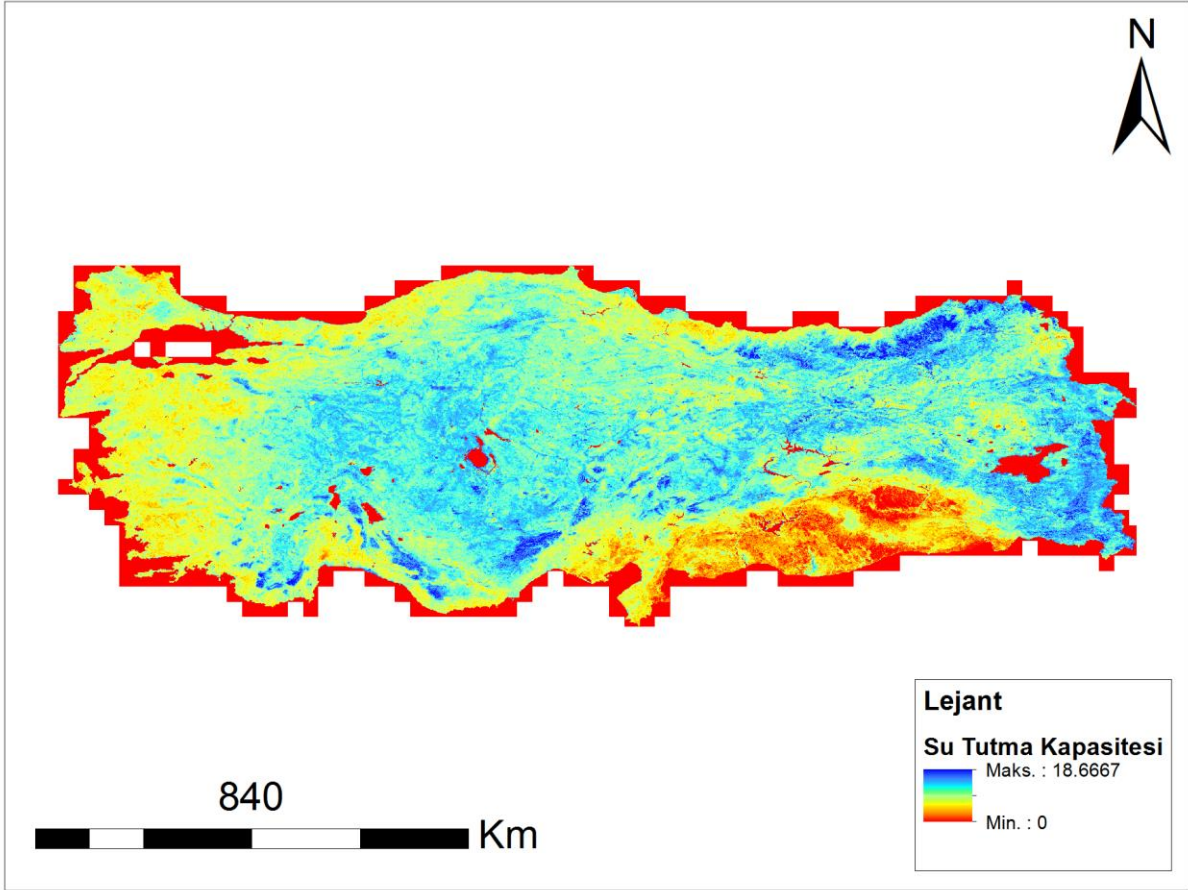
3.1.1.2. Palmer Kuraklık İndisleri

Wayne C. Palmer tarafından 1965 yılında yayınlanan bir makale ile tanıtılan ve altında farklı indisleri barındıran “Palmer” Kuraklık indisleri Standart Yağış İndisi (SPI)’in yanında farklı kuraklık durumlarını göstermek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Palmer, 1965).

SPI’ın aksine yağışa ek olarak sıcaklık ve toprağın su tutma kapasitesi parametrelerini de girdi olarak alan Palmer indisleri temel olarak toprak su/nem dengesi üzerine kurgulanmıştır. Palmer yöntemi, uzun süreli yağış azlığı ve buna bağlı toprak nem eksikliği ile nitelenen meteorolojik kuraklıkları belirlemek, nitelemek ve izlemek için geliştirilmiştir (TÜRKEŞ vd., 2009).

Palmer yönteminin hesaplama süreci, su dengesi ile başlar. Su dengesi hesapları için toprağın su tutma kapasitesi de gerekmektedir. Bu rapor kapsamındaki toprak su tutma kapasiteleri ISRIC (*International Soil Reference and Information Centre*) tarafından 2014 yılında sunulan çalışmadan alınmıştır (ISRIC, 2021). Bu çalışma kapsamında toprak ile ilgili, organik karbon, pH, bünye (kum, silt, kil, iri taneli malzeme yüzdeleri), ana kaya derinliği gibi parametrelerin yanı sıra hacimsel tarla su tutma kapasitesi 250 m uzaysal çözünürlükle; 0m, 0.15m, 0.30m, 0.60m, 1.00m ve 2.00m toprak derinlikleri için ayrı ayrı belirtilmektedir. NOAA’da çalışan akademisyenler yaptıkları çalışma için ihtiyaç duydukları maksimum toprak suyu içeriği verisi için ISRIC veritabanını kullanmışlardır. Bu kapsamda hacimsel tarla su tutma kapasitesi verisi için solma noktası alt limit olarak kabul edilmiş ($pF=4.2$), üst limit ise üç farklı basınç durumu ($pF=2.0$, $pF=2.3$, $pF=2.5$) için göz önüne alınarak üç farklı basınç türünde üç farklı hacimsel tarla su tutma kapasitesi hesaplanmış ve bitki kökü derinliği 1,00 m olarak kabul edilerek, her istasyon için üç basınç durumunda sunulan hacimsel tarla su tutma kapasitelerinin aritmetik ortalaması alınmıştır.

Rapor kapsamında tüm Türkiye’nin 1.00 m’lik ISRIC veri seti 3 farklı basınç seviyesi (2, 2.3 ve 2.5) için web sitelerinden indirilmiştir. Veri seti tüm dünya kapsamında olduğu için öncelikle Türkiye ülke sınırı itibarıyla kesilerek ülkemiz ölçeğine indirgenmiştir. Bu aşama sonrasında elimizde 3 adet farklı basınç seviyesi için 3 adet GeoTiff raster veri seti oluşmuştur. Bu 3 GeoTiff raster veri seti CBS masaüstü yazılımındaki “Raster Calculator” aracı yardımıyla her pikselin ortalaması alınarak Şekil 3.3’te gösterilen yeni tek bir GeoTiff raster görüntü oluşturulmuştur. Rapor kapsamında kullanılan istasyonların koordinatları ile bu harita keşiştirilerek ilgili noktadaki piksel değeri o istasyon için su tutma kapasitesi olarak alınmıştır.



Şekil 3.3 ISRIC veri tabanından hazırlanan Türkiye kapsamındaki Toprak Su Tutma Kapasite Haritası

3.1.1.2.1. Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (scPDSI)

Bölüm 3.1.1.2’de de belirtildiği üzere “Palmer” yönteminin hesaplama süreci, su dengesi ile başlar. Su dengesi, genel olarak aylık toplam yağış (P) ve aylık ortalama sıcaklık (T) verilerine dayanır. Çalışmada gerek duyulan potansiyel evapotranspirasyon (PE) değerleri, Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır (Thornthwaite, 1948). Bunun için önce, Thornthwaite yaklaşımı ile istasyonların aylık ısı indisi (heat index, I) aşağıdaki formülle hesaplanır (Denklem 3.2):

$$I = \left(\frac{12}{XN}\right) * \sum_{n=1}^{12} [T(I)/5]^{1.514} \quad (3.2)$$

Burada, T(I), aylık ortalama sıcaklığı (°C); XN, dengenin olduğu ay sayısını gösterir. Ampirik olarak elde edilen (A) değişkeni, aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$A = \left(\frac{6.75}{10^7}\right) * I^3 - \left(\frac{7.71}{10^5}\right) * I^2 + \left(\frac{1.79}{10^2}\right) * I + 0.49 \quad (3.3)$$

Düzeltilmemiş potansiyel evapotranspirasyon (UPE), T(I)'nin, ısı indisinin (I) ve A'nın bir fonksiyonu olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$UPE(I) = 16. * \left(\frac{10.T(I)}{I} \right)^A \quad (3.4)$$

T(I) ≥ 26.5 °C olduğu zaman, PE(I) aşağıdaki yaklaşım ile hesaplanır:

$$PE = -415.85 + (32.24 * T(I)) - (0.43 * T(I)^2) \quad (3.5)$$

Bulunan UPE değeri için ya hesaplama yoluyla ya da Thornthwaite'in gün ve ay uzunluklarına göre değişimi içeren düzeltme tablosu (Thornthwaite, 1948) kullanılarak, düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon (APE) değeri elde edilir. Toprakten evapotranspirasyon ile nem kaybı, APE aylık toplam yağıştan (P) büyükse olur. Üst toprak tabakasında nem kaybı (L_s) ya da (PE-P) ve alt tabakadan nem kaybı (L_u), aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$L_s = S'_s \text{ veya } (PE - P) \quad (3.6)$$

Hangisi daha küçükse ve L_u ≤ S_u' ise,

$$L_u = (PE - P - L_s) * \frac{S'_u}{AWC} \quad (3.7)$$

Burada, S_s', başlangıçta yüzey tabakadaki kullanılabilir su tutarı; PE, o aya ait potansiyel evapotranspirasyon; P, aynı aya ait aylık toplam yağış tutarı; S_u', ayın başlangıcında alt toprak tabakasında depolanan kullanılabilir su tutarı ve AWC, her iki tabakadaki toplam kullanılabilir su tutarıdır.

Palmer yaklaşımında, su dengesi için hesaplanmış birkaç parametreye gereksinim vardır. Bunlar; potansiyel yeniden dolun (PR); potansiyel kayıp (PL) ve potansiyel yüzey akışıdır (PRO). Potansiyel yeniden dolun, toprağı tarla kapasitesine getirmek için istenen su tutarıdır ve Denklem 3.8 ile hesaplanır:

$$PR = AWC - S' \quad (3.8)$$

Burada, S', ayın başlangıcında toprağın her iki tabakasında da bulunan kullanılabilir su tutarıdır. Potansiyel kayıp (PL), hiç yağış olmadığında topraktan kaybedilebilecek olan su tutarıdır ve Denklem 3.9 temel alınarak hesaplanır:

$$PL = PL_s + PL_u \quad (3.9)$$

$PL_s = PE$ ya da S_s' olduğu yerde, hangisi daha küçükse,

$$PL_u = (PE - PL_s) * \frac{S'_u}{AWC} \quad (3.10)$$

(Palmer, 1965) potansiyel yüzey akışını topraktaki kullanılabilir su tutarının bir fonksiyonu olarak tanımlamıştır. Bu fonksiyon basit olarak şöyle yazılabilir:

$$PRO = AWC - PR = S' \quad (3.11)$$

Buraya kadar elde edilen dört hesaplanmış potansiyel değeri (PE , PR , PL ve PRO), iklimsel analizin yapılması için gerekli olan dört katsayıyı hesaplamak için kullanılır. Bunlar:

Evapotranspirasyon katsayısı için, α ,

$$\alpha_j = \overline{ET} / \overline{PE} \quad (3.12)$$

Yeniden dolun katsayısı için, β ,

$$\beta_j = \overline{R}_j / \overline{PR} \quad (3.13)$$

Yüzey akış katsayısı için, γ ,

$$\gamma_j = \overline{RO} / \overline{PRO} = \overline{RO} / \overline{S'} \quad (3.14)$$

Kaydedilen nem katsayısı için, δ ,

$$\delta_j = \overline{L} / \overline{PL}_j, j = 1, 2, 3, \dots, 12 \quad (3.15)$$

Bu katsayılar kullanılarak her ay için d olarak adlandırılan nemlilik anomalisi hesaplanır. Bu değer kullanılarak da ağırlık faktörü olan K hesaplanmaktadır. d ve K değerleri ile Palmer indisi sonuçlarından birisi olan “Z İndisi” elde edilmektedir. Aylık olarak hesaplanan Z , nemli ve kurak devrelerin başlangıcını, bitişini ve şiddetini belirleyen parametrelerin hesaplanması için kullanılır. Sonuç olarak, Palmer kuraklık şiddeti aşağıdaki şekilde yazılır :

$$X_i = X_{i-1} + \frac{z_i}{3} - 0.103 \cdot X_{i-1} \quad (3.16)$$

Burada X_i , i'nci ay için hesaplanan PDSI değeridir. Hesaplan PDSI değerleri, Tablo 3.3'de verilen ve temel olarak (Palmer, 1965) tarafından önerilen kuraklık sınıflarına dönüştürülür. Orijinal kuraklık/nemlilik şiddeti sınıflaması (Palmer, 1965) tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nin Iowa merkezinde ve Kansas'ın batısındaki uygulamaları sonucu elde edilmiştir. Bu sebeple PDSI katsayıları daha çok Amerika için kalibre edilmiştir denilebilir. Bunu başka iklim koşulları ile kullanmak için Wells ve arkadaşları tarafından, kendi-kendini kalibre eden PDSI (*sc-PDSI*) olarak adlandırılan yaklaşım önerilmiştir (Wells vd., 2004). **Kendi-kendini kalibre eden PDSI** yaklaşımında, daha önce yukarıda tanımlanan tüm ampirik katsayılar otomatik bir biçimde elde edilebilmektedir. Bu rapor kapsamında da ülkemizdeki durumu daha iyi yansıtması açısından *scPDSI* indisi tercih edilmiştir. Bu indis diğer kuraklık indislerinin aksine periyotlarda çalışmayıp tekil olarak kullanılmaktadır.

Tablo 3.3 Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti (*scPDSI*) İndisi Sınıflandırması

scPDSI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
4 ve üzeri		Aşırı nemli	-2.00 ve üzeri	Normal / Nemli Durum
3.00 – 3.99		Çok nemli		
2.00 – 2.99		Orta Düzeyde Nemli		
1.00 – 1.99		Biraz (Hafif) Nemli		
0.50 – 0.99		Başlangıç Evrensindeki Nemli Dönem		
0.49 – -0.49		Normal		
-0.50 – -0.99		Başlangıç Evrensindeki Kurak Dönem		
-1.00 – -1.99		Biraz (Hafif) Kurak		

-2.00 – -2.99		Orta Düzeyde Kurak	-2.00 – -2.99	Hafif Kuraklık
-3.00 – -3.99		Şiddetli Kurak	-3.00 – -3.99	Orta Şiddetli Kuraklık
-4 ve altı		Aşırı Kurak	-4 ve altı	Şiddetli Kuraklık

3.1.1.2.2. Kendinden Kalibreli Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (scPHDI)

Palmer Hidrolojik Kuraklık İndeksi (PHDI), orijinal PDSI'dan yola çıkarak elde edilmektedir ki kullanılan programın yan çıktılarında bir tanesi de PHDI hesaplamalarıdır. PDSI'in yer altı suyu, akımlar ve depolamaları etkileyebilecek uzun dönemli kuraklığı değerlendirerek değiştirilmesi ile PHDI elde edilmektedir. PHDI kullanımı su kaynaklarını uzun zaman aralıklarında etkileyebilecek kuraklıkları dikkate alması sebebiyle faydalıdır. PDSI'da olduğu gibi üzerine kurulu olan su dengesi yaklaşımı daha genel bir yaklaşım ile genel su sisteminin değerlendirilmesine imkân vermektedir.

PHDI hesabının da PDSI hesabı gibi en az 30 yıllık veri ile yapılması tavsiye edilse de bazı makalelerde daha iyi bir sonuç için en az 50 yıllık veri ile yapılması önerilmektedir (Guttman, 1991). Her ne kadar PHDI uzun dönem kuraklığı PDSI'a göre daha iyi ifade etse de eksiklikleri yok değildir. WHO'nun 2016 yılında yayınladığı Kuraklık El Kitabına (Brian A. Fuchs & Mark D. Svoboda, 2016) göre

- Frekansların bölgeye ve yılın vaktine (aşırı kuraklığın nadir bir olay olmayabileceği yılın bazı ayları) göre değişmesi.
- İnsan kaynaklı etkilerin (sulama ve yönetim kararları) hesaplamalara dahil edilmemesi

gibi sebepler PHDI'ın en önemli eksikleri olarak görülmektedir.

PHDI da PDSI gibi ABD odaklı olarak geliştirildiği ve PDSI'ın yan çıktısı olduğu için ülkemizde kullanılması için kalibrasyona ihtiyaç duymaktadır. Bunun için scPHDI olarak adlandırılan ve scPDSI'ın yan ürünü olan indis bu rapor kapsamında kullanılmıştır. Böylelikle havza özelindeki iklim koşullarına göre istasyonların katsayı hesaplamaları özel olarak yapılmıştır.

Kendinden Kalibreli Palmer Hidrolojik Kuraklık İndeksi (scPHDI) için literatürde kullanılan kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri

Tablo 3.4'te verilmiştir. Bu indis de scPDSI gibi diğer kuraklık indislerinin aksine periyotlarda çalışmayıp tekil olarak kullanılmaktadır.

Tablo 3.4 Kendinden Kalibreli Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi Sınıflandırması

scPHDI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
4 ve üzeri		Aşırı nemli	-2.00 ve üzeri	Normal / Nemli Durum
3.00 – 3.99		Çok nemli		
2.00 – 2.99		Orta Düzeyde Nemli		
1.00 – 1.99		Biraz (Hafif) Nemli		
0.50 – 0.99		Başlangıç Evrensindeki Nemli Dönem		
0.49 – -0.49		Normal		
-0.50 – -0.99		Başlangıç Evrensindeki Kurak Dönem		
-1.00 – -1.99		Biraz (Hafif) Kurak		
-2.00 – -2.99		Orta Düzeyde Kurak	-2.00 – -2.99	Hafif Kuraklık
-3.00 – -3.99		Şiddetli Kurak	-3.00 – -3.99	Orta Şiddetli Kuraklık
-4 ve altı		Aşırı Kurak	-4 ve altı	Şiddetli Kuraklık

3.1.1.3. Standart Yağış-Buharlaşma İndisi (SPEI)

Standart Yağış-Buharlaşma İndisi diğer indislere kıyasla daha güncel bir kuraklık indisi olarak öne çıkmaktadır. SPI sıcaklık, bağıl nem, buharlaşma, rüzgâr hızı, vs. gibi kuraklık koşullarını belirleyen diğer değişkenleri dikkate almayıp, sadece yağış verisi ile kuraklık analizi

yapılmasına izin vermektedir ki bu da SPI'nin en büyük eksikliklerinden birisi olarak görülmektedir (Çamalan vd., 2017). Bu eksikliği gidermek amacıyla temelinde Standart Yağış İndisine (SPI) dayandırılan ve girdi parametrelerinde yağışa ek olarak sıcaklık da eklenerek potansiyel buharlaşma-terlemeyi de hesaplayan bir indis ortaya çıkmıştır.

SPI, gelecekteki kuraklık koşullarında sıcaklık artışının rolünü ve küresel ısınma senaryolarından bağımsız olarak sıcaklık değişkenliğinin ve sıcak hava dalgalarının rolünü açıklayamamakta, buna karşılık SPEI, sıcaklık değişkenliği ve sıcaklık aşırılıklarının küresel ısınmanın ötesinde olası etkilerini açıklayabilmektedir. SPEI, buharlaşma isteğindeki değişimlere karşı PDSI'nin duyarlılığına ve SPI'nin doğal alansal dağılımına sahiptir (Çamalan vd., 2017). Kavramsal olarak SPEI indisi farklı zaman ölçeklerinde hesaplanan basit bir iklimsel su dengesini temsil eder.

SPEI hem yağış hem de Thorntwaite yöntemi ile potansiyel evapotranspirasyon için tam zaman serisi verisi gerektirmektedir. Bu durumdan dolayı eksik verinin bulunduğu yerlerde SPEI hesaplanması olası değildir. Rapor kapsamında da SPEI hesaplarında verisi eksik olan istasyonların verileri, etrafındaki istasyonlardan IDW interpolasyon yöntemi ile tamamlanmıştır. Bu yöntemde en yakın 16 istasyonun ilgili aydaki değerleri mevcut istasyona olan uzaklıkların karesi ile ters orantılı olarak dağıtılarak hesaplanmıştır. Veri olan dönemlerde de kontrol hesaplamaları yapılarak hata değerlerinin %10 ile %15 arasında değiştiği görülmüştür. Diğer indislerde olduğu gibi en az 30 yıllık veri ile kullanılması tavsiye edilse de daha uzun veri seti ile daha iyi sonuçların ortaya çıkacağı belirtilmektedir (Brian A. Fuchs & Mark D. Svoboda, 2016).

SPEI hesaplaması yukarıda da bahsedildiği üzere SPI hesabı üzerine kurgulanmış olup aynı mantık ile yapılmaktadır. SPI'daki yağış girdisine ek olarak sıcaklık ile hesaplanan potansiyel buharlaşma-terleme (PET) de hesaplanarak aralarındaki fark sisteme girdi olarak verilmektedir. Burada PET hesabı için farklı yaklaşımlar kullanılabileceği bilinmektedir. Örneğin Penman-Monteith gibi yaklaşımlar özellikle gerektirdiği rüzgar hızı, sıcaklık, solar radyasyon, bağıl nem gibi temin edilmesi güç veriler gerektirdiği için bu gibi kuraklık hesabında tercih edilmemektedir (Vicente-Serrano vd., 2010a). Bu sebeple PET hesabı için sadece aylık ortalama sıcaklık verisi gereksinimi ve daha basit bir yaklaşım olan, Palmer indisleri hesabında da kullanılan Thornthwaite yöntemi tercih edilmiştir.

SPEI hesaplamasında özellikle yaz aylarında yağışın az ya da hiç olmaması ve sıcaklığın yüksek olması sebebi ile “yağış – PET” farkının negatif olma durumu ortaya çıkmaktadır. Bu sebepten

dolayı SPEI hesabında SPI’da olduğu gibi Gamma dağılımı kullanılması mümkün olmamaktadır. Gamma dağılımı yerine verileri daha iyi ifade eden log-logistic dağılımı kullanılmaktadır.

Standart Yağış Buharlaştırma İndisi (SPEI) için literatürde kullanılan kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri SPI’ya benzerlik göstermekte olup Tablo 3.5’te verilmiştir.

Tablo 3.5 Standart Yağış Buharlaştırma İndisi (SPEI) Sınıflandırması

SPEI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
2 ve üzeri		Aşırı nemli	-0.99 ve üzeri	Normal / Nemli Durum
1.50 – 1.99		Çok nemli		
1.00 – 1.49		Orta Düzeyde Nemli		
0.50 – 0.99		Normale Yakın Nemli		
-0.49 – 0.49		Normal		
-0.50 – -0.99		Normale Yakın Kurak		
-1.00 – -1.49		Orta Düzeyde Kurak	-1.00 – -1.49	Hafif Kuraklık
-1.50 – -1.99		Şiddetli Kurak	-1.50 – -1.99	Orta Şiddetli Kuraklık
-2 ve altı		Aşırı Kurak	-2 ve altı	Şiddetli Kuraklık

SPEI da SPI gibi farklı periyotlar için hesaplanabilmektedir. Bu rapor kapsamında hesaplanan SPEI değerleri 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlar için hesaplanmıştır.

3.1.1.4. Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI)

Normalin yüzdesi indeksi kuraklık indeksleri arasında en basitidir ve esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağış miktarının ortalamasına bölünmesiyle yüzdelik halinde elde edilir. PNPI'nın hesaplanmasında yağışın 12 ay ve daha az periyotları da kullanılabilir (Şimşek vd., 2008).

$$\overline{PNPI} = \left(\frac{\bar{P}_i}{P_i} \right) * 100 \quad (3.17)$$

Bu denklemde;

PNPI : Normalin Yüzdesi İndeksi

\bar{P}_i : Aktüel yağış miktarı

P_i : Ortalama yağış miktarı

PNPI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak eşikten küçük olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. Eşiğin altına ilk düştüğü değer kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indeksin eşikten yükseldiği değer ise kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir.

PNPI hesabı için diğer indislerde olduğu gibi en az 30 yıllık veriye dayanması tavsiye edilmektedir. Zira normal yağış olarak kabul edilen nokta toplam verinin ortalaması olarak belirlenmektedir. Örneğin 1 Aylık PNPI hesabını ocak ayı için yaptığınız noktada tüm veri setindeki ocak ayına ait yağış değerlerinin ortalaması alınarak orantısal bağlantı kurulmaktadır. 6 Aylık PNPI hesabı için ise ocak ayından geriye doğru 5 ay daha sayarak toplam 6 ayın ortalamasının alınması gerekmektedir. PNPI'nın bu hesaplama mantığı sebebi ile 1 Aylık ve 3 Aylık sonuçları bazen yanlış yorumlara sebep olmaktadır. Zira 1 aydaki anlık fazla bir yağış ya da az bir yağış istatistiksel olarak bir dağılım ya da benzeri bir sisteme oturtulmadığı için diğer değerlere göre daha baskın görünebilmektedir. Bu sebepten dolayı uzun dönem ortalamalarında bu anomaliler dağılım göstereceği için PNPI'nın uzun dönemlerinin daha iyi sonuç verdiği bilinmektedir (Sayari vd., 2013).

PNPI'nın hesaplanması kolay olduğundan tercih edilse de hesaplama mantığı sebebi ile farklı iklimlerde karşılaştırma yapılması pek mümkün değildir. Bu sebeple farklı indisler ile birlikte değerlendirilmesi uygun olacaktır.

PNPI da SPI ve SPEI gibi farklı periyotlar için hesaplanabilmektedir. Bu rapor kapsamında hesaplanan PNPI değerleri 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlar için hesaplanmıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kuraklık Analizleri web sayfasından (MGM, 2021) alınan bilgiye göre PNPI için farklı periyotlarda farklı limit değerler uygulanmaktadır. Bu sebeple kuraklık şiddetleri ve eşik değerlere; 1 ve 3 Aylık Periyotlar için Tablo 3.6'dan, 6 Aylık Periyot için Tablo 3.7'den, 9 Aylık Periyot için Tablo 3.8'den, 12 ve 24 Aylık Periyot için ise Tablo 3.9'dan ulaşılabilir.

Tablo 3.6 Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI) 1-3 Aylık Sınıflandırması

PNPI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
%75 ve üstü		Normal ve üzeri	%75 ve üstü	Normal / Nemli Durum
%65 - %75		Hafif Kurak	%65 - %75	Hafif Kuraklık
%55 - %65		Orta Şiddette Kurak	%55 - %65	Orta Şiddetli Kuraklık
%55 ve altı		Şiddetli Kurak	%55 ve altı	Şiddetli Kuraklık

Tablo 3.7 Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI) 6 Aylık Sınıflandırması

PNPI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
%80 ve üstü		Normal ve üzeri	%80 ve üstü	Normal / Nemli Durum
%70 - %80		Hafif Kurak	%70 - %80	Hafif Kuraklık
%60 - %70		Orta Şiddette Kurak	%60 - %70	Orta Şiddetli Kuraklık

%60 ve altı		Şiddetli Kurak	%60 ve altı	Şiddetli Kuraklık
-------------	--	----------------	-------------	-------------------

Tablo 3.8 Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI) 9 Aylık Sınıflandırması

PNPI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
%83.5 ve üstü		Normal ve üzeri	%83.5 ve üstü	Normal / Nemli Durum
%73.5 - %83.5		Hafif Kurak	%73.5 - %83.5	Hafif Kuraklık
%63.5 - %73.5		Orta Şiddette Kurak	%63.5 - %73.5	Orta Şiddetli Kuraklık
%63.5 ve altı		Şiddetli Kurak	%63.5 ve altı	Şiddetli Kuraklık

Tablo 3.9 Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI) 12-24 Aylık Sınıflandırması

PNPI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
%85 ve üstü		Normal ve üzeri	%85 ve üstü	Normal / Nemli Durum
%75 - %85		Hafif Kurak	%75 - %85	Hafif Kuraklık
%65 - %75		Orta Şiddette Kurak	%65 - %75	Orta Şiddetli Kuraklık
%65 ve altı		Şiddetli Kurak	%65 ve altı	Şiddetli Kuraklık

3.1.1.5. Keşif Kuraklık İndisi (RDI)

Kuraklık Keşif indeksi (Orijinal terim; Reconnaissance Drought Index - RDI olarak yayınlanmıştır), bir su sisteminde girdi ve çıktılar arasındaki dengeyi dikkate alarak, su eksikliği

hakkında nispeten daha doğru bir yaklaşım sunmak için 2003 yılında Yunanistan'da Atina Ulusal Teknik Üniversitesinde geliştirilmiştir (Tsakiris vd., 2007).

Bu yaklaşım, eklenik yağışlar (ölçülen) ve potansiyel evapotranspirasyona (hesaplanan) dayandırılmış olup, başlangıç, normalize edilmiş ve standardize edilmiş değerler olmak üzere üç adet çıktı sunmaktadır. Standardize edilmiş çıktılar, SPI'nın yapısına benzerlik göstermekte ve doğrudan karşılaştırılabilmektedir. Girdi parametreleri, aylık sıcaklıklar ve yağış değerleridir.

Kuraklığın tarım ve su kaynakları üzerindeki etkileri, başlıca ilgi alanıdır. Potansiyel evapotranspirasyonun kullanılması, bir bölgedeki su dengesini, dolayısıyla kuraklığın şiddetini, SPI'a göre daha iyi temsil etmektedir. Fakat potansiyel evapotranspirasyon hesaplamaları, yalnızca sıcaklık değerleri kullanıldığından dolayı bazı hatalara neden olabilmektedir. Ayrıca aylık ölçümler, özellikle hızlı gelişen kuraklık olaylarında hızlı reaksiyon veremeyebilmektedir.

$$\alpha_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} PET_{ij}}, i = 1(1)N \text{ ve } j = 1(1)12 \quad (3.18)$$

Eşitlikte P_{ij} ve ET_{0ij} sırasıyla i . yılın j . ayının toplam yağmur ve referans bitki su tüketimini (ET_0) ifade etmektedir. RDI indeksi, seçilmiş bir zaman dilimi (k -referans periyodu) için hesaplanan (α_{ik}) değerleri ile hesaplanan (α_{ik}) değerlerinin ortalama miktarının farkının, hesaplanan (α_{ik}) değerlerinin standart sapmasına bölünmesi ile elde edilir.

$$RDI_{st(k)}^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - y_k}{\sigma_{yk}} \quad (3.19)$$

μ_0 ve σ_0 , sırasıyla α_k 'nin ortalama ve standart sapmasıdır. Bu ilişkiden RDI değerlerini elde etmek için α_k değerlerinin normal dağılım göstermesi gerekir. α_k değerlerinin genellikle log-normal veya gama dağılımına uyum gösterdiğini, ancak birçok durumda gama dağılımının daha iyi sonuç verdiğini ortaya konmuştur (Tsakiris vd., 2007). Bu nedenle RDI indeksinin hesaplanması için öncelikle α_k değerlerinin frekans dağılımının normalliği test edilmelidir.

Keşif Kuraklık İndisi (RDI) için literatürde kullanılan kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri SPI'a benzerlik göstermekte olup

Tablo 3.10'te verilmiştir.

Tablo 3.10 Keşif Kuraklık İndisi (RDI) Sınıflandırması

RDI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
2 ve üzeri		Aşırı nemli	-0.99 ve üzeri	Normal / Nemli Durum
1.50 – 1.99		Çok nemli		
1.00 – 1.49		Orta Düzeyde Nemli		
0.50 – 0.99		Normale Yakın Nemli		
-0.49 – 0.49		Normal		
-0.50 – -0.99		Normale Yakın Kurak		
-1.00 – -1.49		Orta Düzeyde Kurak	-1.00 – -1.49	Hafif Kuraklık
-1.50 – -1.99		Şiddetli Kurak	-1.50 – -1.99	Orta Şiddetli Kuraklık
-2 ve altı		Aşırı Kurak	-2 ve altı	Şiddetli Kuraklık

RDI da SPI gibi farklı periyotlar için hesaplanabilmektedir. Bu rapor kapsamında hesaplanan RDI değerleri 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlar için hesaplanmıştır.

3.1.1.6. Ondalıklar İndisi (Deciles)

Avusturalya Meteoroloji Bürosu çalışanlarından Gibbs and Maher isimli 2 kişi tarafından 1967 yılında geliştirilen bu kuraklık indisi temelde basit matematik üzerine kurgulanmıştır. İndisin hesaplanması için gereken tek girdi yağış verisidir.

Temel olarak mevcut yağış verisi aylık bazda küçükten büyüğe doğru sıralanarak 10 farklı gruba ayrılmaktadır. 10 farklı gruba bölünen bu yağış değerlerine sırası ile 1'den 10'a kadar değerler atanarak Ondalıklar indisi oluşturulmaktadır (Şen, 2015).

Ondalıklar indisinin de diğer indislerde olduğu gibi en az 30 senelik veri ile çalıştırılması tavsiye edilmektedir. Hatta Avusturalya'da 100 senelik veri ile çalıştırıldığı bilinmektedir. Diğer indislerde olduğu gibi veri sayısının artması doğal olarak indisin tutarlılığını da arttırmaktadır.

Ondalıklar indisinin aylık bazda olması sebebi ile uzun dönem kuraklık hesaplarında diğer indislerle kıyaslanması uygun görülmesi de alternatif bir indis oluşu ve hesaplanmasının kolay olması sebebi ile farklı ülkelerde kullanılmaktadır. Ondalıklar indisinin en önemli dezavantajı da eşit aralıklarla dağıtım yapıldığı için kuraklık riski hesaplanmasında tüm kuraklık gruplarının aynı olasılık değerini almasıdır.

Rapor kapsamında aylık bazda hesaplanan ondalıklar indisi için literatürde kullanılan kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri PNPI'a benzerlik göstermekte olup Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11 Ondalıklar İndisi Sınıflandırması

Ondalıklar – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
9-10		Normalin Çok Üstünde	2.5 ve üstü	Normal / Nemli Durum
7-8		Normalin Üstünde		
5-6		Normal	1.5 – 2.5	Hafif Kuraklık
3-4		Normalin Altında	0.75 – 1.5	Orta Şiddetli Kuraklık

1-2		Normalin Çok Altında	0 – 0.75	Şiddetli Kuraklık
-----	--	-------------------------	----------	-------------------

3.1.1.7. Standart Akım İndisi (SRI)

Standart Akım İndisi kuraklığın akışa etkisinin belirlenmesi amacıyla Standart Yağış İndisi (SPI) temel alınmak suretiyle Shukla ve Wood tarafından 2008 yılında geliştirilmiştir (Shukla & Wood, 2008). SRI hesaplama sistemi SPI ile birebir aynı olmakla birlikte SRI hesaplarında aylık yağış verileri yerine girdi parametresi olarak aylık akım verileri kullanılmaktadır (Gürler, 2017).

SPI ve SRI değerlerinin zamana bağlı değişiminde belli bir korelasyona sahip olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur (Shukla & Wood, 2008). SPI’da olduğu gibi farklı periyotlar için hesaplamalar yapılabilmektedir. Ayrıca eksik veriler ile de indis çalıştırılabilmektedir. SRI ile hidrolojik kuraklığın etkileri daha çok ön plana çıktığı için hidrolojik kuraklık analizlerinde tercih edilmektedir.

SRI hesabında akım gözlem istasyonlarının ölçülen akım değerleri yerine doğallaştırılmış akım değerleri kullanılmaktadır. Zira akarsulara yapılan baraj, regülatör, HES gibi tesisler ile akarsulardan sanayi ve sulama için yapılan çekimler akım değerlerini negatif bir yönde etkilemekte ve havzadaki akışa geçen su potansiyelini az göstermektedir.

SRI da SPI ve SPEI gibi farklı periyotlar için hesaplanabilmektedir. Bu rapor kapsamında hesaplanan SRI değerleri 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlar için hesaplanmıştır.

SRI için literatürde kullanılan kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri SPI’ya benzerlik göstermekte olup Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12 SRI Kuraklık Sınıflandırması

SRI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
2 ve üzeri		Aşırı nemli	-0.99 ve üzeri	

1.50 – 1.99		Çok nemli		Normal / Nemli Durum
1.00 – 1.49		Orta Düzeyde Nemli		
0.50 – 0.99		Normale Yakın Nemli		
-0.49 – 0.49		Normal		
-0.50 – -0.99		Normale Yakın Kurak		
-1.00 – -1.49		Orta Düzeyde Kurak	-1.00 – -1.49	Hafif Kuraklık
-1.50 – -1.99		Şiddetli Kurak	-1.50 – -1.99	Orta Şiddetli Kuraklık
-2 ve altı		Aşırı Kurak	-2 ve altı	Şiddetli Kuraklık

3.1.1.8. Standart Yeraltı Suyu İndisi (SGI)

Meteorolojik kuraklık ile başlayıp Tarımsal ve Hidrolojik kuraklık ile devam eden kuraklık olayları zaman içerisinde yer altı su kütlelerini de etkileyerek azalmalara sebep olabilir (Bloomfield ve Marchant, 2013) . Ayrıca yer altı suyu ile bilinçsiz tarımsal sulama yaparak da su kütlelerinin potansiyeli azaltılabilmektedir. Bu gibi durumlarda kuraklığın yer altı su kütlelerine etkisini görmek amacıyla SPI yöntemine benzer olarak Standart Yeraltı Suyu İndisi hesaplanmaktadır.

SGI hesaplaması ise verilen bir zaman ortalaması süresinde SGI'in değeri o kuyu seviyesinin bu zaman süresi boyunca olan aritmetik ortalamasından, \bar{X} , olan farkının aynı zaman aralığındaki standart sapmaya, S_x , bölümünden ibarettir. Bu istatistikte zaman serilerinin standartlaştırılması işleminin aynısıdır. Verilen bir X_i yağış dizisi için (X_1, X_2, \dots, X_n) SGI aşağıdaki denklemle (Denklem 3.20) tanımlanır (Şen, 2009).

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S_x} \quad (3.20)$$

SRI'da olduğu gibi SGI da SPI benzeri bir temel üzerine kurgulanmış olup girdi olarak rasat kuyularının seviyeleri verilmektedir.

SGI da SPI ve SPEI'dan farklı olarak periyotlar için hesaplanmayıp rapor kapsamında hesaplanan SGI değerleri 1 aylık periyot için hesaplanmıştır.

SGI için literatürde kullanılan kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri SPI'a benzerlik göstermekte olup Tablo 3.13'de verilmiştir.

Tablo 3.13 SGI Kuraklık Sınıflandırması

SGI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
2 ve üzeri		Aşırı nemli	-0.99 ve üzeri	Normal / Nemli Durum
1.50 – 1.99		Çok nemli		
1.00 – 1.49		Orta Düzeyde Nemli		
0.50 – 0.99		Normale Yakın Nemli		
-0.49 – 0.49		Normal		
-0.50 – -0.99		Normale Yakın Kurak	-1.00 – -1.49	Hafif Kuraklık
-1.00 – -1.49		Orta Düzeyde Kurak		
-1.50 – -1.99		Şiddetli Kurak		
-2 ve altı		Aşırı Kurak	-2 ve altı	Şiddetli Kuraklık

3.1.1.9. Standart Rezervuar Miktar Suyu İndisi (SRSI)

Bu indis kuraklık koşullarında depolama verilerinin daha sistematik analiz edilebilmesi için Gusyev tarafından Japonya'da geliştirilmiştir (Nawai vd., 2015). Hesaplama mantığı SPI ile aynı olup standartlaştırılmış olasılık dağılımı baz alınmaktadır. İndisin girdisi olarak aylık depolama hacimleri alınmaktadır.

SRSI depolama yönünden kuraklık hesaplamalarında kullanılmakta olup buharlaşmanın hesaba katılmaması indisin dezavantajı olarak görülebilir.

SRSI da SPI ve SPEI'dan farklı olarak periyotlar için hesaplanmayıp rapor kapsamında hesaplanan SRSI değerleri 1 aylık periyot için hesaplanmıştır.

SRSI için literatürde kullanılan kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri SPI'a benzerlik göstermekte olup Tablo 3.14'de verilmiştir.

Tablo 3.14 SRSI Kuraklık Sınıflandırması

SRSI – Eşik Değerler	Literatürdeki Renkler	Literatürdeki Sınıflar	Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
2 ve üzeri		Aşırı nemli	-0.99 ve üzeri	Normal / Nemli Durum
1.50 – 1.99		Çok nemli		
1.00 – 1.49		Orta Düzeyde Nemli		
0.50 – 0.99		Normale Yakın Nemli		
-0.49 – 0.49		Normal		
-0.50 – -0.99		Normale Yakın Kurak		
-1.00 – -1.49		Orta Düzeyde Kurak	-1.00 – -1.49	Hafif Kuraklık
-1.50 – -1.99		Şiddetli Kurak	-1.50 – -1.99	Orta Şiddetli Kuraklık
-2 ve altı		Aşırı Kurak	-2 ve altı	Şiddetli Kuraklık

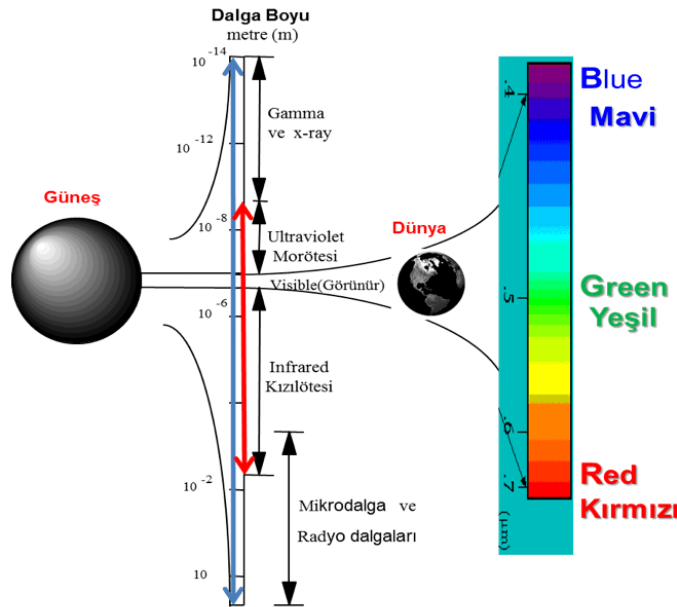
3.1.2. Uzaktan Algılama Temelli İndisler

Uzaktan Algılama, dünyanın ve dünya üzerindeki yer kaynaklarının fiziksel bir temas olmadan uydu, uçak, helikopter ve drone benzeri araçlar ile kaydedilmesi tekniğidir. İnternette sıkça kullanılan Google Maps gibi web uygulamalarında karşımıza çıkan uydu görüntüleri aslında uzaktan algılama yöntemleri ile çekilen görüntülerin birleştirilmesi ile oluşturulmaktadır.

Uzaktan algılamada görüntülerin çekilmesi için öncelikle odaklanılan objelerden yansıyan farklı dalga boylarındaki ışınların yakalanması gerekmektedir. Bu işlem sonrası farklı dalga

boylarına göre tasarlanmış olan sensörler ilgili veriyi sisteme kaydeder. Her bir sensörün kaydettiği bu veriler için bant verisi terimi kullanılabilir. Bu kayıt sonrası verileri ister tek bant istenirse de çoklu bantların kombinasyonu olarak kullanarak farklı analizler ya da görselleştirmeler yapılabilir. Örneğin Google Maps'te görüntülenen altlıklar Kırmızı-Yeşil-Mavi (RGB) bantları olarak adlandırılan ve insan gözünün gördüğü bir dalga aralığında olan kısımda çekilen bantların birleştirilmesi (true-color) ile oluşturulmaktadır (Lavender ve Lavender, 2016).

Elektromanyetik Spektrum olarak adlandırılan dalga boyları aralıkları ile ilgili görsel açıklamalar aşağıdaki grafikte verilmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Uzaktan Algılamada kullanılan elektromanyetik spektrum (Açıköğretim İstanbul Üni., 2021)

Bu grafikten de görüleceği üzere uzaktan algılamada sadece görünür dalgalar değil farklı dalgalar da kullanılarak insan gözünün algıladıkları ötesinde dünya üzerindeki kaynakların farklı kısımları da anlaşılmaya çalışılmaktadır. Örneğin Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü (NDVI) olarak adlandırılan ve rapor içerisinde ilerleyen süreçte detayları verilen indisin hesaplanmasında kullanılan “Yakın Kızılötesi” bandı (0.76-0.90 μm) bitkilerin daha fazla yansıttığı için bitki sağlığını tahmin etmek için kullanılmaktadır. “Yakın Kızılötesi”-Kırmızı ve Yeşil bantları bir araya getirilerek de oluşturulan görüntüye “Yalancı Renk” görünümü olarak adlandırılmaktadır. Bu görüntü de gerçek renk görüntüden farklı olarak orman ve bitki örtüsü

kırmızı olarak görüntülenmekte ve kolaylıkla bitkisel alanların diğer alanlardan ayrılması sağlanmaktadır (Uzaktan Algılamaya Giriş, 2021).

Uzaktan algılama teknolojilerinin çok farklı alanlarda uygulamaları olmakla birlikte özellikle iklim değişikliğinin hız kazanması sonrası aşağıdaki alanlarda daha yoğun olarak kullanılmaktadır (Uzaktan Algılamaya Giriş, 2021).

- Sayısal Arazi Modellerinin Üretilmesi
- Su Kaynakları Yönetimi
- Su Kalitesi Analizleri
- Taşkın Haritalaması ve İzleme
- Kuraklık Haritalaması ve İzleme
- Sulak Alanların Haritalanması
- Jeolojik Uygulamalar
- Ormancılık Uygulamaları
- Tarımsal Faaliyetler (Ürün Deseni Bulma, Gelişim ve Rekolte Takibi)
- Yük gemileri ve yasadışı faaliyetlerin takibi

Son dönemdeki teknolojinin hızlı gelişimi ve uzaya erişimin kolaylaşması ile sadece NASA ya da ESA gibi büyük bütçeli araştırmacı kurumlar değil, düşük bütçeli özel sektör firmaları da uzaya uydu ya da cube-sat olarak adlandırılan küçük uyduları rahatlıkla gönderebilmektedirler. Örneğin, Planet firmasının 2021 yılı itibari ile 150 adet küçük uydusu günlük olarak 3 metre çözünürlükte 4 bant görüntü çekebilmektedir. Bu sayede taşkın, kuraklık ya da tarımsal takip günlük olarak yapılabilmektedir.

Uzaktan algılamanın kuraklık tarafındaki en önemli avantajı, meteorolojik gözlemlere göre daha detaylı ve sık veri alınabilmesidir. Örneğin rapor kapsamında kullanılan MODIS uydularının verileri 16 günlük periyotlarda 250 metre çözünürlükte temin edilebilmektedir. Böylelikle özellikle tarımsal kuraklığın takibi, bitki gelişimi ve kuraklığın gelişime etkisi gibi konularda daha detaylı ve hızlı karar verilebilmesine imkân sağlamaktadır. Eğer ülke ya da havza yerine daha küçük bir alanda kuraklık ve tarımsal takip yapılması gerekiyorsa Landsat 8 (30 m) ya da Sentinel 2 (10 m) gibi daha yüksek çözünürlükte görüntü sağlayan ve ücretsiz olan uydular tercih edilebilmektedir.

Rapor kapsamında özellikle tarımsal kuraklığın takibi için tavsiye edilen NDVI, EVI ve VCI indeksleri hesaplanarak rapor kapsamında sunulacaktır. Bu indekslerin her biri bitki durumuna farklı bir şekilde yaklaşarak tarımsal kuraklık konusunda bilgi veriyor olacaktır.

3.1.2.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Üst kısımda bahsedildiği üzere uzaktan algılama teknolojileri son dönemde kuraklık takibini önemli ölçüde kolaylaştırmıştır. Kuraklık takibi için özellikle bitkilerin de takibinde kullanılan “Yakın Kızılötesi” bant ve diğer yardımcı bantlar kullanılmaktadır. “Yakın Kızılötesi” bantta sahip ve uzun bir süredir hizmet veren uydular proje kapsamında incelendiğinde, havza genelinde kullanmak amacıyla 2 uydu genel olarak kullanılmaktadır (Peters vd., 2002). MODIS ve AVHRR olarak adlandırılan bu uydulardan farklı tekrarlanma sürelerinde, farklı çözünürlüklerde veri temin edilebilmekte olup, bu detaylara aşağıdaki tablodan (Tablo 3.15) ulaşılabilmektedir.

Tablo 3.15 MODIS ve AVHRR Uydu Özellikleri

Uydu	Kısa Adı	Veri Zaman Aralığı	Çözünürlük	Tekrarlı Çekim Süresi
MODIS (The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	MOD13Q1 NDVI	2000-2021	250 m	16 Gün
AVHRR (The Advanced Very High Resolution Radiometer)	AVHRR NDVI	1980-2021	4 Km	1 Gün

İlgili tablodan (Tablo 3.15) görüleceği üzere AVHRR uydusunun veri çekim periyodu kısa olsa da çözünürlük bakımından 4 Km olması sebebi ile tercih edilmemiştir. MODIS uydusu 250 m olan çözünürlüğü ve 16 günlük tekrarlı çekim süresi ile mevcut durumda kullandığımız meteorolojik indisler ile daha iyi entegre olabileceği için tercih edilmiştir.

Bitki durumunu gösteren bu “Yakın Kızılötesi” bandı kullanan NDVI ile arazi örtüsü değişim durumu, bitki/ağaç sınıflandırma, kuraklık ve tarımla ilgili çalışmalarda büyük önem arz etmektedir.

NDVI hesabı için uyduların kırmızı ve yakın kızılötesi bantlarının verileri kullanılmaktadır. Bu kapsamda verileri ortak bir aralığa çekerek karşılaştırılmasını sağlamak amacıyla kullanılan 2 bandın farkı alınarak aşağıdaki formül ile normalize edilmektedir.

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (3.21)$$

NDVI değerleri teorik olarak (-1) ile (+1) arasında değişmektedir. Yeşil bitki örtüsünün fazla olduğu alanlarda indeks değeri +1'e doğru yaklaşırken, bulutlar, su ve kar düşük (eksi) NDVI indeks değerlerine sahiptir. Çıplak toprak ve zayıf bitki örtüsü durumunda ise sifıra yakın NDVI değeri gösterir (Hatfield et al., 1985). Bir NDVI haritasında tarımın yoğun olduğu bölgeler gözlemlendiğinde, düşük NDVI değerlerine sahip alanlar kuraklık, aşırı rutubet, hastalık ve zararlılar gibi çeşitli nedenlerle zayıf bitki gelişiminin olduğu bölgeleri işaret etmektedir. Diğer taraftan yüksek NDVI değerleri ise bitki gelişiminin sağlıklı olduğu yerleri göstermektedir (Yıldız vd., 2012).

NDVI değerleri incelendiği durumda kar, kum veya kaya olan alanlar 0'a yakın değerler vermektedir. Bitki örtüsünün olduğu alanlar ise 0.2 ile başlayarak 0.9'a kadar çıkabilmektedir. Bu aralık bitki örtüsünün durumuna ve yoğunluğuna göre değişebilmektedir.

Üst kısımda bahsedildiği üzere NDVI hesabı için MODIS uyduları verileri kullanılmış olup MODIS verileri NDVI'ı hesaplanmış olarak sunmaktadır. Bu veriler 16 günlük periyotlarda yayınlanmaktadır. 2002 yılından bu yana yayınlanan 16 günlük veriler aylık olarak ortalaması alınıp gruplandırılarak aylık NDVI değerleri hesaplanmış ve rapor içerisinde kullanılmıştır.

3.1.2.2. Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI)

Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (Enhanced Vegetation Index – EVI) da NDVI'a benzer bir indeks olup bitkinin yeşillik oranına odaklanmaktadır. EVI, atmosferik koşullar ve toprak arka planı gibi çevresel faktörlerin olumsuz etkilerini azaltmasına rağmen, ışık kaynağı ve sensör pozisyonundaki bir değişikliğe yanıt olarak yataydan eğimli bir yüzeye yönelim değişikliğine eşlik eden parlaklıktaki değişim olarak tanımlanan topografik etkiyi dikkate almaz. Aslında,

topografik etki, muhtemelen, özellikle tepelik alanlarda, kalibrasyonda gürültüye katkıda bulunan önemli bir çevresel faktördür. İyi bilindiği gibi, bir yüzeyin güneş spektrumunun görünür ve yakın kızılötesi kısımlarındaki topografik etkiler karşılaştırılabilir. Bu nedenle, NDVI, RVI, vb. gibi bant oranları olarak ifade edildiğinde topografik etki ortadan kaldırılabilir veya zayıflatılabilir. NDVI'dan farklı olarak, EVI, paydasında sabit bir terim olan toprak ayarlama faktörü L 'yi içerir. Bu sabit, EVI'nın bant oranı formatı olmayan bir terimi içermesine izin verir. Bu nedenle, EVI üzerindeki topografik etki, NDVI üzerindeki kadar basit bir şekilde göz ardı edilemez (Matsushita vd., 2007). EVI aşağıda gösterilen yöntem ile hesaplanmakta olup NDVI gibi genel olarak -1 ile +1 arasında bir değer vermektedir.

$$EVI = G * \frac{(NIR-RED)}{(NIR+C1 * RED-C2 * BLUE+L)} \quad (3.22)$$

Bu formülde G değeri kazanım faktörü olarak 2.5, $C1$ değeri 6, $C2$ değeri 7.5 ve L değeri de 1 olarak alınmaktadır.

NDVI indeksi klorofile daha duyarlı iken, EVI ise yaprak alan indeksi (LAI), kanopi, bitki fizyonomisi ve kanopi mimarisi dahil olmak üzere kanopi yapısal varyasyonlarına daha duyarlıdır. İki vejetasyon indeksi, küresel vejetasyon çalışmalarında birbirini tamamlar ve vejetasyon değişikliklerinin tespiti ve kanopi biyofiziksel parametrelerinin çıkarılması üzerine gelişir. NDVI ve EVI arasındaki diğer bir fark ise kar varlığında NDVI'nın azalması, EVI'nın artmasıdır (Enhanced vegetation index, 2021).

Üst kısımda bahsedildiği üzere EVI hesabı için MODIS uyduları verileri kullanılmış olup MODIS verileri EVI'ı hesaplanmış olarak sunulmaktadır. Bu veriler 16 günlük periyotlarda yayınlanmaktadır. 2002 yılından bu yana yayınlanan 16 günlük veriler aylık olarak ortalaması alınıp gruplandırılarak aylık EVI değerleri hesaplanmış ve rapor içerisinde kullanılmıştır.

3.1.2.3. Bitki Durumu İndeksi (VCI)

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere NDVI indeksi bitki örtüsünün sağlığı ve değişimi ile ilgili en önemli indekslerden birisidir. Fakat NDVI verisi anlık olarak ilgili alanı temsil etmekte ve alanın daha önceki süreçlerdeki durumu ile ilgili karşılaştırma yapmak ya da diğer alanlarla karşılaştırma yapmak amacıyla kullanılması uygun değildir. Bu sebeple kuraklığın bitki örtüsüne olan etkisi, kuraklığın başlangıç ve bitişi ile kuraklığın şiddeti konusunda önemli bilgiler vermektedir (Kogan, 1995). Ayrıca VCI ile kuraklığı daha önce belirlenen 4 aralığa göre sınıflandırmak da mümkün olacağı için meteorolojik indislerle de kıyaslama imkânı ortaya çıkmıştır.

VCI hesaplamasında ilgili alanın (pikselin) maksimum ve minimum değerleri alınarak mevcut değer ile farkı alınarak normalize edilir. Aşağıdaki formül ile NDVI değerlerinin VCI olarak nasıl hesaplandığı gösterilmektedir.

$$VCI_i = \frac{(NDVI_i - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} * 100 \quad (3.23)$$

Bu hesaplama sonucu 0 ile 100 arası değerlerin çıkması beklenmektedir. Böylelikle bu durum indisi farklı dönemler ya da farklı alanların kıyaslamasında kullanabilir hale getirmiştir. Ayrıca aşağıdaki tabloda (Tablo 3.16) belirtilen sınıflara göre diğer indisler ile de kıyaslama yapılması mümkün hale gelmiştir (Jiao vd., 2016).

Tablo 3.16 VCI Kuraklık İndisi Sınıflandırması

Rapor Kapsamındaki Değerler ve Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
37.5 ve üstü	Normal / Nemli Durum
25 - 37.5	Hafif Kuraklık
12.5 - 25	Orta Şiddetli Kuraklık
0 - 12.5	Şiddetli Kuraklık

3.1.3. Kuraklık Sınıflandırmaları ve Eşik Değerler

Rapor kapsamındaki analiz çalışmalarında ilk etapta tüm indisler literatür çıktılarına göre çalıştırılmışlardır. Fakat indisler arası karşılaştırma yapılmasına imkân verilmesi açısından indis açıklama kısımlarında da belirtildiği üzere 4 farklı sınıf belirlenmiştir. Her indisin açıklama kısmında yer verilen tablolarda hem literatürdeki eşik değerler ve renkler hem de rapor kapsamında kullanılan eşik değerler ve renkler gösterilmektedir.

Raporun ana kısmındaki tüm grafik ve haritalarda bahsi geçen 4 renge göre sınıflandırma yapılmış olup ilgili renk ve açıklamalara Tablo 3.17'den erişilebilmektedir.

Tablo 3.17 Kuraklık sınıflandırmaları ve renkleri

Rapor Kapsamındaki Renkler	Rapor Kapsamındaki Sınıflar
Beyaz	Normal / Nemli Durum
Sarı	Hafif Kuraklık
Turuncu	Orta Şiddetli Kuraklık
Kırmızı	Şiddetli Kuraklık

3.1.4. Eğilim Analizleri

Hidrometeorolojik verilerin zaman serilerinde uzun yıllar boyunca anlamlı bir artış veya azalış olup olmadığının araştırılması için eğilim (trend) analizleri yapılır. Stokastik süreçlerde değişken gidişler, yani süreçlerin eğilim gösteren kısımları, zamanla tedrici bir artma veya azalma gösterebileceği gibi ani bir sıçrama da olabilir. Bu gibi değişiklikler, hidrolojide doğal veya insan sebepli değişikliklerden kaynaklanabilir. Yeni bir su yapısının inşası, orman yangınları, göllerin dolması gibi sebepler bu değişikliklere yol açabilir (Bayazit, 1974). Günümüzde trendlerin en önemli sebeplerinden biri olarak da küresel iklim değişikliği görülmektedir. Bu proje kapsamında, kuraklık analizlerinde kullanılan verilerde zaman içinde bir değişim olup olmadığını belirlemek ve eğer varsa bu değişimin yönünü tespit etmek amacıyla Mann-Kendall trend analizi (Mann, 1945; Kendall, 1975) uygulanmış ve sonuçları sunulmuştur. Mann-Kendall testi, parametrik olmayan bir test olup, verilerin belirli bir dağılıma uyma koşuluna bağlı olmadığı için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

3.1.5. Meteorolojik Eğilim Analizleri

3.1.5.1. Yağış Eğilim Analizleri

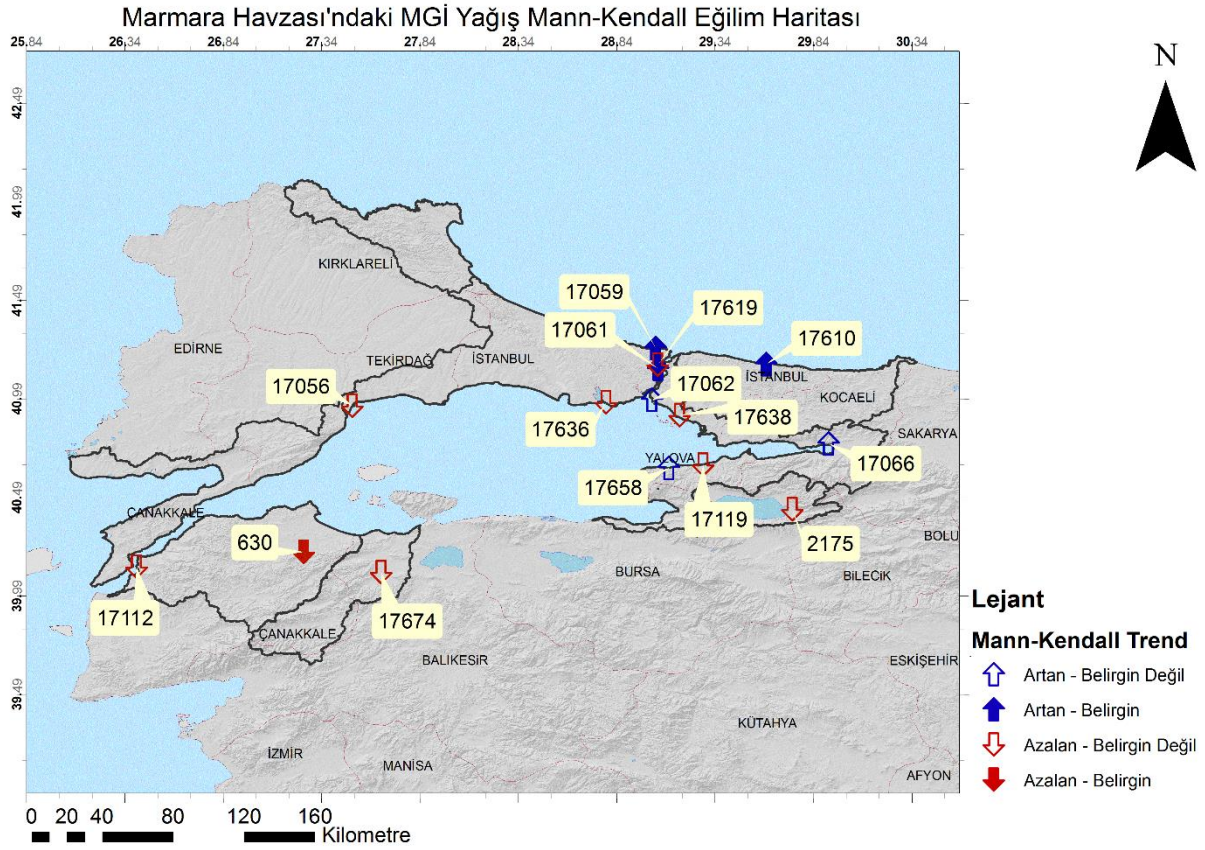
Yağış eğilimleri analizleri kapsamında havza kuraklık hesaplarında kullanılan tüm meteoroloji gözlem istasyonlarının yağış verileri incelenmiştir. Veriler ölçüm süreleri boyunca grafikleştirilmiş, grafikler üzerinde hem doğrusal eğilimleri hem de ortalamaları gösterilerek yorumlanmıştır. Trend analizleri istasyonların yıllık toplam yağışlarına Mann-Kendall trend analizi uygulanarak yapılmıştır. Analiz sonuçları, p (anlamlılık seviyesi) ve z (M-K istatistiği) değerleri ile trend durumu ve yönü, %95 güven aralığı için sunulmuştur.

Buna göre, 15 istasyonun 4'ünde belirgin trend görülmüş olup bunlardan yalnızca biri azalan yöndedir. Azalan yönde belirgin eğilim gösteren 630 nolu istasyonun ölçüm aralığının ise 1994 yılında bittiği görülmektedir. Buna göre havza geneli için, güncel durumda, belirgin yağış trendlerinin artış yönünde olduğu söylenebilir. Ancak istasyonların büyük çoğunluğunda belirgin bir trend görülmemiştir.

Tablo 3.18 Yağış verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları

İstasyon No	Veri Başlangıç Yılı	Veri Bitiş Yılı	p Değeri	z Değeri	Eğilim Belirginliği (%95)	Eğilimin Yönü
630	1959	1994	0.00	-2.88	Belirgin	Azalan ↓
2175	1969	2001	0.16	-1.39	Belirgin değil	Azalan ↓
17056	1940	2021	0.95	-0.06	Belirgin değil	Azalan ↓
17059	1951	2021	0.04	2.06	Belirgin	Artan ↑
17061	1949	2021	0.02	2.26	Belirgin	Artan ↑
17062	1929	2008	0.56	0.58	Belirgin değil	Artan ↑
17066	1929	2021	0.19	1.32	Belirgin değil	Artan ↑
17112	1929	2021	0.95	-0.07	Belirgin değil	Azalan ↓

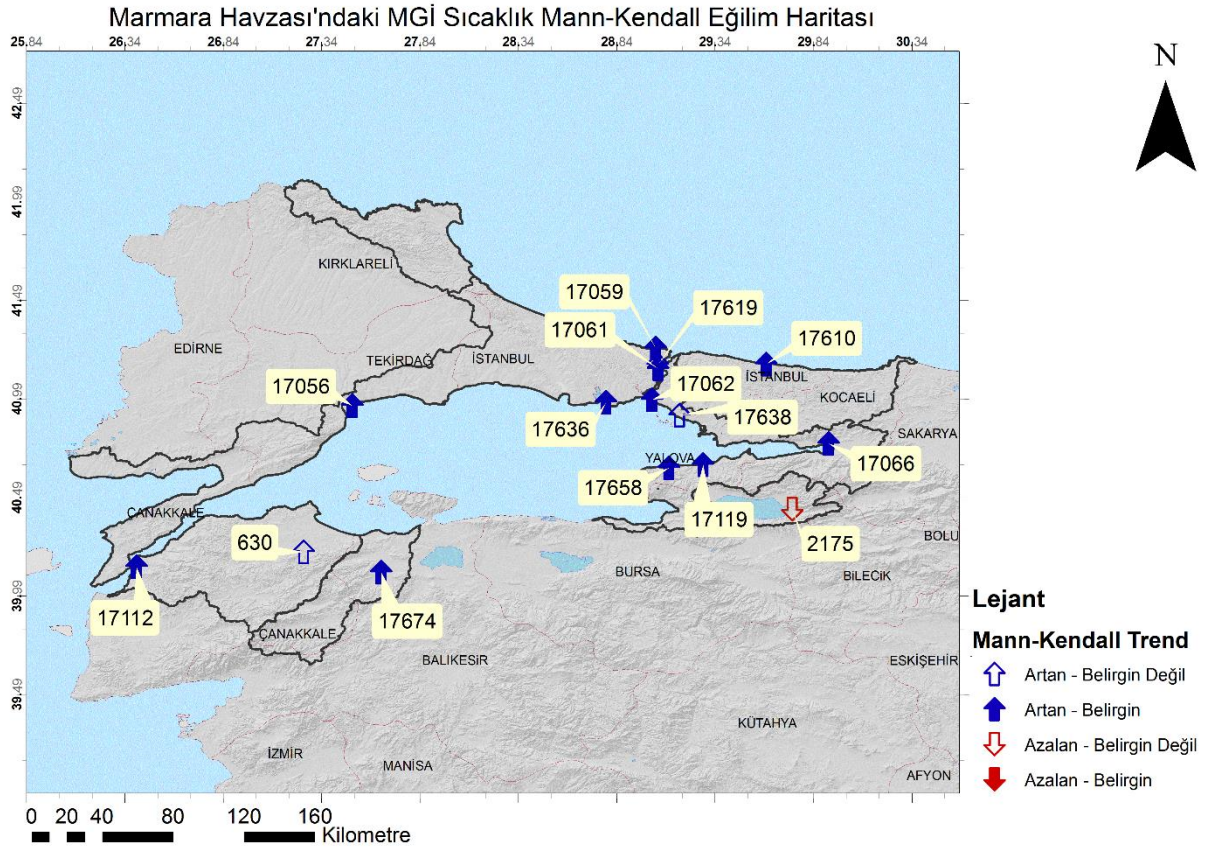
17119	1929	2021	0.45	-0.76	Belirgin değil	Azalan	↓
17610	1939	2012	0.03	2.16	Belirgin	Artan	↑
17619	1947	2010	0.20	1.28	Belirgin değil	Artan	↑
17636	1937	2016	0.56	-0.59	Belirgin değil	Azalan	↓
17638	1949	2004	0.39	-0.87	Belirgin değil	Azalan	↓
17658	1982	2012	0.20	1.29	Belirgin değil	Artan	↑
17674	1967	2012	0.38	-0.87	Belirgin değil	Azalan	↓



Şekil 3.5 Yağış verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı

3.1.5.2. Sıcaklık Eğilim Analizleri

Sıcaklık eğilimleri analizleri kapsamında havza kuraklık hesaplarında kullanılan tüm meteoroloji gözlem istasyonlarının sıcaklık verileri incelenmiştir. Veriler ölçüm süreleri boyunca grafikleştirilmiş, grafikler üzerinde hem doğrusal eğilimleri hem de ortalamaları gösterilerek yorumlanmıştır. Trend analizleri istasyonların yıllık ortalama sıcaklık verilerine Mann-Kendall trend analizi uygulanarak yapılmıştır. Analiz sonuçları, p (anlamlılık seviyesi) ve z (M-K istatistiği) değerleri ile trend durumu ve yönü, %95 güven aralığı için sunulmuştur.



Şekil 3.6 Sıcaklık verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı

Tablo 3.19 Sıcaklık verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları

İstasyon No	Veri Başlangıç Yılı	Veri Bitiş Yılı	p Değeri	z Değeri	Eğilim Belirginliği (%95)	Eğilimin Yönü
630	1959	1994	0.34	0.96	Belirgin değil	Artan ↑
2175	1969	2000	0.37	-0.89	Belirgin değil	Azalan ↓
17056	1940	2020	0.00	3.47	Belirgin	Artan ↑
17059	1951	2020	0.00	3.78	Belirgin	Artan ↑
17061	1949	2020	0.00	3.29	Belirgin	Artan ↑
17062	1929	2020	0.00	4.34	Belirgin	Artan ↑
17066	1929	2000	0.00	4.72	Belirgin	Artan ↑
17112	1930	2020	0.00	2.94	Belirgin	Artan ↑
17119	1931	2020	0.00	4.73	Belirgin	Artan ↑
17610	1939	2020	0.00	3.00	Belirgin	Artan ↑
17619	1948	2005	0.90	0.13	Belirgin değil	Artan ↑
17636	1937	2020	0.00	5.08	Belirgin	Artan ↑
17638	1949	2003	0.14	1.48	Belirgin değil	Artan ↑
17658	1982	2020	0.00	4.79	Belirgin	Artan ↑
17674	1967	2020	0.00	3.24	Belirgin	Artan ↑

Havzada sıcaklık ölçümleri değerlendirilen 15 MGI'nin 14'ünde, yıllık ortalama sıcaklık zaman serilerinin eğilim yönü artış şeklindedir. Bu 14 MGI'nin 11'i için ise bu eğilim %95 güven düzeyinde anlamlı bir trendi ifade etmektedir. Buna göre havza genelinde sıcaklıkların artış gösterdiği rahatlıkla söylenebilir.

Havza genelinde Mann-Kendall testi sonuçlarına göre %95 güven düzeyinde artış trendi göstermeyen 4 MGİ'nin tamamında sıcaklık kayıtlarının son 15 yılı kapsamadığı dikkat çekmektedir. Bu 4 MGİ'den anlamlı olmasa da artış göstermiş olan 3 tanesi 630 (1959-1994), 17619 (1948-2005) ve 17638 (1949-2003) nolu MGİ'lerdir. Havzada anlamlı olmasa da azalış gösteren tek MGİ ise 1969-2000 yılları arasında kaydı olan 2175 nolu MGİ'dir. Sıcaklık kayıtları 2020'lere kadar uzanan diğer tüm MGİ'ler için anlamlı bir artış trendi tespit edilmiştir. 2000'li yıllarda etkilerini kuvvetle hissettiğimiz iklim değişikliğinin sıcaklıklar üzerindeki etkileri, havza genelinde trendlerde açıkça görülmektedir.

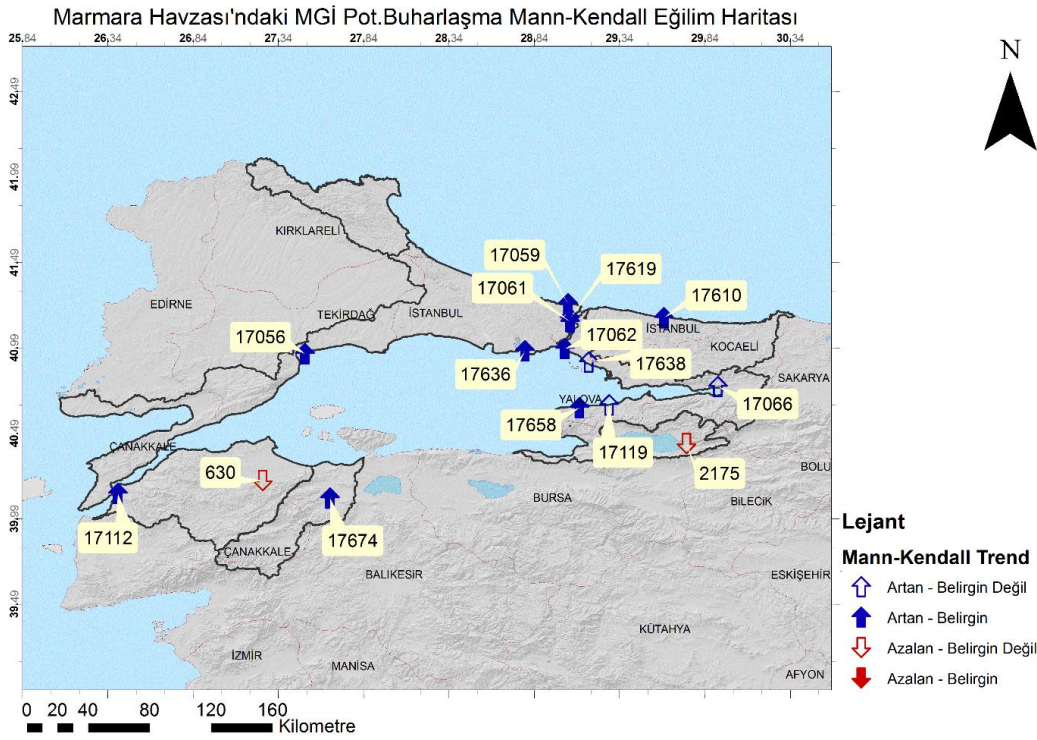
3.1.5.3. Potansiyel Buharlaşma-Terleme (Evapotranspirasyon) Eğilim Analizleri

Potansiyel evapotranspirasyon eğilimleri analizleri kapsamında havza kuraklık hesaplarında kullanılan ve Thornthwaite yöntemi ile hesaplanan potansiyel evapotranspirasyon verileri kullanılmıştır. Veriler grafikleştirilmiş, grafikler üzerinde hem doğrusal eğilimleri hem de ortalamaları gösterilerek yorumlanmıştır. Trend analizleri Mann-Kendall trend analizi uygulanarak yapılmıştır. Analiz sonuçları, p (anlamlılık seviyesi) ve z (M-K istatistiği) değerleri ile trend durumu ve yönü, %95 güven aralığı için sunulmuştur .

Tablo 3.20 Potansiyel evapotranspirasyon verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları

İstasyon No	Veri Başlangıç Yılı	Veri Bitiş Yılı	p Değeri	z Değeri	Eğilim Belirginliği (%95)	Eğilimin Yönü
630	1964	1995	0.78	-0.28	Belirgin değil	Azalan ↓
2175	1969	2001	0.37	-0.90	Belirgin değil	Azalan ↓
17056	1940	2021	0.00	3.41	Belirgin	Artan ↑
17059	1951	2021	0.00	4.53	Belirgin	Artan ↑
17061	1949	2021	0.00	3.61	Belirgin	Artan ↑
17062	1929	2008	0.00	4.32	Belirgin	Artan ↑
17066	1929	2021	0.07	1.80	Belirgin değil	Artan ↑

17112	1929	2021	0.00	5.40	Belirgin	Artan	↑
17119	1931	2021	0.43	0.79	Belirgin değil	Artan	↑
17610	1939	2021	0.00	3.19	Belirgin	Artan	↑
17619	1947	2006	0.45	0.76	Belirgin değil	Artan	↑
17636	1937	2021	0.00	5.35	Belirgin	Artan	↑
17638	1949	2004	0.07	1.79	Belirgin değil	Artan	↑
17658	1982	2021	0.00	5.49	Belirgin	Artan	↑
17674	1967	2021	0.00	3.40	Belirgin	Artan	↑



Şekil 3.7 Potansiyel evapotranspirasyon verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı

Analiz sonuçlarına göre, hesap yapılan 15 meteoroloji gözlem istasyonunun 13 tanesinde artan bir eğilim görülmüş, bunlardan 9 tanesinde eğilim %95 güven düzeyinde anlamlı olarak tespit edilmiştir. Azalan yönlü değişim gösteren iki istasyon olan 630 ve 2175 nolu istasyonlarda

ölçümler 2000’li yılların ötesine geçememiştir. Bu istasyonlardaki azalma yönlü değişimin de anlamlı olmadığı Mann-Kendall trend analizi ile tespit edilmiştir.

Potansiyel evapotranspirasyon hesabında kullanılan Thornthwaite yöntemi, sıcaklık parametresini girdi olarak kullandığı için bu bölümde elde edilen sonuçlar da sıcaklık eğilim analizlerinde alınan sonuçlara oldukça benzer durumdadır.

3.1.5.4. Bağıl Nem Eğilim Analizleri

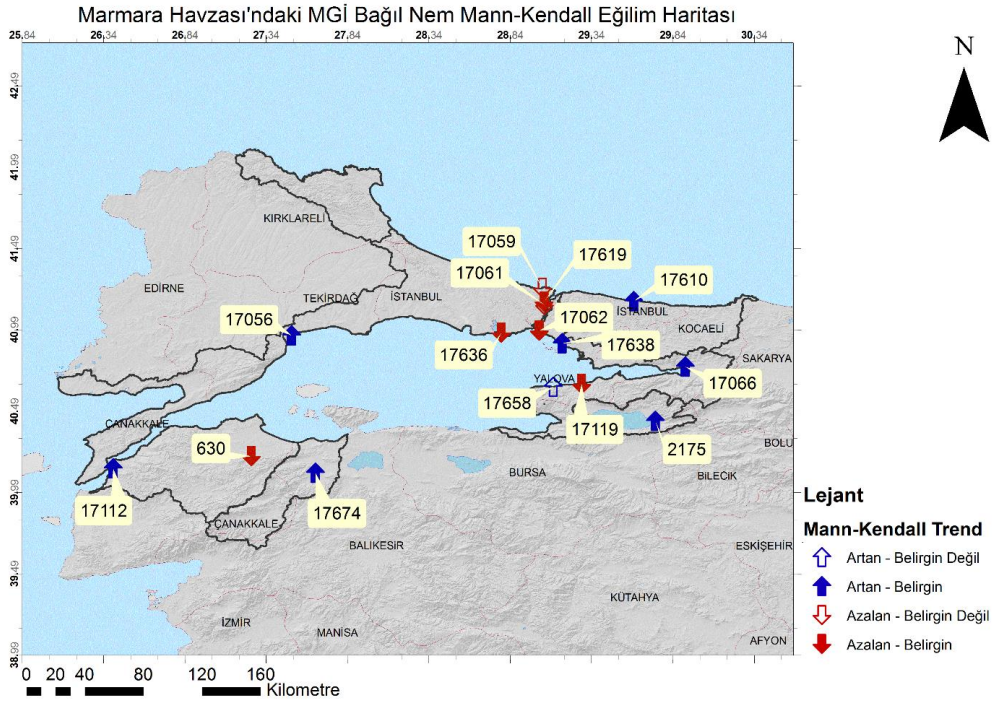
Bağıl nem eğilimleri analizleri kapsamında havza kuraklık hesaplarında kullanılan ve nispi nem ölçümü gerçekleştirilen tüm meteoroloji gözlem istasyonlarının verileri incelenmiştir. Veriler ölçüm süreleri boyunca grafikleştirilmiş, grafikler üzerinde hem doğrusal eğilimleri hem de ortalamaları gösterilerek yorumlanmıştır. Trend analizleri istasyonların yıllık ortalama nispi nem verilerine Mann-Kendall trend analizi uygulanarak yapılmıştır. Analiz sonuçları, p (anlamlılık seviyesi) ve z (M-K istatistiği) değerleri ile trend durumu ve yönü, %95 güven aralığı için sunulmuştur.

Analiz sonuçları havzadaki 15 meteoroloji istasyonunun 12’sinde %95 güven düzeyinde anlamlı bir trend olduğunu göstermiştir. Anlamlı trend görülen 12 istasyonun 7’sinde artan, 5’inde azalan eğilim tespit edilmiştir. Azalan yönlü trend tespit edilen 5 istasyonun 3’ü İstanbul çevresindedir (17062, 17619, 17636).

Tablo 3.21 Bağıl nem verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları

İstasyon No	Veri Başlangıç Yılı	Veri Bitiş Yılı	p Değeri	z Değeri	Eğilim Belirginliği (%95)	Eğilimin Yönü
630	1964	1994	0.04	-2.02	Belirgin	Azalan ↓
2175	1970	2000	0.01	2.75	Belirgin	Artan ↑
17056	1941	2020	0.00	4.20	Belirgin	Artan ↑
17059	1952	2020	0.21	-1.26	Belirgin değil	Azalan ↓
17061	1950	2020	0.73	-0.34	Belirgin değil	Azalan ↓
17062	1930	2020	0.03	-2.19	Belirgin	Azalan ↓

17066	1929	2000	0.02	2.25	Belirgin	Artan	↑
17112	1930	2020	0.00	3.85	Belirgin	Artan	↑
17119	1931	2020	0.01	-2.61	Belirgin	Azalan	↓
17610	1940	2020	0.00	5.54	Belirgin	Artan	↑
17619	1948	2006	0.00	-5.09	Belirgin	Azalan	↓
17636	1938	2020	0.04	-2.05	Belirgin	Azalan	↓
17638	1949	2003	0.00	3.11	Belirgin	Artan	↑
17658	1983	2020	0.90	0.13	Belirgin değil	Artan	↑
17674	1967	2020	0.00	4.75	Belirgin	Artan	↑



Şekil 3.8 Bağılı nem verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı

3.1.6. Hidrolojik Eğilim Analizleri

3.1.6.1. Akım Eğilim Analizleri

Akım eğilimleri analizleri kapsamında havza kuraklık hesaplarında kullanılan tüm akım gözlem istasyonlarının yıllık toplam doğal akım verileri incelenmiştir. Veriler grafikleştirilmiş, grafikler üzerinde hem doğrusal eğilimleri hem de ortalamaları gösterilerek yorumlanmıştır. Trend analizleri istasyonların yıllık toplam doğal akış hacimlerine Mann-Kendall trend analizi uygulanarak yapılmıştır. Analiz sonuçları, p (anlamlılık seviyesi) ve z (M-K istatistiği) değerleri ile trend durumu ve yönü, %95 güven aralığı için sunulmuştur.

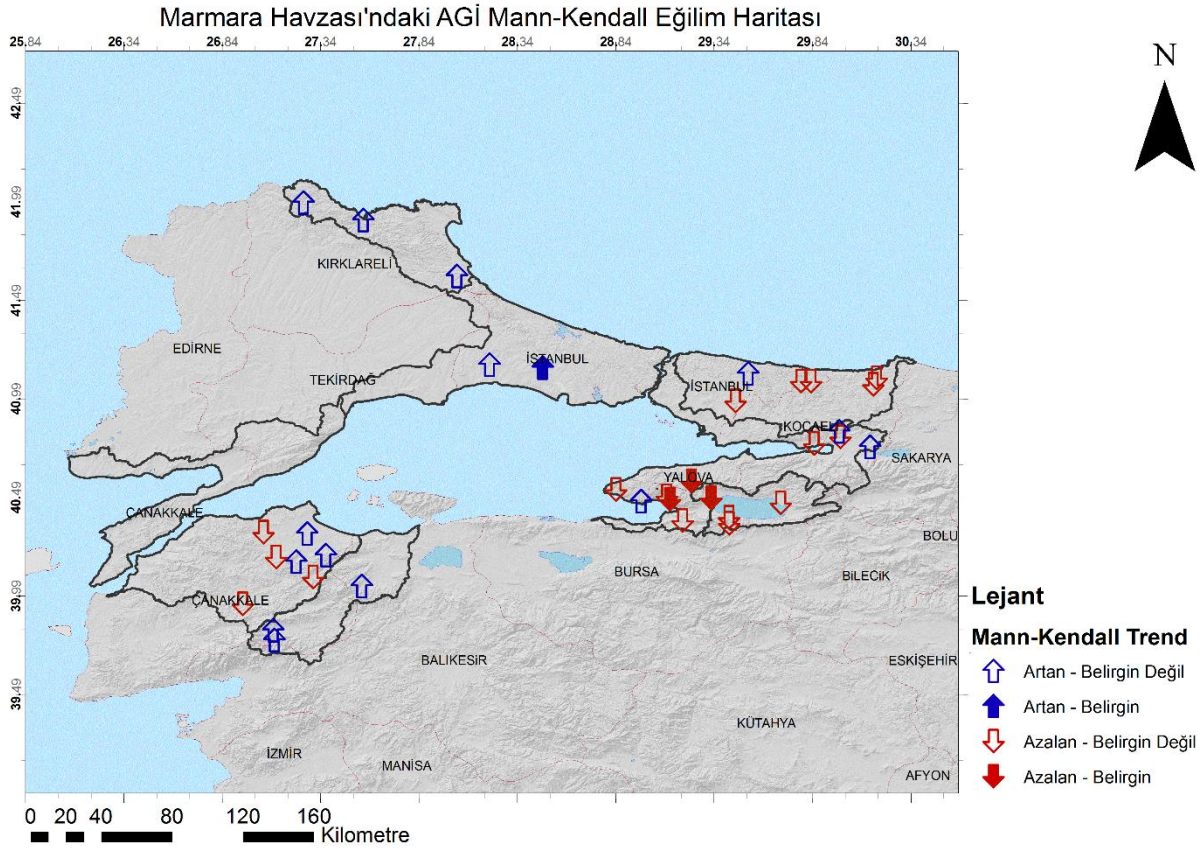
Analiz sonuçlarına göre, doğal akış hacimleri incelenen 36 akım gözlem istasyonunun yalnızca 4 tanesinde %95 güven düzeyinde anlamlı bir trend tespit edilmiştir. Bu 4 istasyonun 3 tanesi (D02A077, D02A089, E02A013) anlamlı bir azalış trendi göstermiştir. Anlamlı bir artış trendi gösteren tek istasyon olan E02A011 nolu AGİ, tüm AGİ'ler arasında ölçüm aralığı farklı olan da tek istasyondur. Diğer 35 istasyon için veriler 1980-2014 aralığında incelenirken, bu AGİ için veriler 1972-2009 yılları arasında incelenmiştir.

Tablo 3.22 Akış verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları

İstasyon No	Veri Başlangıç Yılı	Veri Bitiş Yılı	p Değeri	z Değeri	Eğilim Belirginliği (%95)	Eğilimin Yönü
D02A003	1980	2014	0.48	-0.71	Belirgin değil	Azalan ↓
D02A004	1980	2014	0.71	-0.37	Belirgin değil	Azalan ↓
D02A010	1980	2014	0.89	0.14	Belirgin değil	Artan ↑
D02A030	1980	2014	0.67	-0.43	Belirgin değil	Azalan ↓
D02A031	1980	2014	0.53	-0.62	Belirgin değil	Azalan ↓
D02A044	1980	2014	0.65	0.45	Belirgin değil	Artan ↑
D02A046	1980	2014	0.07	1.82	Belirgin değil	Artan ↑
D02A052	1980	2014	0.09	-1.68	Belirgin değil	Azalan ↓

D02A061	1980	2014	1.00	0.01	Belirgin değil	Artan	↑
D02A067	1980	2014	0.53	-0.62	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A069	1980	2014	0.50	-0.68	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A072	1980	2014	0.94	-0.07	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A077	1980	2014	0.02	-2.39	Belirgin	Azalan	↓
D02A078	1980	2014	0.63	0.48	Belirgin değil	Artan	↑
D02A080	1980	2014	0.43	-0.80	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A084	1980	2014	0.61	0.51	Belirgin değil	Artan	↑
D02A085	1980	2014	0.86	-0.17	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A088	1980	2014	0.10	-1.65	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A089	1980	2014	0.01	-2.44	Belirgin	Azalan	↓
D02A091	1980	2014	0.61	-0.51	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A092	1980	2014	0.93	0.09	Belirgin değil	Artan	↑
D02A098	1980	2014	0.95	-0.06	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A099	1980	2014	0.48	-0.71	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A105	1980	2014	0.43	0.80	Belirgin değil	Artan	↑
D02A108	1980	2014	0.26	1.14	Belirgin değil	Artan	↑
D02A119	1980	2014	0.48	0.71	Belirgin değil	Artan	↑
D02A123	1980	2014	0.10	-1.65	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A131	1980	2014	0.55	-0.60	Belirgin değil	Azalan	↓
D02A140	1980	2014	0.59	0.54	Belirgin değil	Artan	↑

D02A141	1980	2014	0.29	1.05	Belirgin değil	Artan	↑
E02A010	1980	2014	0.75	0.31	Belirgin değil	Artan	↑
E02A011	1972	2009	0.01	2.79	Belirgin	Artan	↑
E02A012	1980	2014	0.27	1.11	Belirgin değil	Artan	↑
E02A013	1980	2014	0.02	-2.29	Belirgin	Azalan	↓
E02A016	1980	2014	0.36	-0.91	Belirgin değil	Azalan	↓
E13A024	1980	2014	0.16	-1.39	Belirgin değil	Azalan	↓



Şekil 3.9 Akış verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı

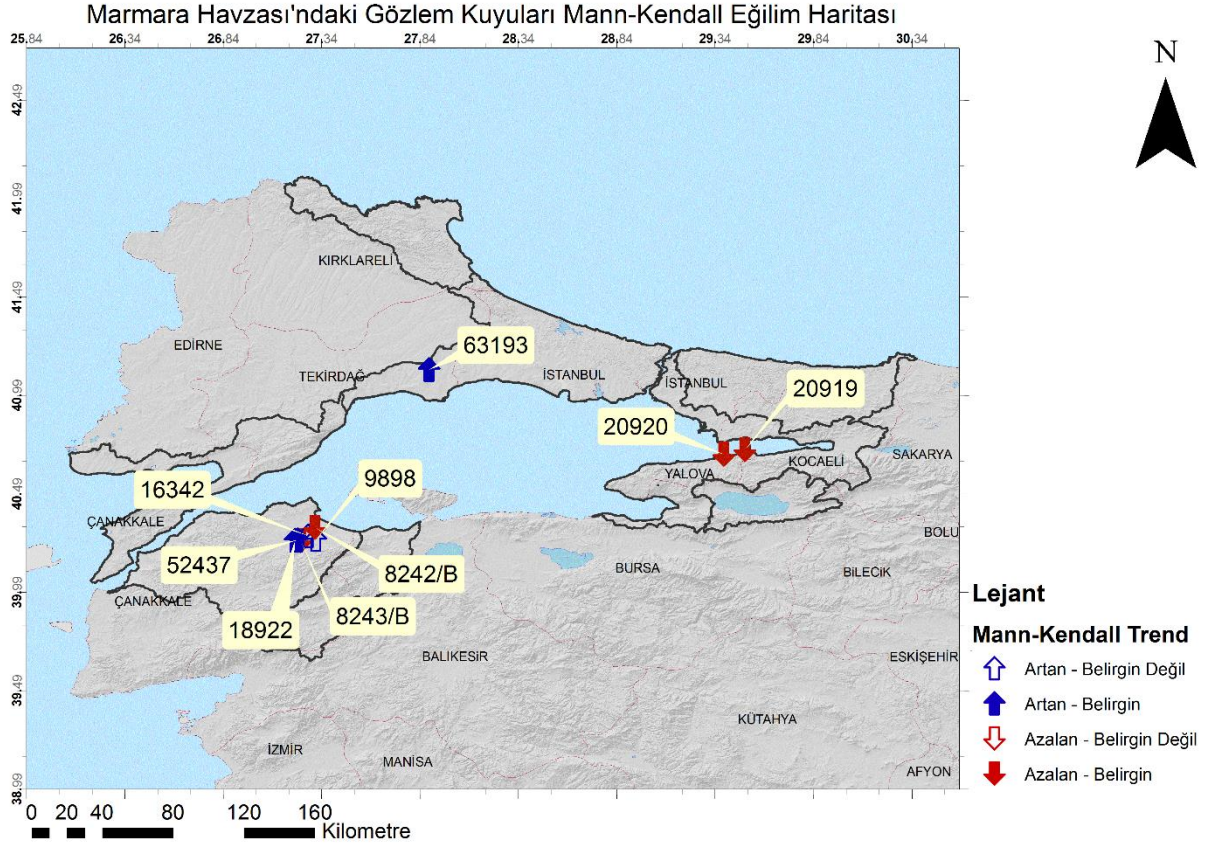
3.1.6.2. Yeraltı Suyu Eğilim Analizleri

Yeraltı suyu eğilimleri analizleri kapsamında havza kuraklık hesaplarında kullanılan yeraltı suyu rasat kuyularının yıllık ortalama yeraltı suyu seviyesi verileri incelenmiştir. Veriler grafikleştirilmiş, grafikler üzerinde hem doğrusal eğilimleri hem de ortalamaları gösterilerek yorumlanmıştır. Trend analizleri istasyonların yıllık ortalama yeraltı suyu seviyesi verilerine Mann-Kendall trend analizi uygulanarak yapılmıştır. Analiz sonuçları, p (anlamlılık seviyesi) ve z (M-K istatistiği) değerleri ile trend durumu ve yönü, %95 güven aralığı için sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre, YAS seviyelerindeki değişimleri incelenen 10 rasat kuyusunun 8 tanesinde %95 güven düzeyinde anlamlı bir trend tespit edilmiştir. Bu 8 kuyunun 5 tanesi anlamlı bir azalış trendi göstermiştir. Anlamlı bir artış trendi gösteren 3 kuyu bulunmaktadır. Bu 3 kuyunun iki tanesi (18922 ve 52437) komşu olup Çanakkale ili Biga ilçesi Kaldırımbaşı Mahallesinde bulunmaktadır. Diğeri ise 63193 (18981) nolu Kocaeli İzmit'te bulunan kuyudur.

Tablo 3.23 Yeraltı suyu seviyesi verileri için Mann-Kendall eğilim analizi sonuçları

İstasyon No	Veri Başlangıç Yılı	Veri Bitiş Yılı	p Değeri	z Değeri	Eğilim Belirginliği (%95)	Eğilimin Yönü	
20920	1977	2020	0.00	-3.13	Belirgin	Azalan	↓
20919	1977	2020	0.00	-3.18	Belirgin	Azalan	↓
63193	1992	2020	0.00	4.13	Belirgin	Artan	↑
8243B	1990	2020	0.02	-2.42	Belirgin	Azalan	↓
8243C	1990	2020	0.01	-2.53	Belirgin	Azalan	↓
9898	1990	2020	0.21	1.26	Belirgin değil	Artan	↑
16342	1990	2020	0.07	1.82	Belirgin değil	Artan	↑
8242B	1990	2020	0.00	-3.73	Belirgin	Azalan	↓
18922	1990	2020	0.00	4.09	Belirgin	Artan	↑
52437	1990	2020	0.00	4.84	Belirgin	Artan	↑



Şekil 3.10 Yeraltı suyu seviyesi verileri için Mann-Kendall eğilim analizi harita çıktısı

3.2. Kuraklık Şiddet Analizleri

Bu kısımda Bölüm 3.1’de detaylı olarak anlatılan indislerin analiz sonuçları yer almaktadır. Kuraklık hesaplamalarında kullanılan meteoroloji istasyonlarının verileri ile hesaplanan SPI, Palmer (scPDSI ve scPHDI), SPEI, PNPI, RDI ve Ondalıklar indisleri istasyon bazında hesaplandığı için öncelikle istasyon bazındaki hesaplamalara yer verilecektir. Sonraki kısımda alt havza ve havza bazındaki ortalamalar ile genel bir yaklaşım izlenecektir. Böylelikle analiz sonuçlarını hem noktasal hem de alansal bazda yorumlama imkanına sahip olunmuştur.

Havzadaki 30 yıllık veriye sahip olan meteoroloji istasyonları filtrelendikten sonra geriye 15 adet istasyon kalmıştır.. Bu istasyonlarda tüm meteorolojik kuraklık indisleri hesaplanmış olup havza genelinde ortak periyotta analiz yapılması amacıyla 1980-2021 arasında tam ya da tama yakın verisi olan 11 adedi (koyu renkli olanlar) dahil edilmiştir. Havza bazında genel analize bu 11 istasyon yeterli olsa da interpolasyon sonuçlarını güçlendirmek amacıyla komşu havzalardan da Tablo 3-25’de verilen 16 adet ek meteoroloji istasyonu seçilmiştir. Rapor

kapsamında istasyon bazında verilen analiz sonuçları daha uzun veri periyotlarına sahip olduğu için havza içinde olan Sarıyer/Kumköy (17059) ve Balıkesir/Gönen (17674) olmak üzere 2 adet istasyonun analizleri de raporda bulunmaktadır. Diğer istasyonların analiz sonuçlarına raporun eklerinden ulaşılabilmektedir. Bu istasyonlara ek olarak alt havzalar bazında ve havza bazında analiz sonuçlarına da aşağıdan erişim sağlanabilmektedir. Bütün alt havzaların sonuçlarını vermek yerine istasyonlarda olduğu gibi 2 alt havza seçilerek sonuçları burada irdelenecektir. Diğer alt havzaların analiz sonuçlarına eklerden ulaşılabilmektedir.

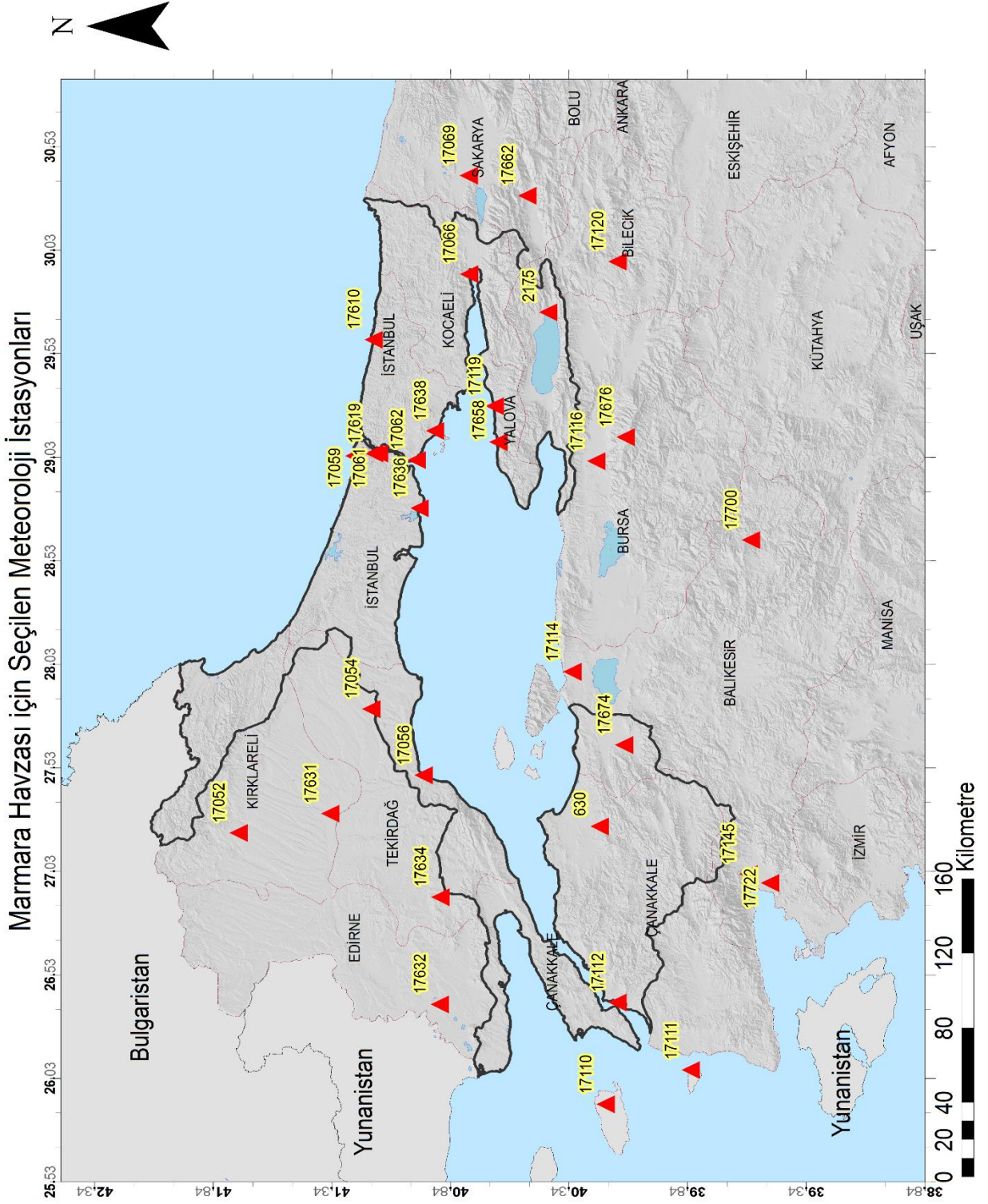
Meteorolojik indisler hem noktasal hem de alansal olarak incelenmiş olup, diğer veriler ile üretilen SRI, SGI ve SRSI indisleri ise alansal dağılıma çok uygun olmadığı için sadece istasyon bazındaki analizleri ile bu kısımda yer alacaktır.

Tablo 3-24 Havza içerisinde Kuraklık Analizleri için kullanılan MGM İstasyonları

İstasyon Kodu	Rakım (m)	İstasyon Adı	Veri Aralığı
630	25	BİGA	1959-1994
2175	90	İZNİK KK	1969-2001
17056	4	TEKİRDAĞ	1940-2021
17059	38	SARIYER/KUMKÖY-KİLYOS	1951-2021
17061	59	SARIYER	1949-2021
17062	5	KADIKÖY RIHTIM	1929-2021
17066	74	KOCAELİ	1929-2021
17112	6	ÇANAKKALE	1929-2021
17119	4	YALOVA	1943-2021
17610	83	ŞİLE	1939-2021
17619	130	BAHÇEKÖY	1947-2006
17636	37	FLORYA	1937-2021
17638	27	KARTAL İST.	1949-2004
17658	16	ÇINARCIK	1982-2021
17674	37	BALIKESİR/GÖNEN	1967-2021

Tablo 3-25 Havza dışı Kuraklık Analizleri için kullanılan MGM İstasyonları

İstasyon Kodu	Rakım (m)	İstasyon Adı	Veri Aralığı
17052	232	KIRKLARELİ	1959-2021
17054	145	ÇORLU	1938-2021
17069	30	SAKARYA	1956-2021
17110	79	GÖKÇEADA	1959-2021
17111	30	BOZCAADA	1967-2021
17114	63	BANDIRMA	1950-2021
17116	100	BURSA	1926-2021
17120	539	BİLECİK	1939-2021
17145	21	EDREMİT	1959-2021
17631	46	LÜLEBURGAZ TİGEM	1928-2021
17632	81	İPSALA	1963-2021
17634	207	MALKARA	1980-2021
17662	100	GEYVE	1959-2021
17676	1877	ULUDAĞ	1946-2021
17700	637	DURSUNBEY	1965-2021
17722	20	BURHANIYE	1974-2021



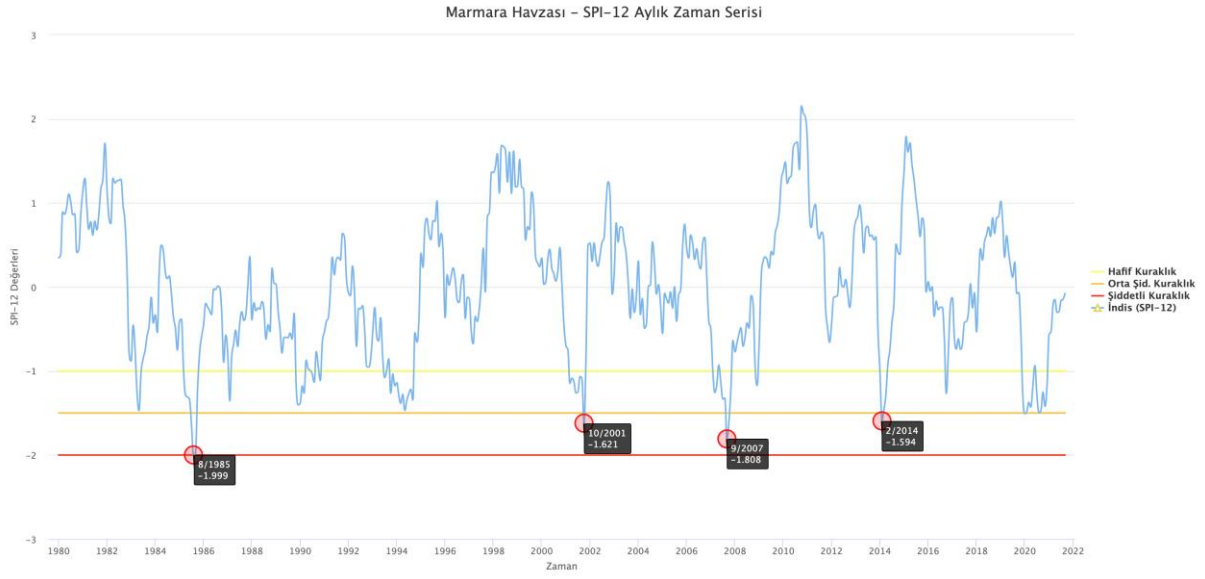
3.2.1. Standart Yağış İndisi (SPI)

3.2.1.1. Havza Bazında SPI Analiz Sonuçları

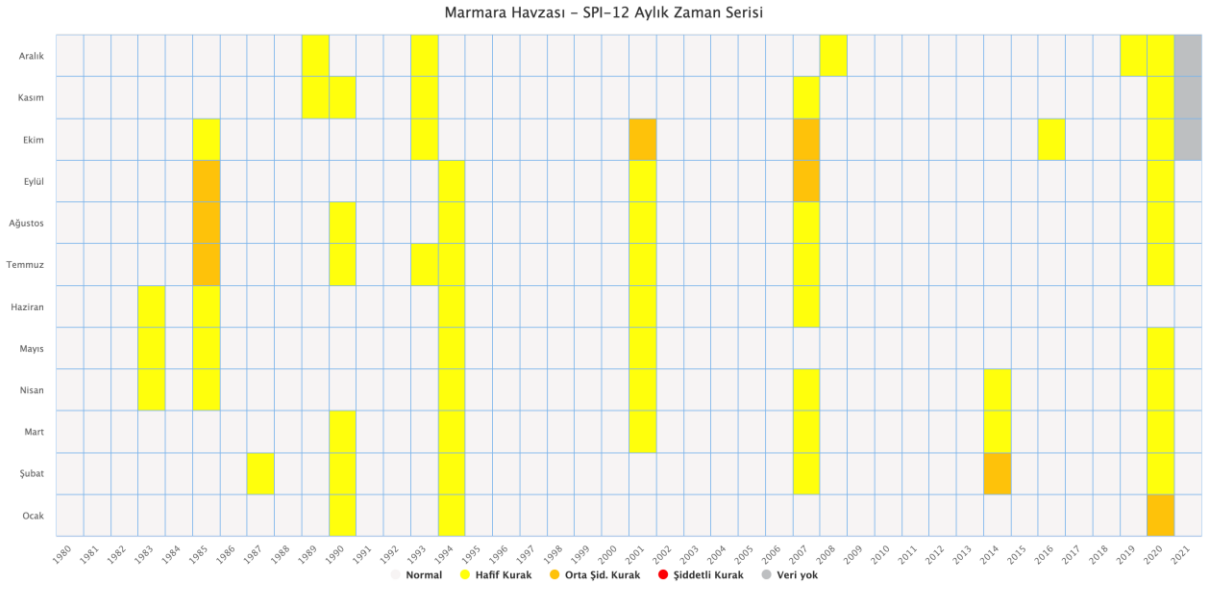
Bu çalışma kapsamında havza için SPI analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

Havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır. Ayrıca istasyon ve alt havza bazındaki analiz sonuçlarından farklı olarak havza bazındaki çizgisel grafiklerde en kurak aylar grafik üzerinde gösterilmektedir. Burada en kurak ay tercihi yapılırken aynı yılda birden fazla kurak ay varsa en kurak olan seçilmektedir. Seçilen 4 en kurak aya ilişkin ise grafiğin altında aylık bazdaki kuraklık şiddet haritaları gösterilerek kuraklığın alansal olarak dağılımı gösterilmektedir.

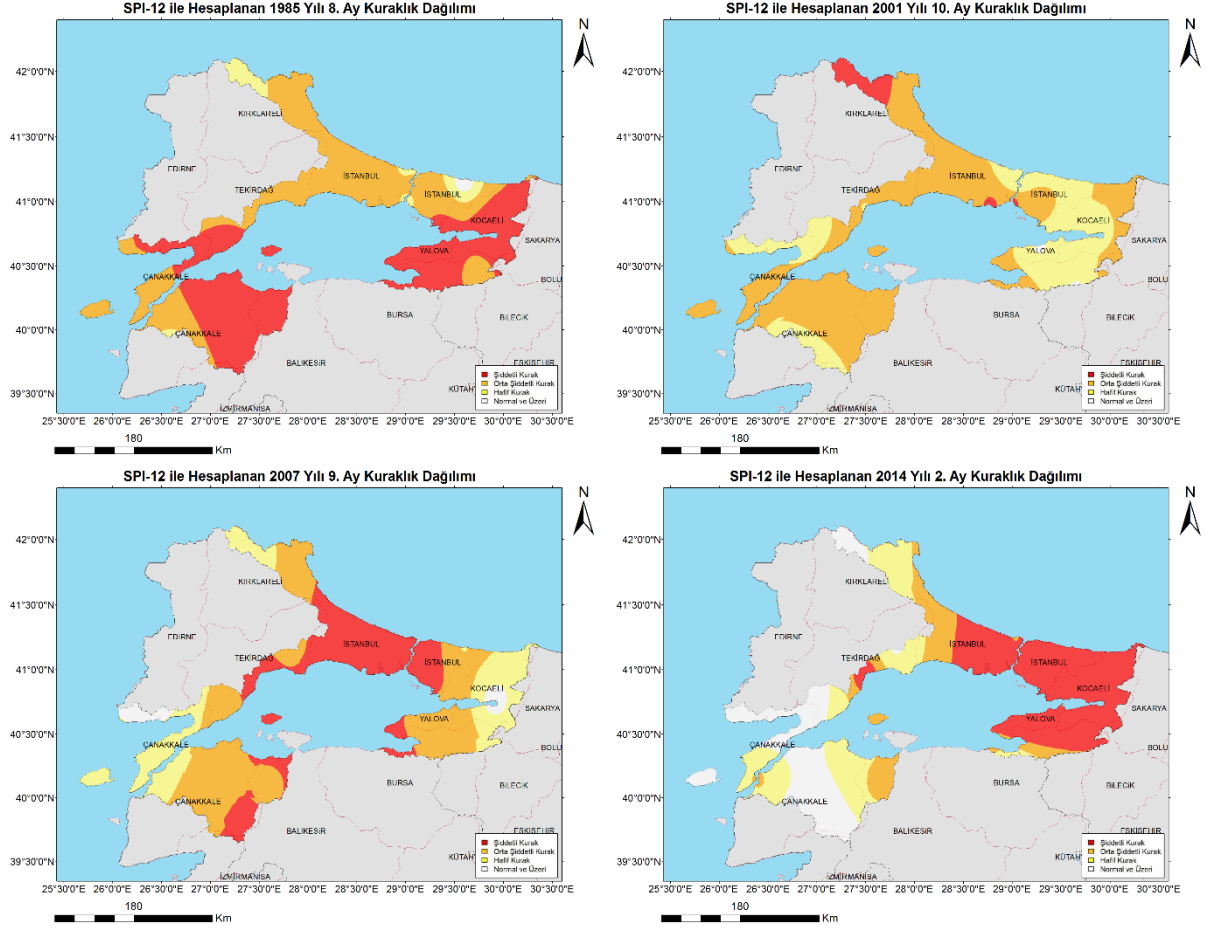
3.2.1.1.1. SPI-12 Aylık Periyot



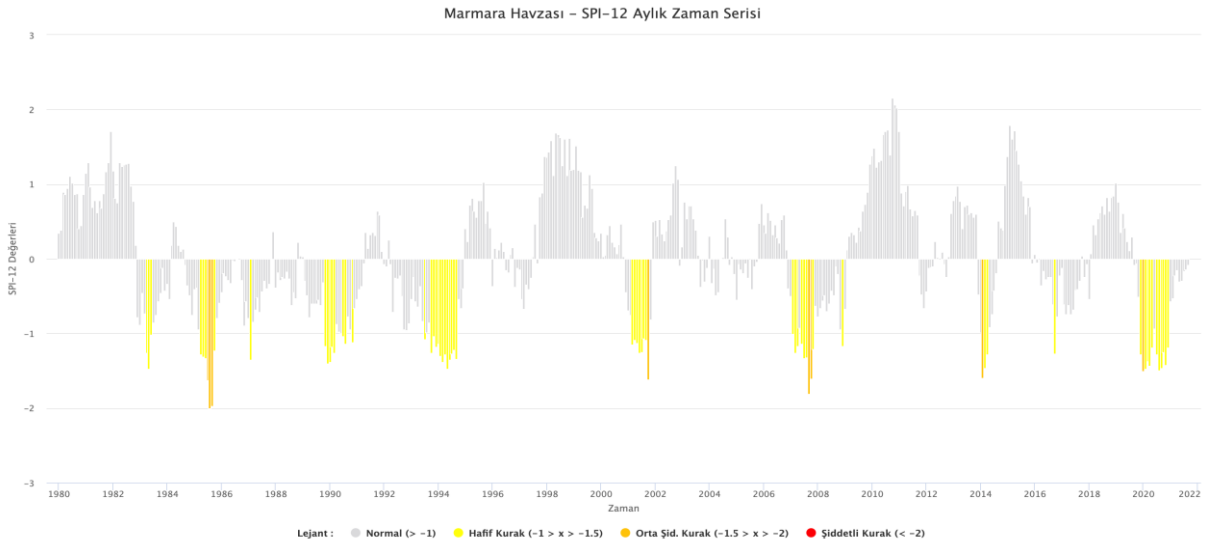
Şekil 3.12 Havza geneline ait SPI 12 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.13 Havza geneline ait SPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



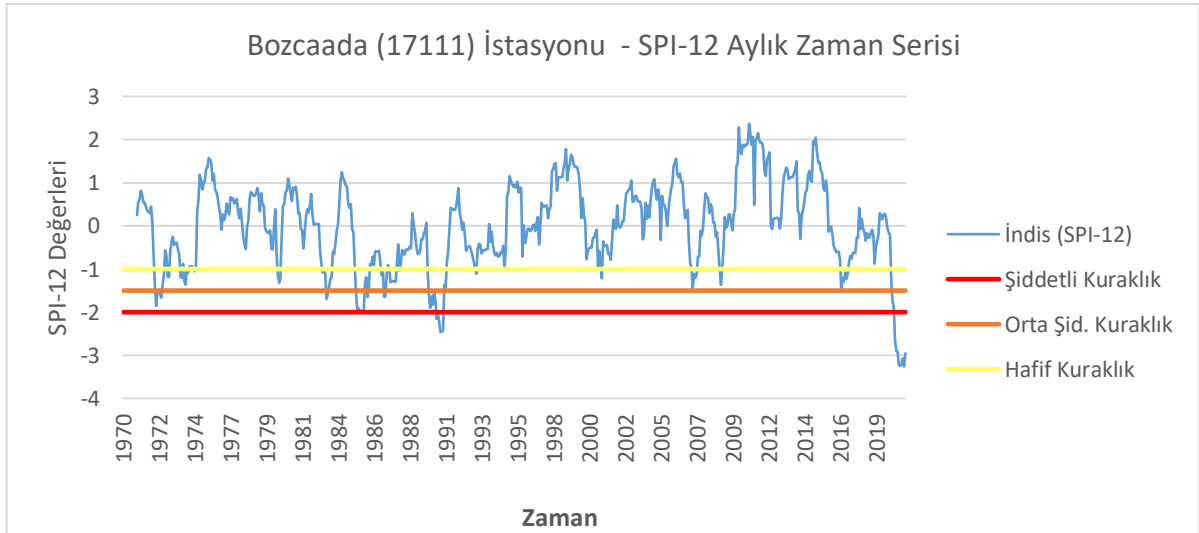
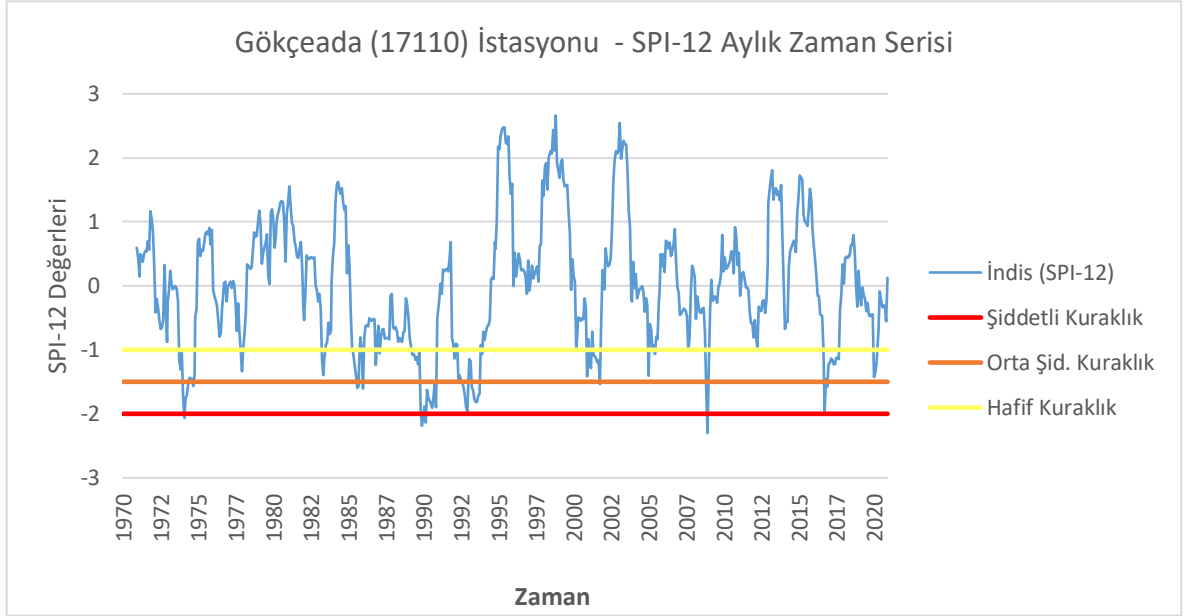
Şekil 3.14 SPI 12 Aylık En Kurak 4 aya ait haritalar



Şekil 3.15 Havza geneline ait SPI 12 Aylık Bar Grafiği

3.2.1.2. Gökçeada ve Bozcaada SPI Sonuçları

Gökçeada'da SPI indis çalışmaları için 1970-2020 yılları arasındaki yağış verileri, 17110 Gökçeada MGI'si kullanılarak incelenmiştir. Bozcaada'da ise aynı amaçla Bozcaada 17111 numaralı istasyonunun yağış verileri kullanılmıştır. Gökçeada ve Bozcaada SPI-12 sonuç grafikleri şekil 3.16 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.16 SPI 12 Aylık Gökçeada ve Bozcaada Sonuçları

3.2.2. Palmer Kuraklık İndisleri

3.2.2.1. Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (scPDSI)

Bu çalışma kapsamında havza içerisinde 15, havza dışında ise 16 adet istasyonun scPDSI analizleri yapılmıştır. Ana rapor kapsamında havzayı temsilen havza içindeki 2 adet istasyonun analizleri paylaşılmaktadır. Diğer istasyonların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

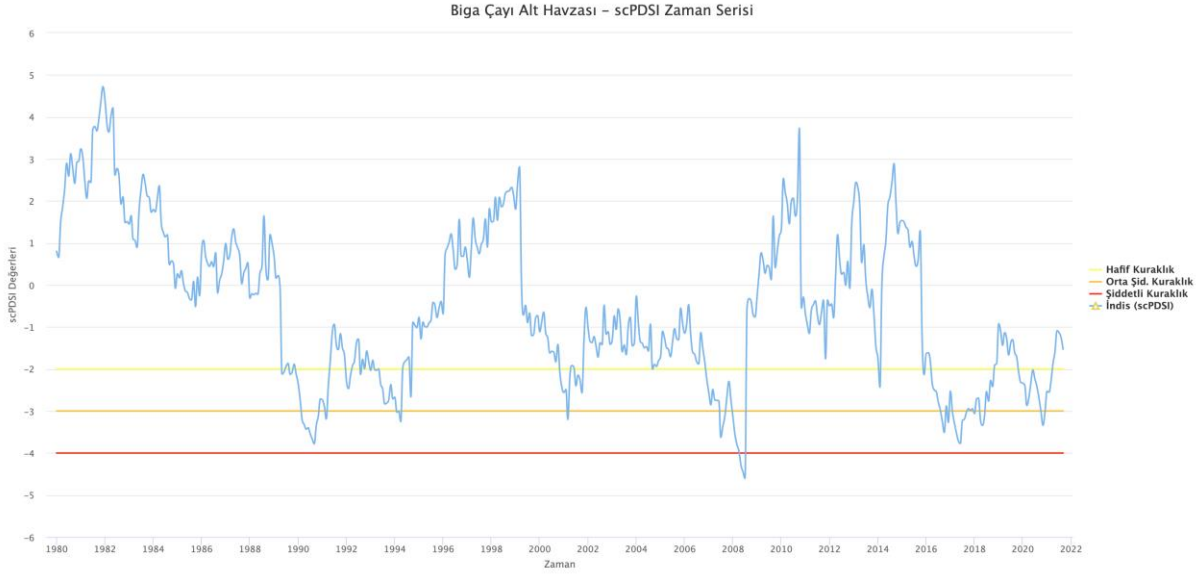
İstasyon bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

3.2.2.1.1. Alt Havza Bazında scPDSI Analiz Sonuçları

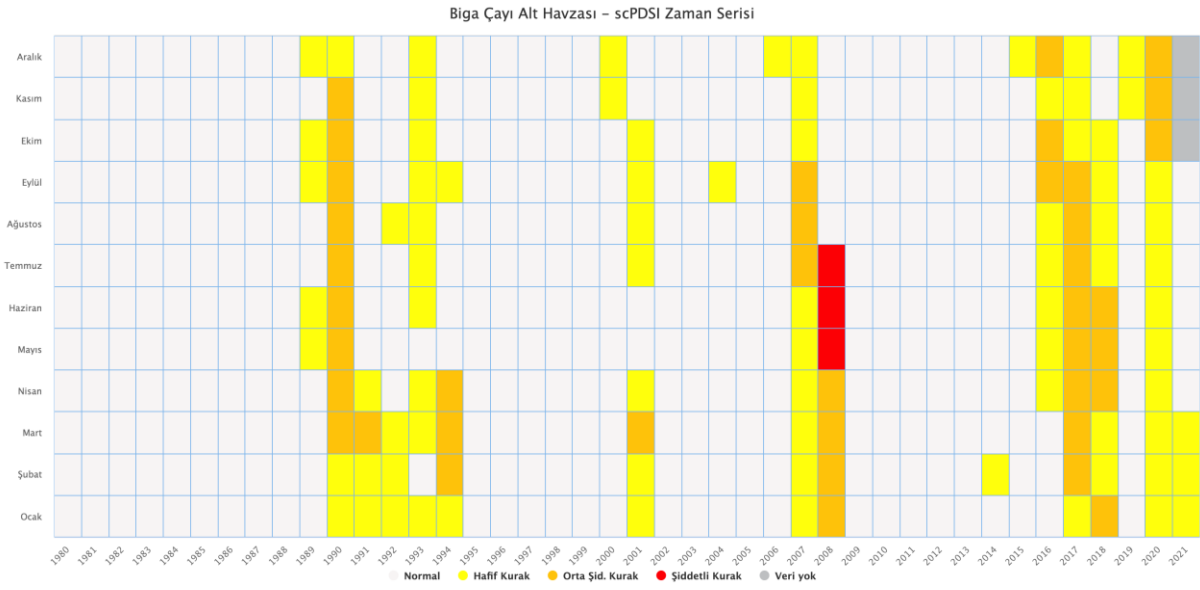
Bu çalışma kapsamında havza içerisinde bulunan tüm alt havzaların scPDSI analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra her alt havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak o alt havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

Ana rapor kapsamında havzayı temsilen 2 büyük alt havzanın (Biga Çayı ve Ağva Deresi Alt Havzaları) analizleri paylaşılmaktadır. Diğer alt havzaların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

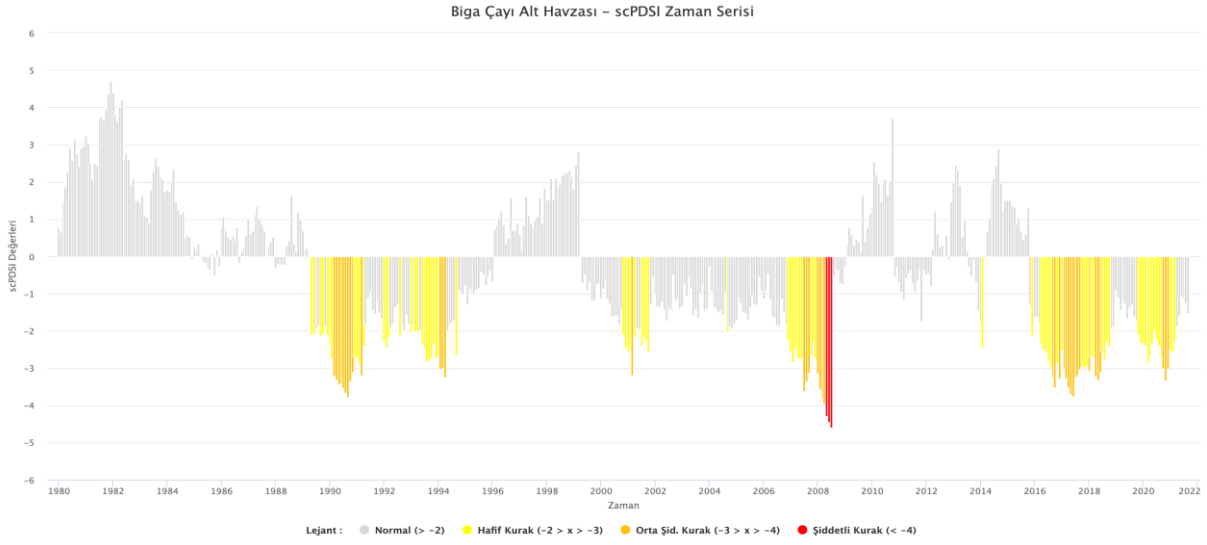
Alt havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.



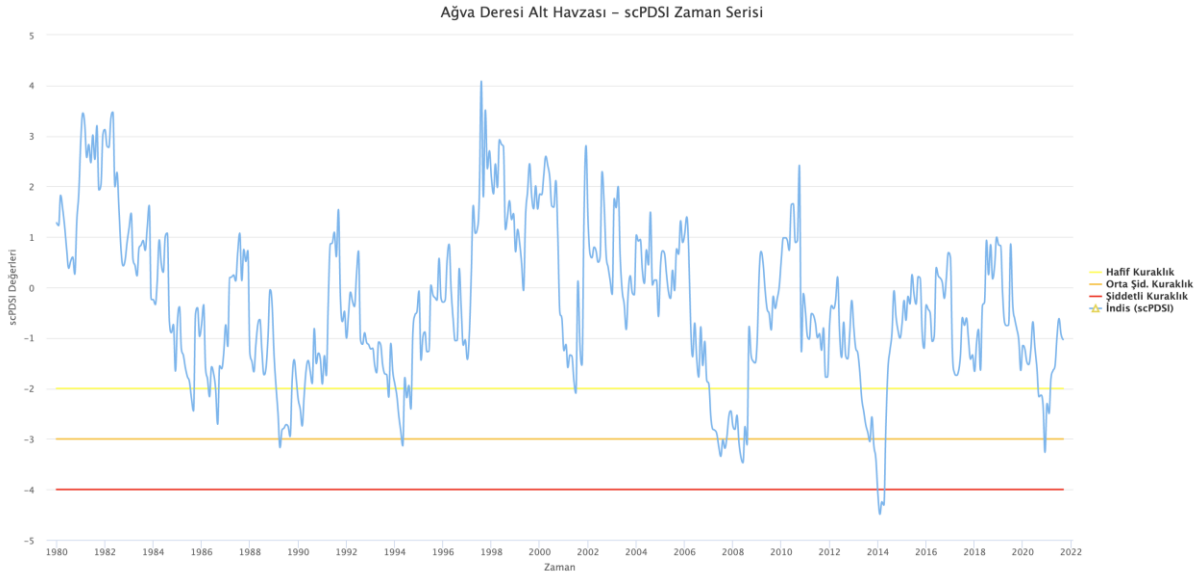
Şekil 3.17 Biga Çayı Alt Havzasına ait scPDSI Çizgisel Grafiği



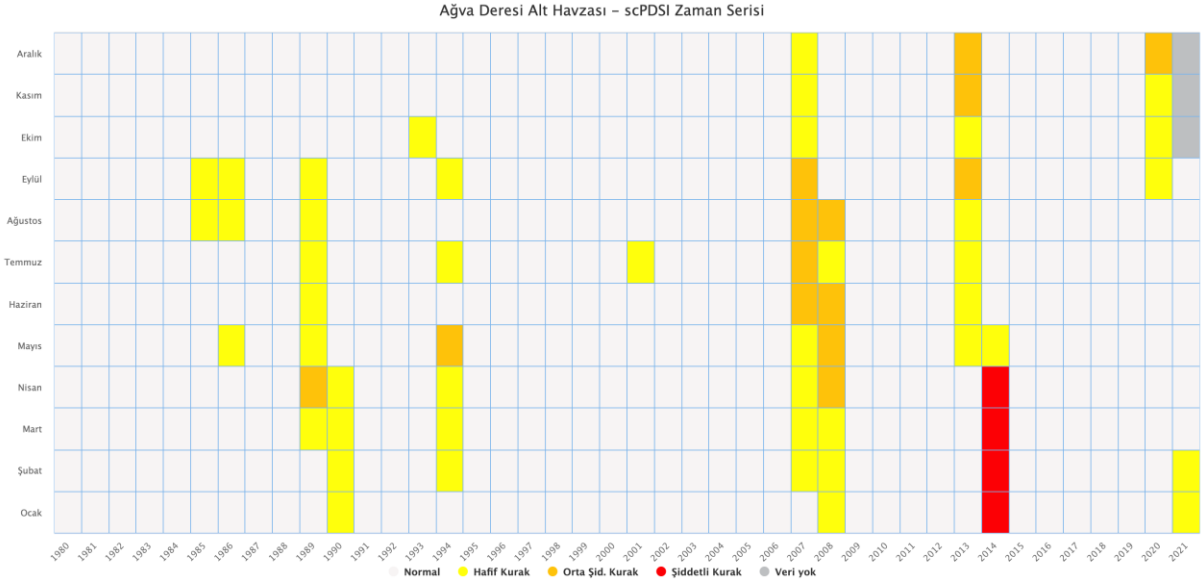
Şekil 3.18 Biga Çayı Alt Havzasına ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği



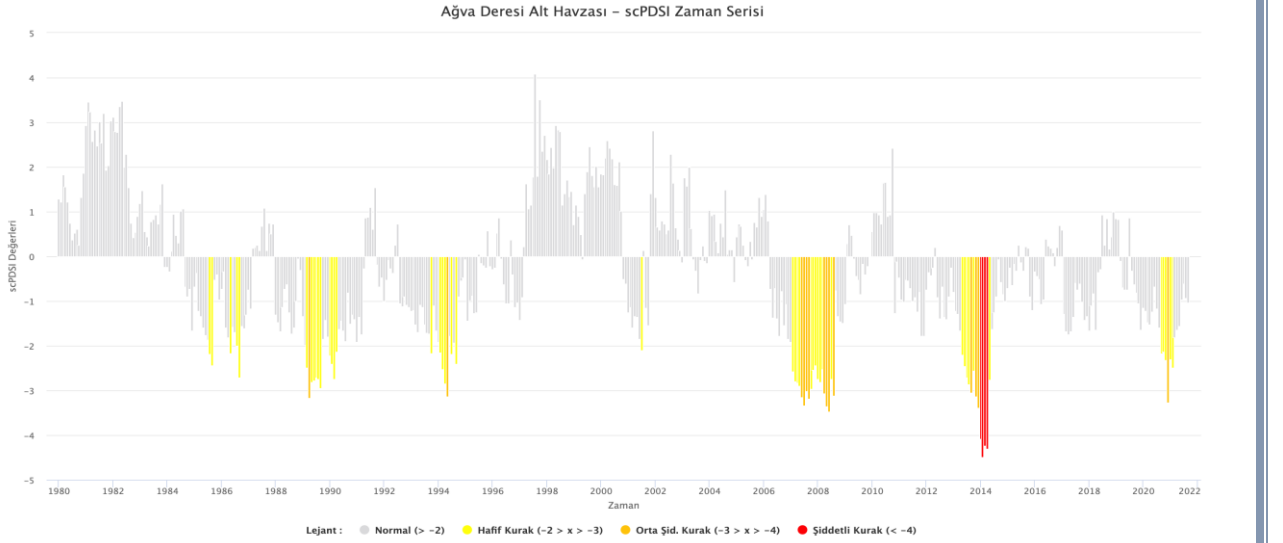
Şekil 3.19 Biga Çayı Alt Havzasına ait scPDSI Bar Grafiği



Şekil 3.20 Ağva Deresi Alt Havzasına ait scPDSI Çizgisel Grafiği



Şekil 3.21 Ağva Deresi Alt Havzasına ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği



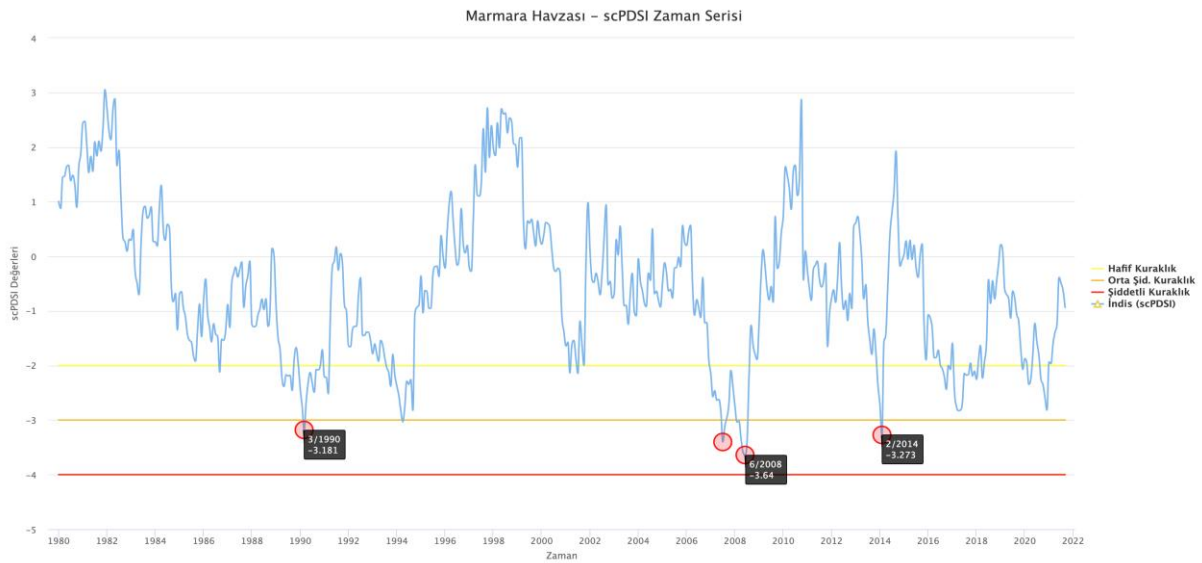
Şekil 3.22 Ağva Deresi Alt Havzasına ait scPDSI Bar Grafiği

3.2.2.1.2. Havza Bazında scPDSI Analiz Sonuçları

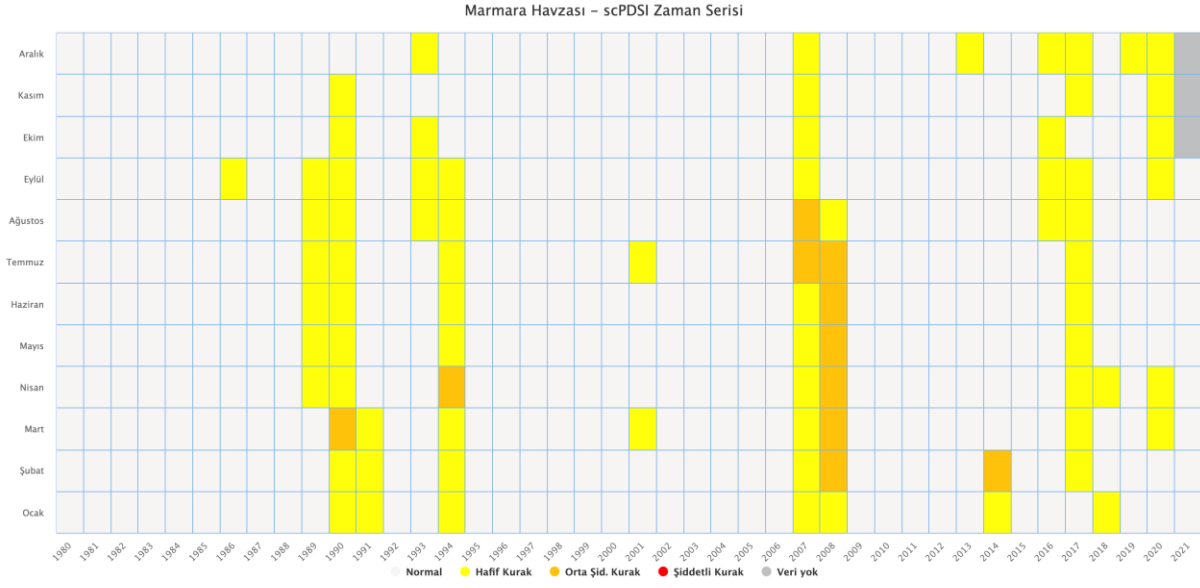
Bu çalışma kapsamında havza için scPDSI analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

Havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

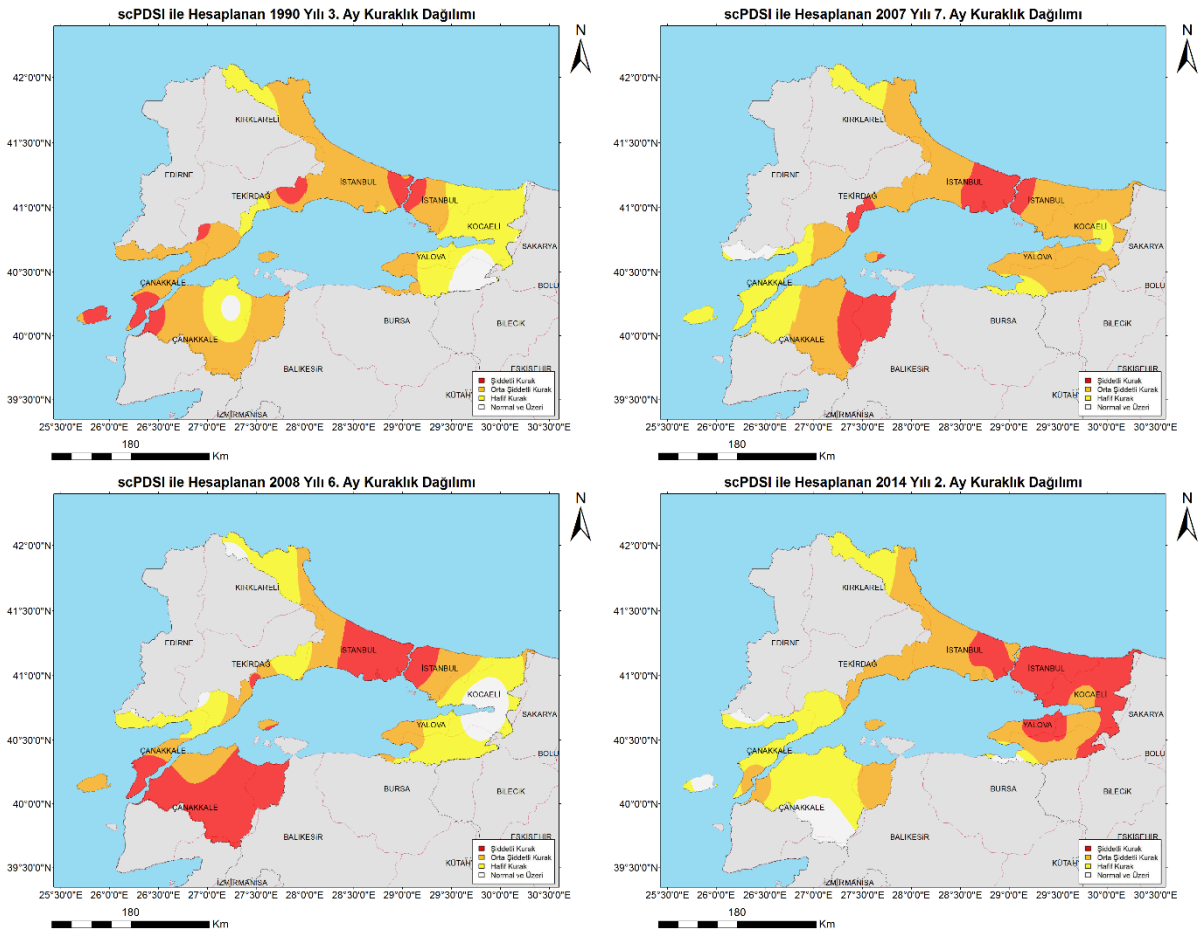
Ayrıca istasyon ve alt havza bazındaki analiz sonuçlarından farklı olarak havza bazındaki çizgisel grafiklerde en kurak aylar grafik üzerinde gösterilmektedir. Burada en kurak ay tercihi yapılırken aynı yılda birden fazla kurak ay varsa en kurak olan seçilmektedir. Seçilen 4 en kurak aya ilişkin ise grafiğin altında aylık bazdaki kuraklık şiddet haritaları gösterilerek kuraklığın alansal olarak dağılımı gösterilmektedir.



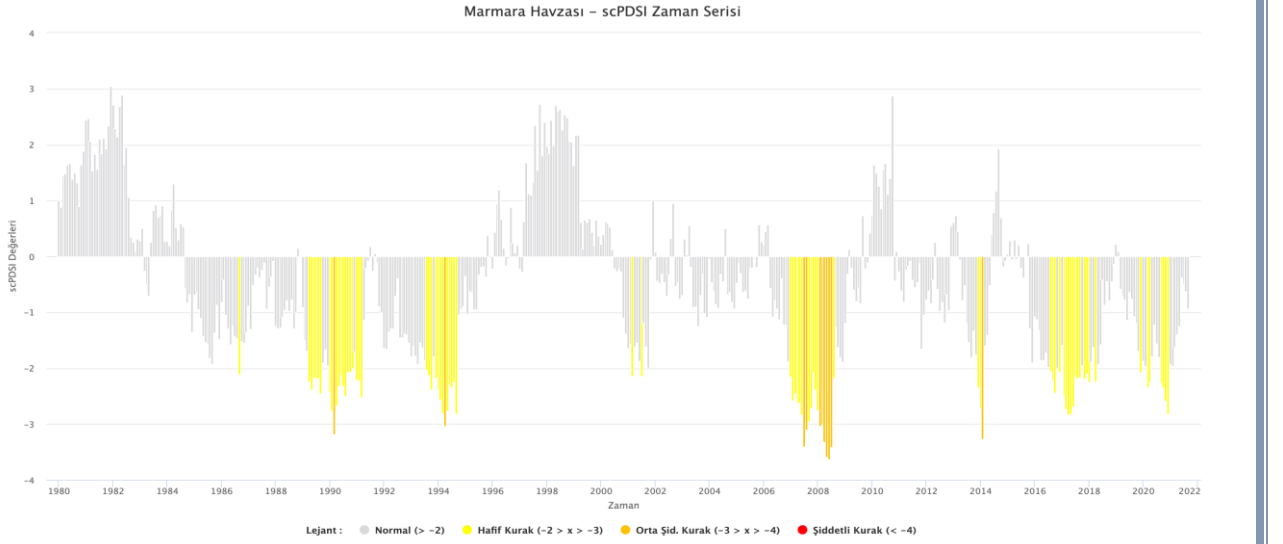
Şekil 3.23 Havza geneline ait scPDSI Çizgisel Grafiği



Şekil 3.24 Havza geneline ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.25 scPDSI İndisi En Kurak 4 aya ait haritalar



Şekil 3.26 Havza geneline ait scPDSI Bar Grafiği

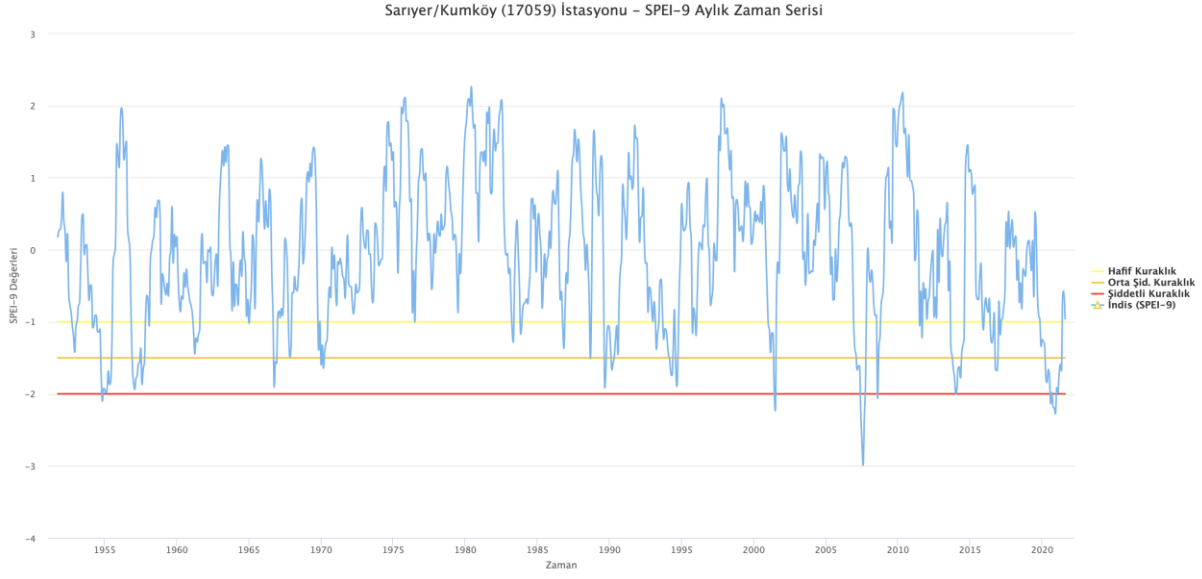
3.2.3. Standart Yağış-Buharlaşma İndisi (SPEI)

3.2.3.1. İstasyon Bazında SPEI Analiz Sonuçları

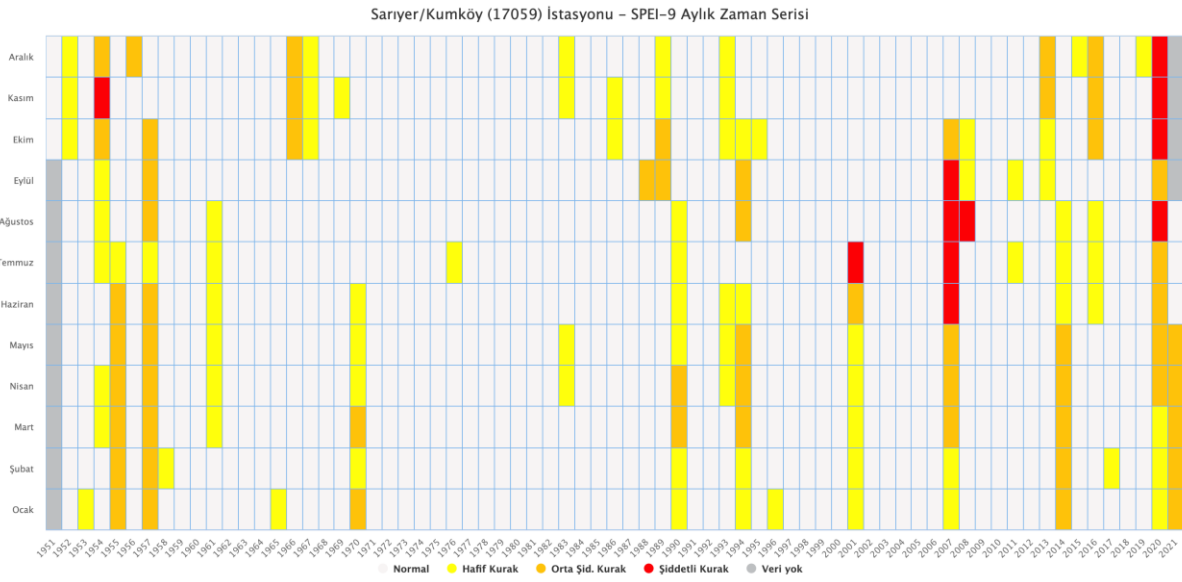
Bu çalışma kapsamında havza içerisinde 15, havza dışında ise 16 adet istasyonun SPEI analizleri yapılmıştır. Ana rapor kapsamında havzayı temsilen havza içindeki 2 adet istasyonun analizleri paylaşılmaktadır. Diğer istasyonların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

İstasyon bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

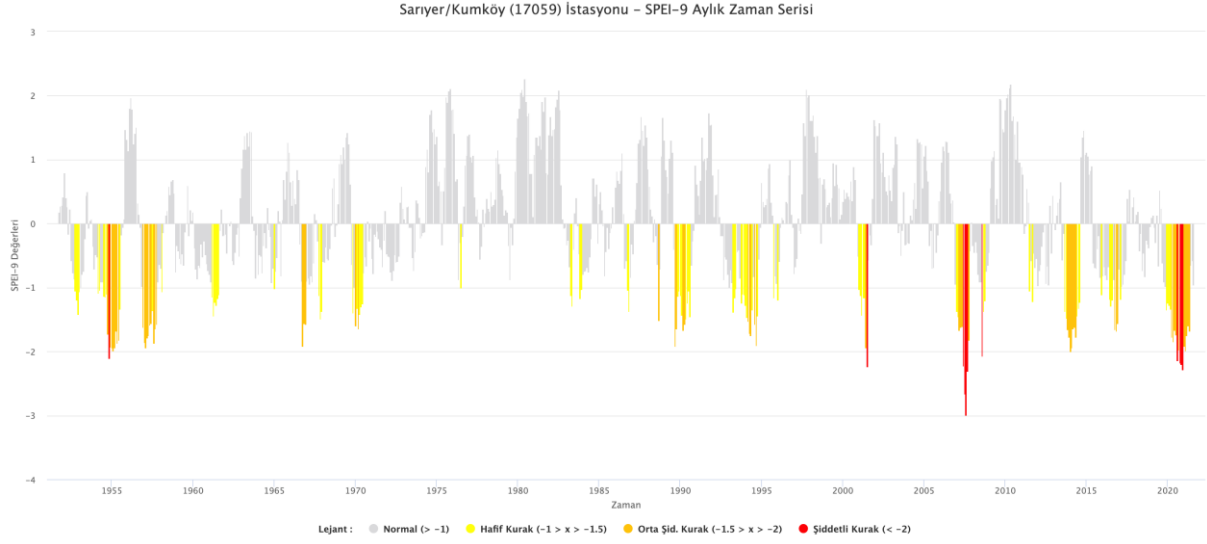
3.2.3.1.1. SPEI-9 Aylık Periyot



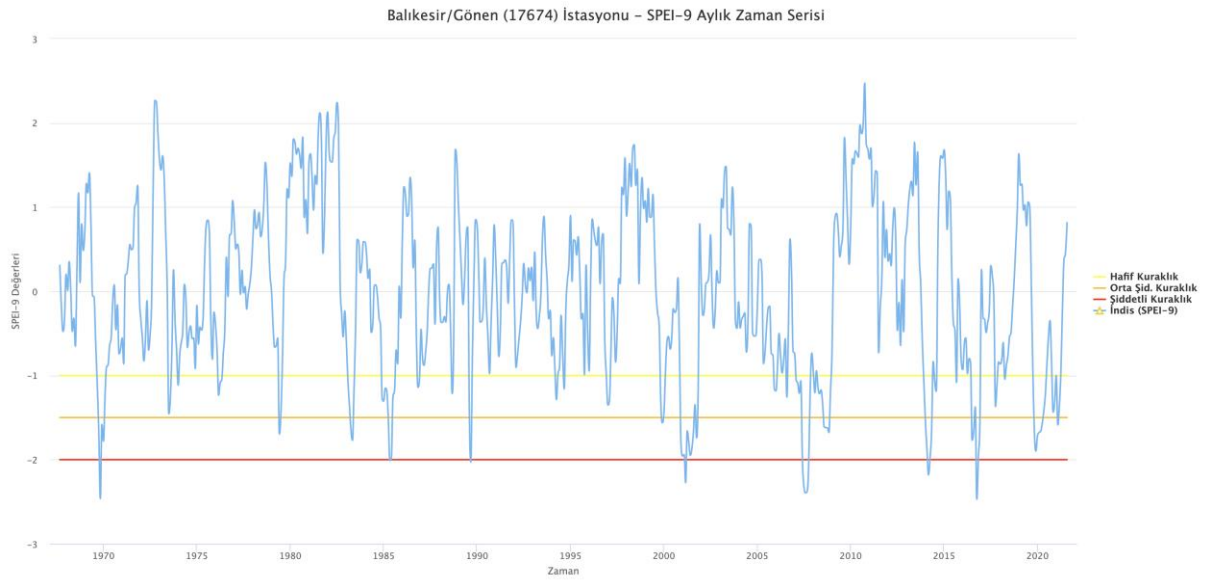
Şekil 3.27 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik



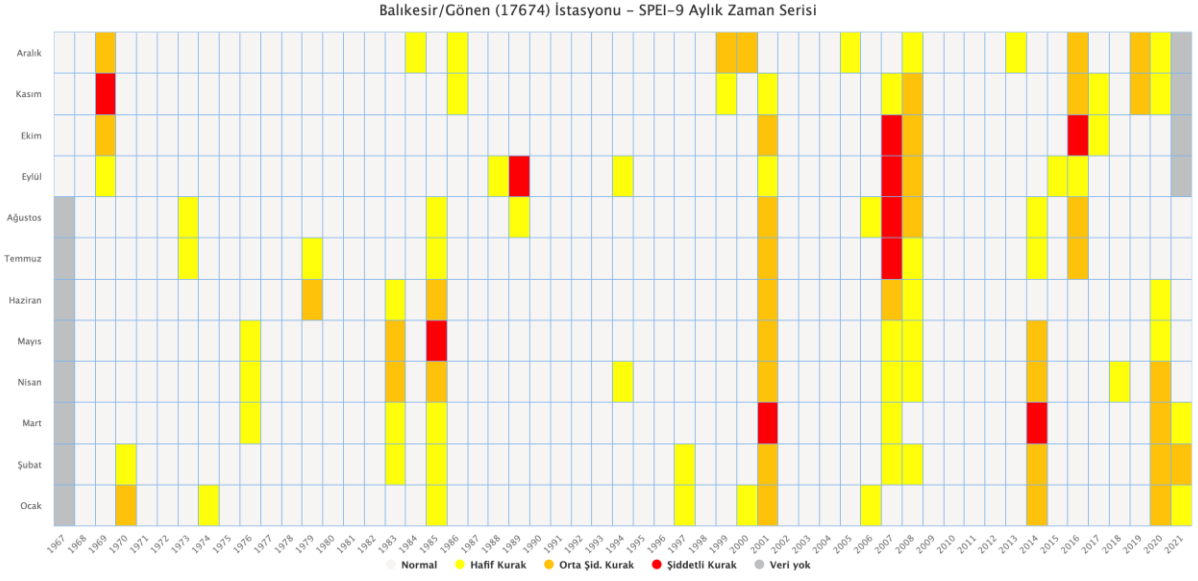
Şekil 3.28 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



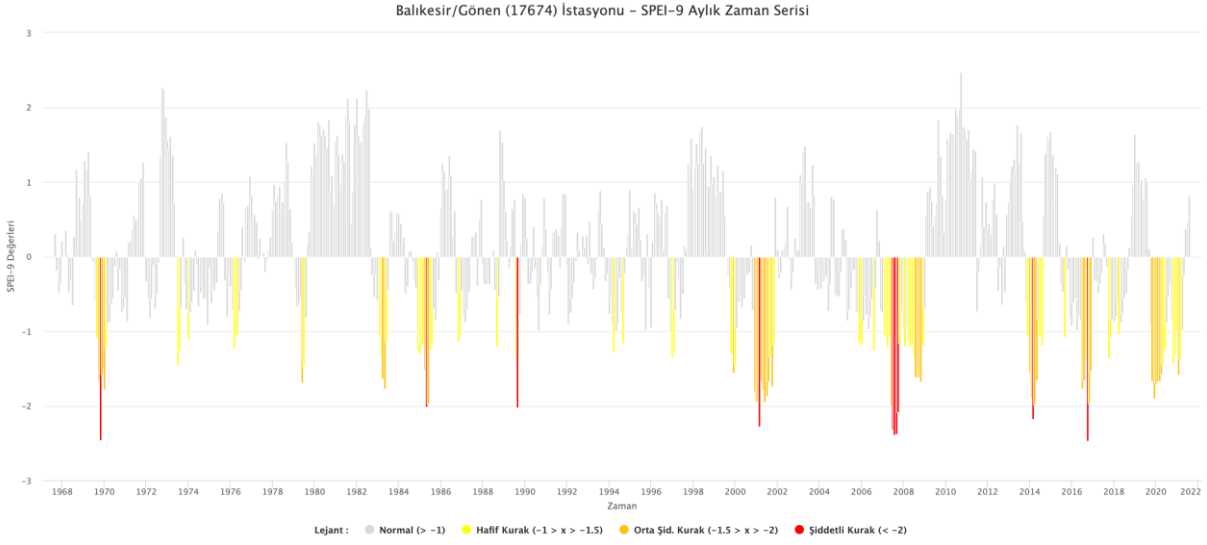
Şekil 3.29 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği



Şekil 3.30 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.31 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.32 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği

3.2.3.2. Alt Havza Bazında SPEI Analiz Sonuçları

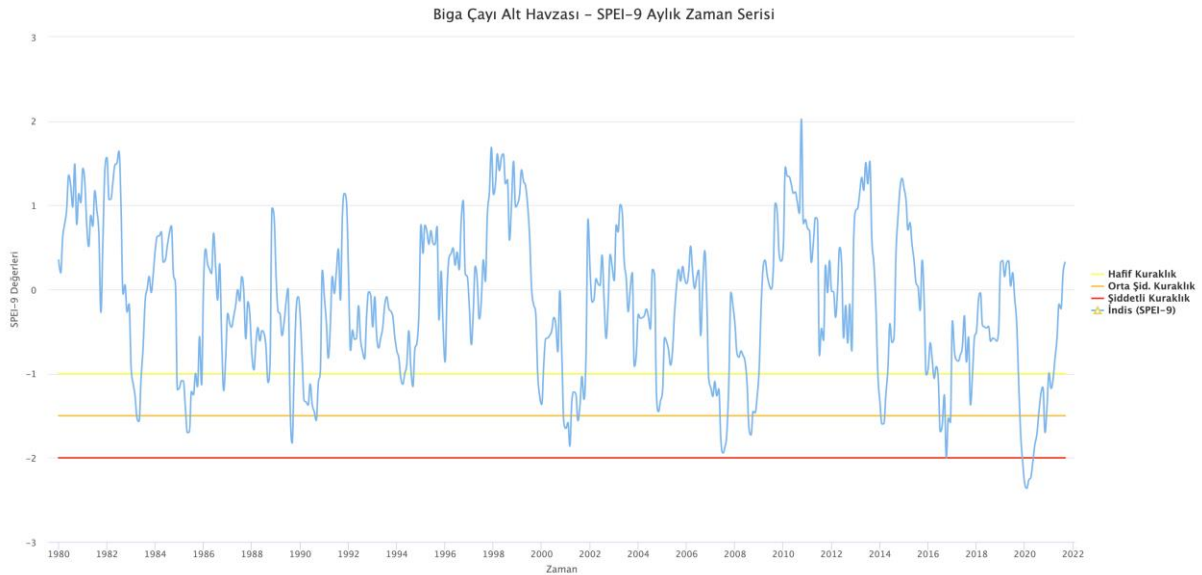
Bu çalışma kapsamında havza içerisinde bulunan tüm alt havzaların SPEI analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına

imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra her alt havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak o alt havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

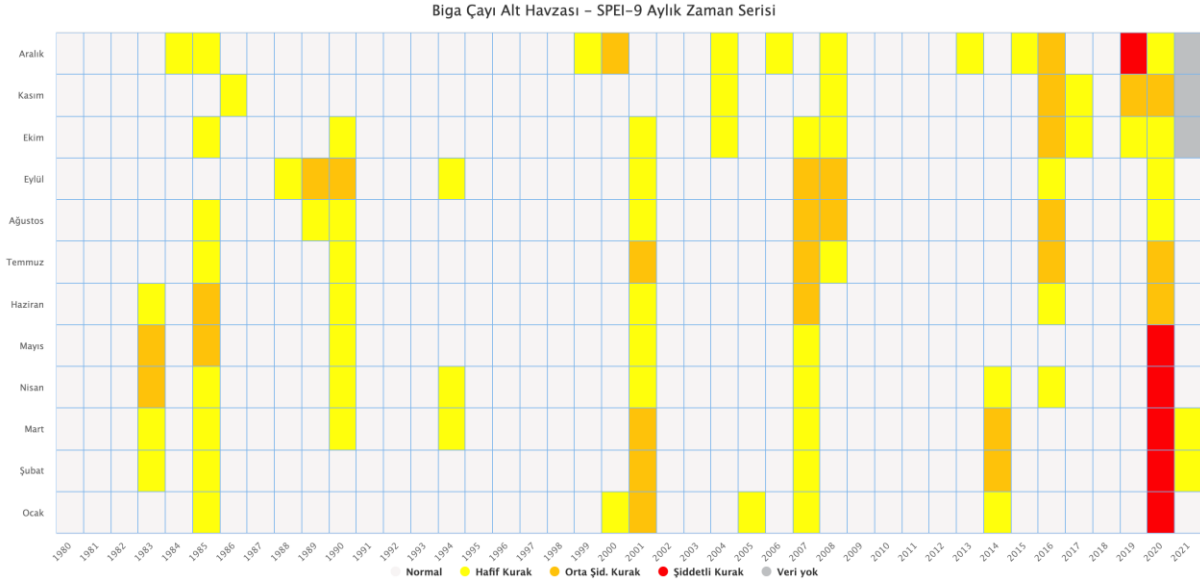
Ana rapor kapsamında havzayı temsilen 2 büyük alt havzanın (Biga Çayı ve Ağva Deresi Alt Havzaları) analizleri paylaşılmaktadır. Diğer alt havzaların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

Alt havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

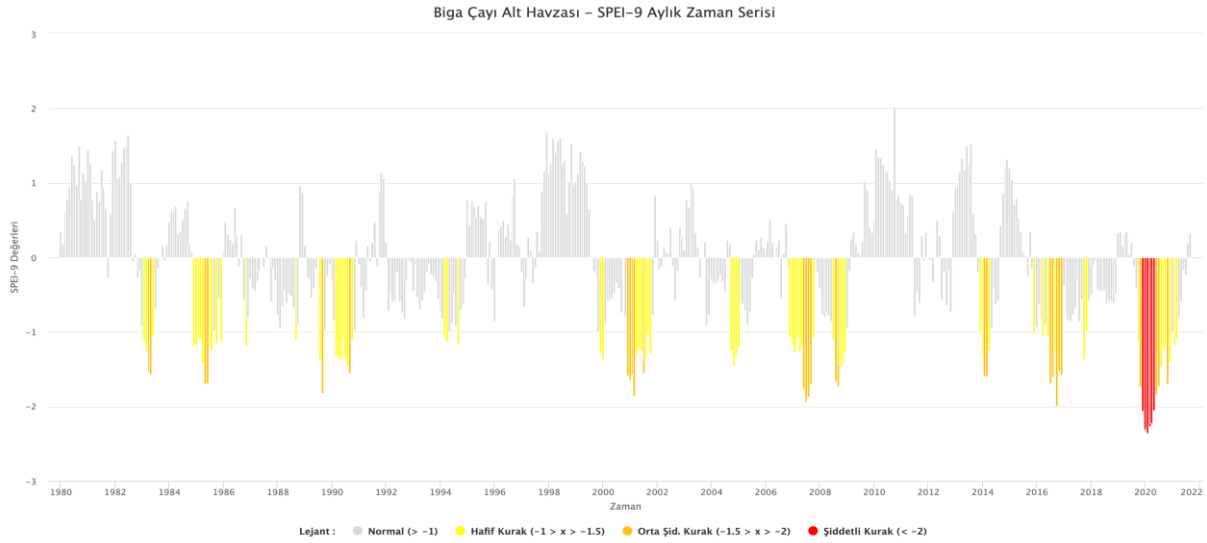
3.2.3.2.1. SPEI-9 Aylık Periyot



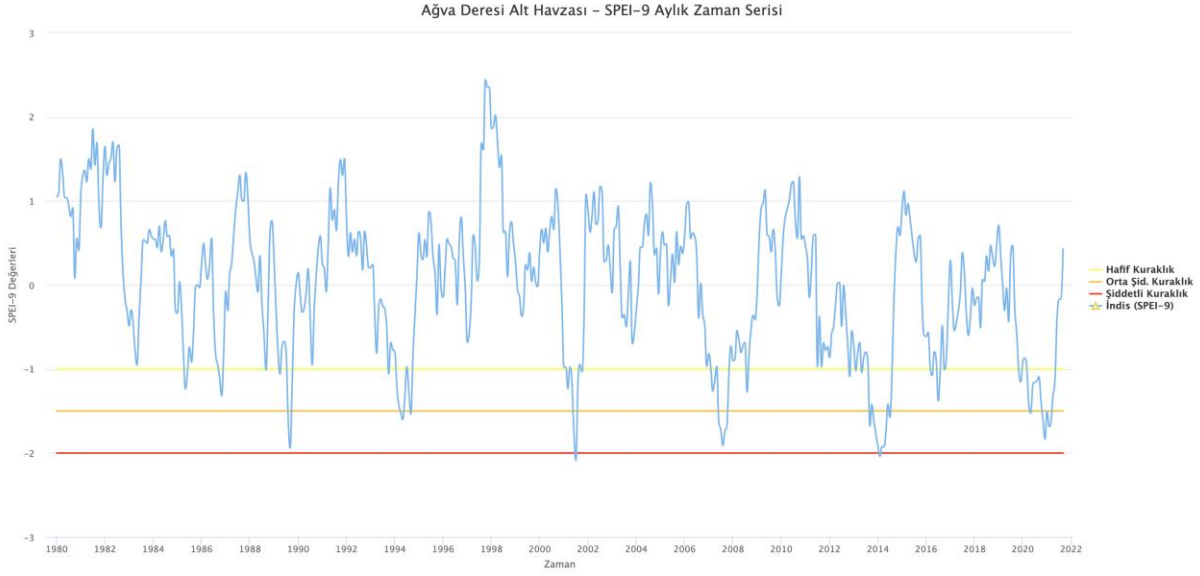
Şekil 3.33 Biga Çayı Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik



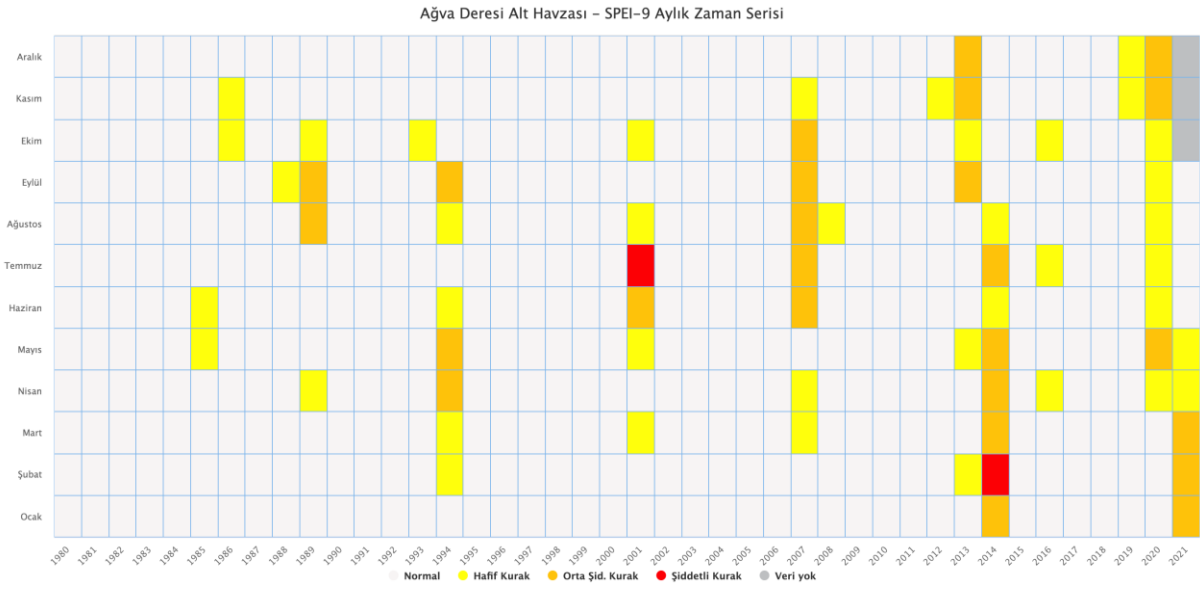
Şekil 3.34 Biga Çayı Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



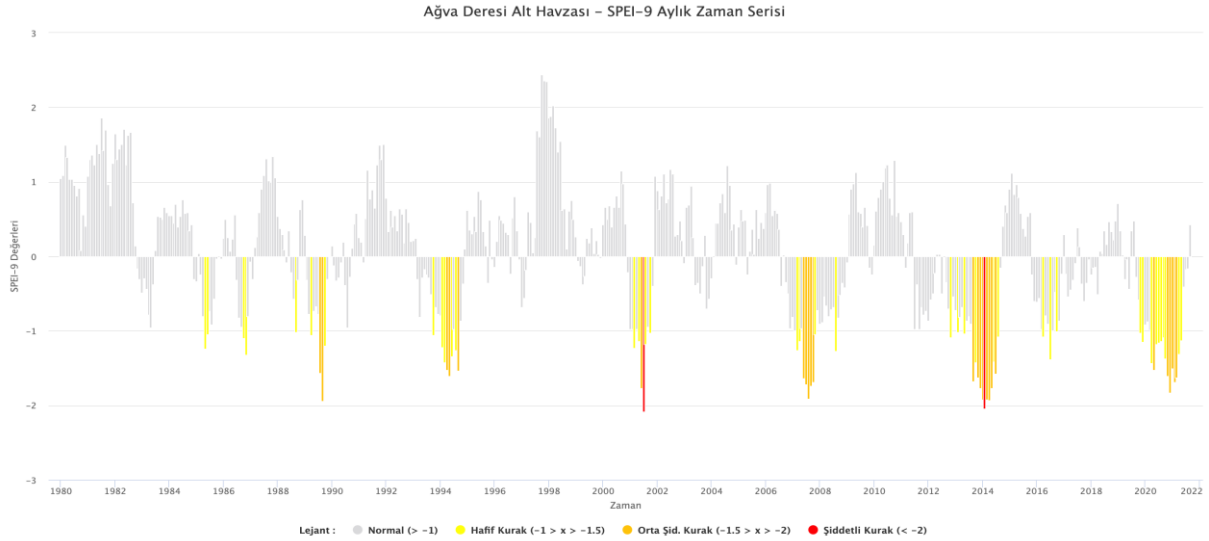
Şekil 3.35 Biga Çayı Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği



Şekil 3.36 Ağva Deresi Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.37 Ağva Deresi Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.38 Ağva Deresi Alt Havzasına ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği

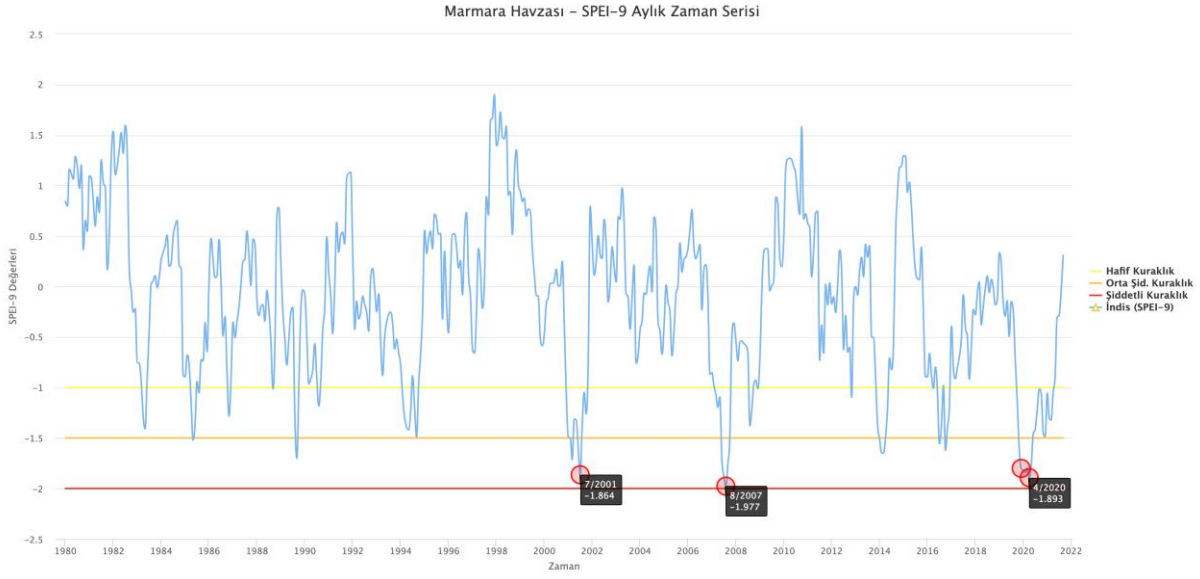
3.2.3.3. Havza Bazında SPEI Analiz Sonuçları

Bu çalışma kapsamında havza için SPEI analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

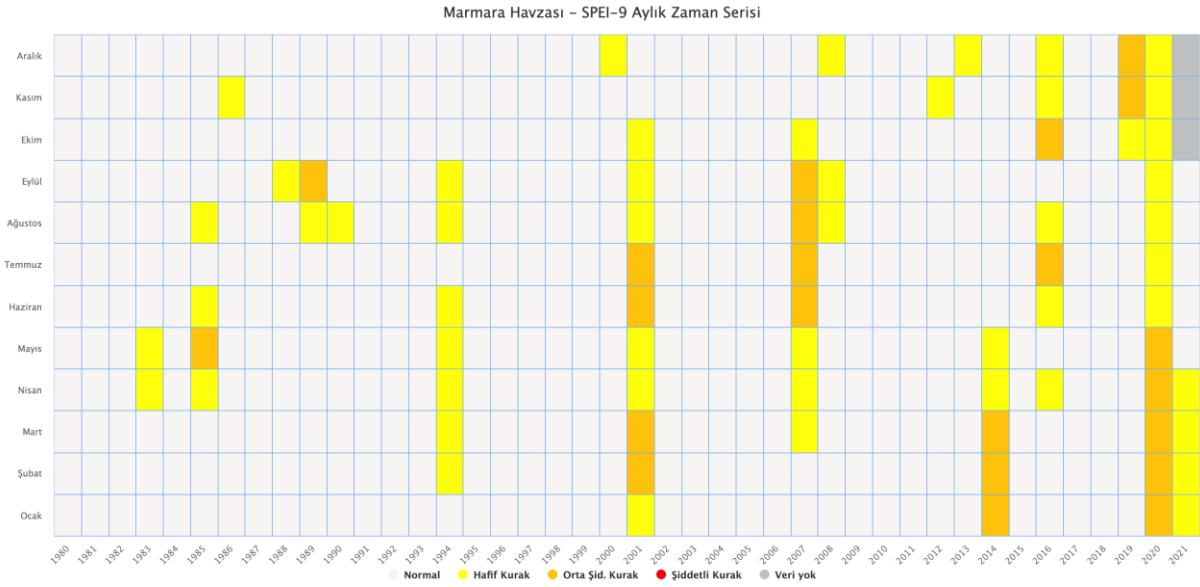
Havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

Ayrıca istasyon ve alt havza bazındaki analiz sonuçlarından farklı olarak havza bazındaki çizgisel grafiklerde en kurak aylar grafik üzerinde gösterilmektedir. Burada en kurak ay tercihi yapılırken aynı yılda birden fazla kurak ay varsa en kurak olan seçilmektedir. Seçilen 4 en kurak aya ilişkin ise grafiğin altında aylık bazdaki kuraklık şiddet haritaları gösterilerek kuraklığın alansal olarak dağılımı gösterilmektedir.

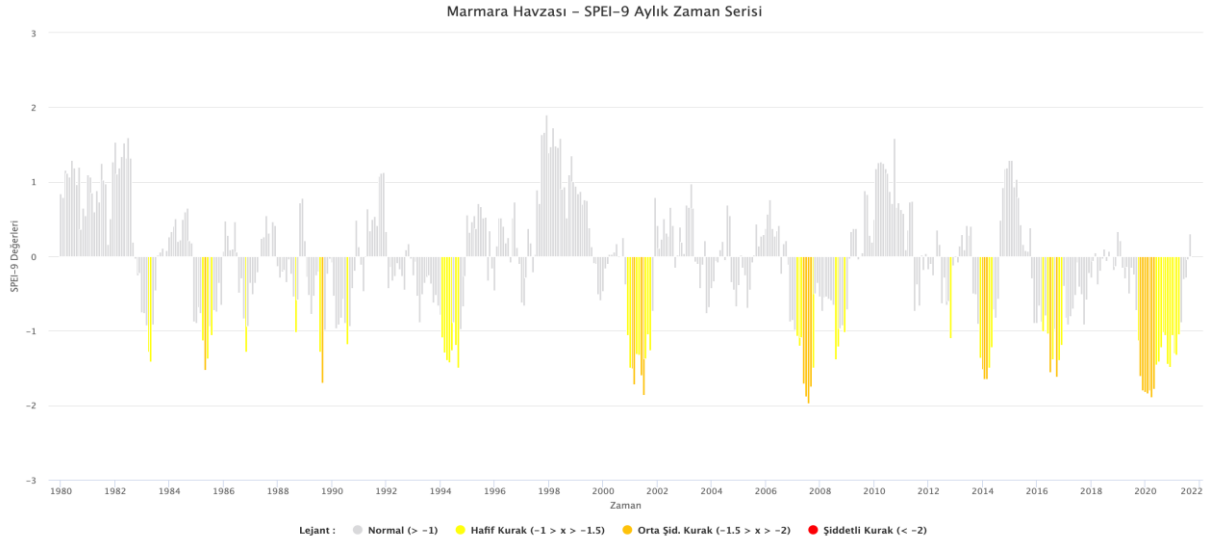
3.2.3.3.1. SPEI-9 Aylık Periyot



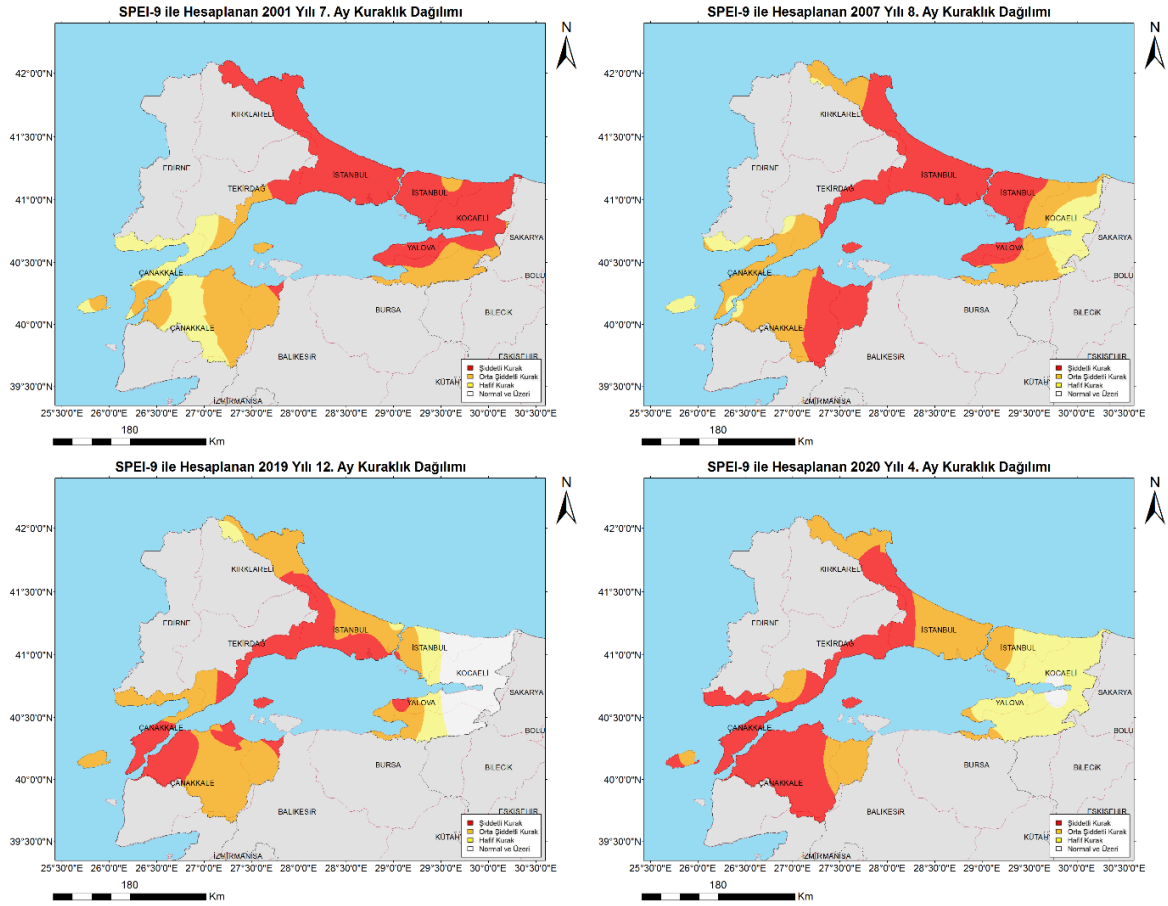
Şekil 3.39 Havza geneline ait SPEI 9 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.40 Havza geneline ait SPEI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği

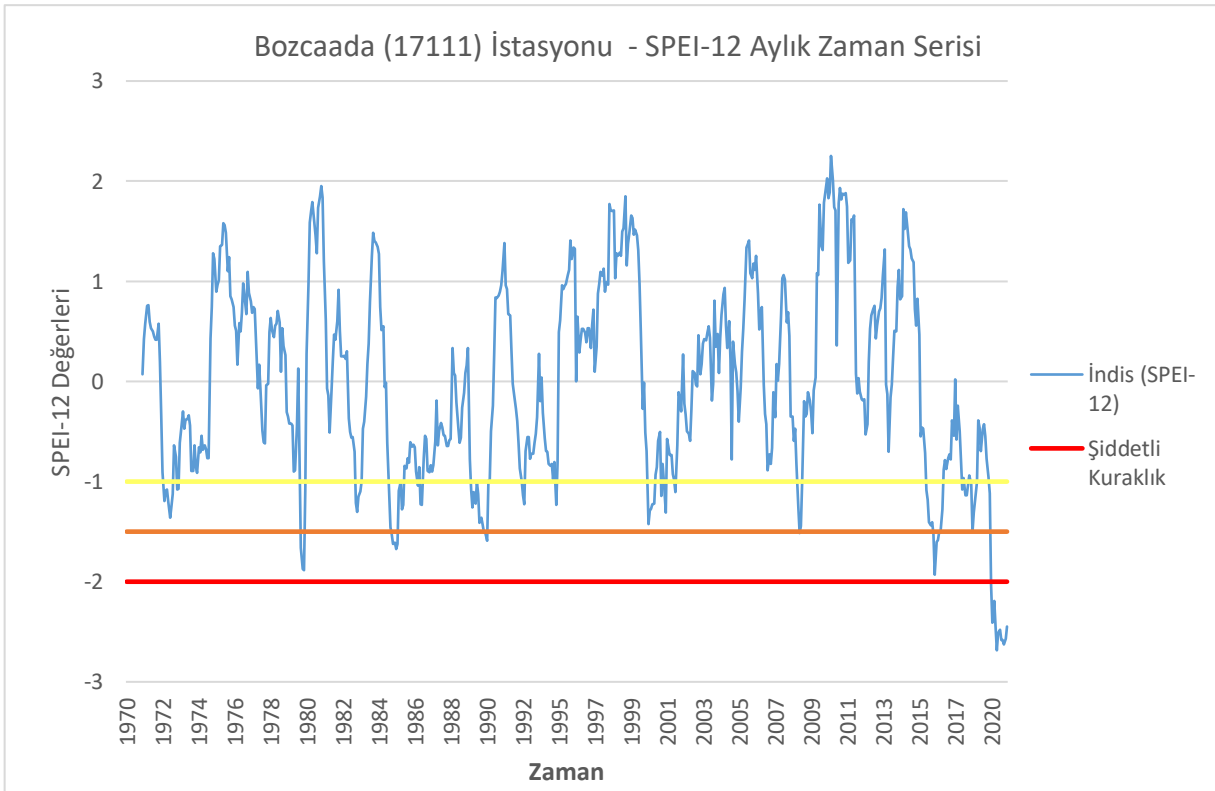
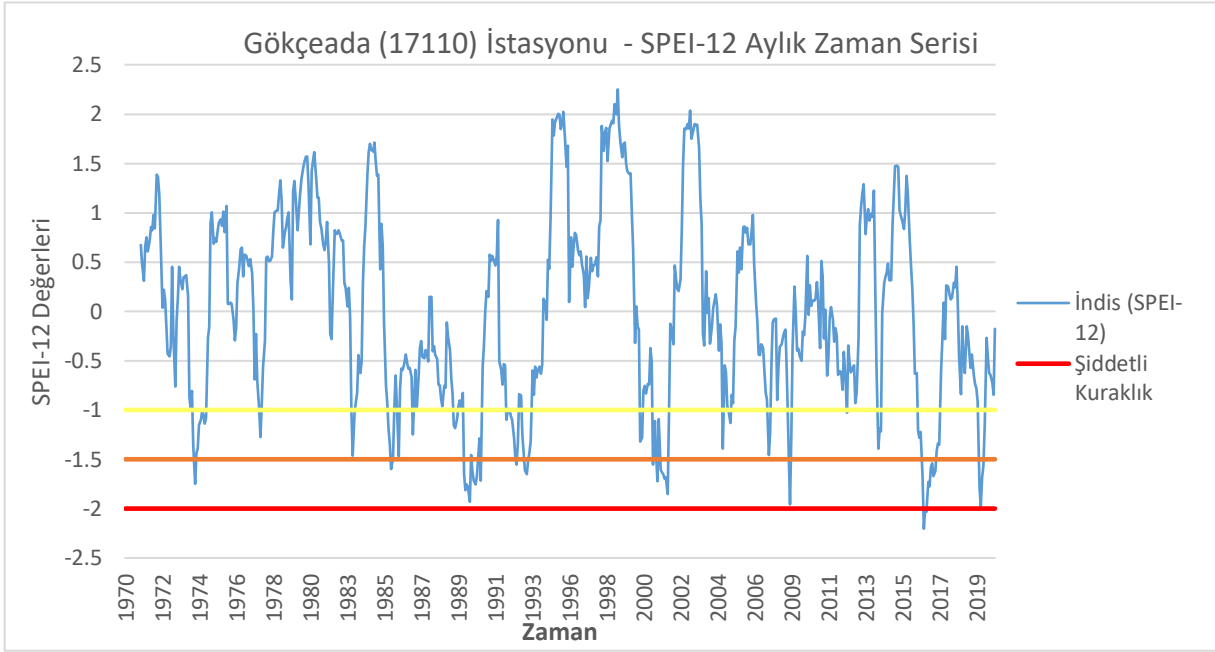


Şekil 3.41 Havza geneline ait SPEI 9 Aylık Bar Grafiği



Şekil 3.42 SPEI 9 Aylık En Kurak 4 aya ait haritalar

3.2.3.3.2. Gökçeada ve Bozcaada SPEI Sonuçları



Şekil 3.43 SPEI 12 Aylık Gökçeada ve Bozcaada Sonuçları

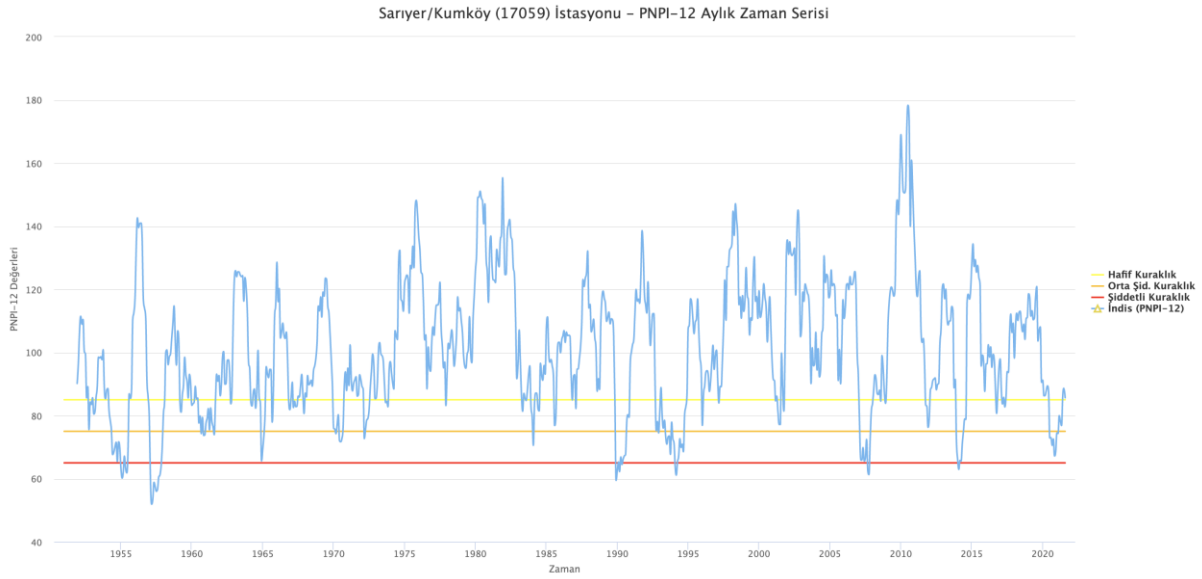
3.2.4. Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI)

3.2.4.1. İstasyon Bazında PNPI Analiz Sonuçları

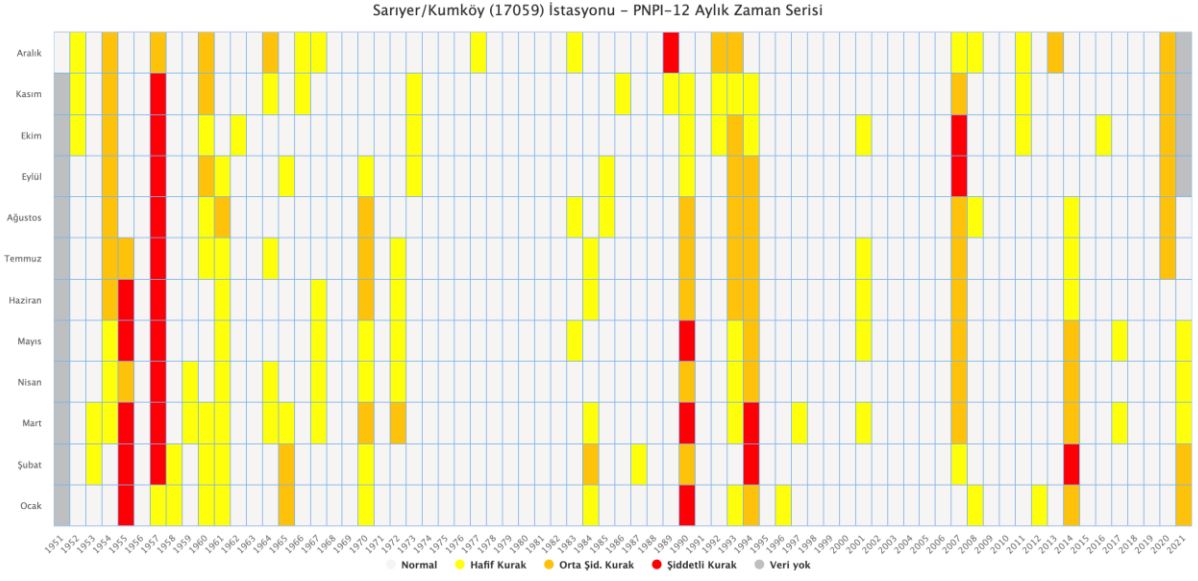
Bu çalışma kapsamında havza içerisinde 15, havza dışında ise 16 adet istasyonun PNPI analizleri yapılmıştır. Ana rapor kapsamında havzayı temsilen havza içindeki 2 adet istasyonun analizleri paylaşılmaktadır. Diğer istasyonların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

İstasyon bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

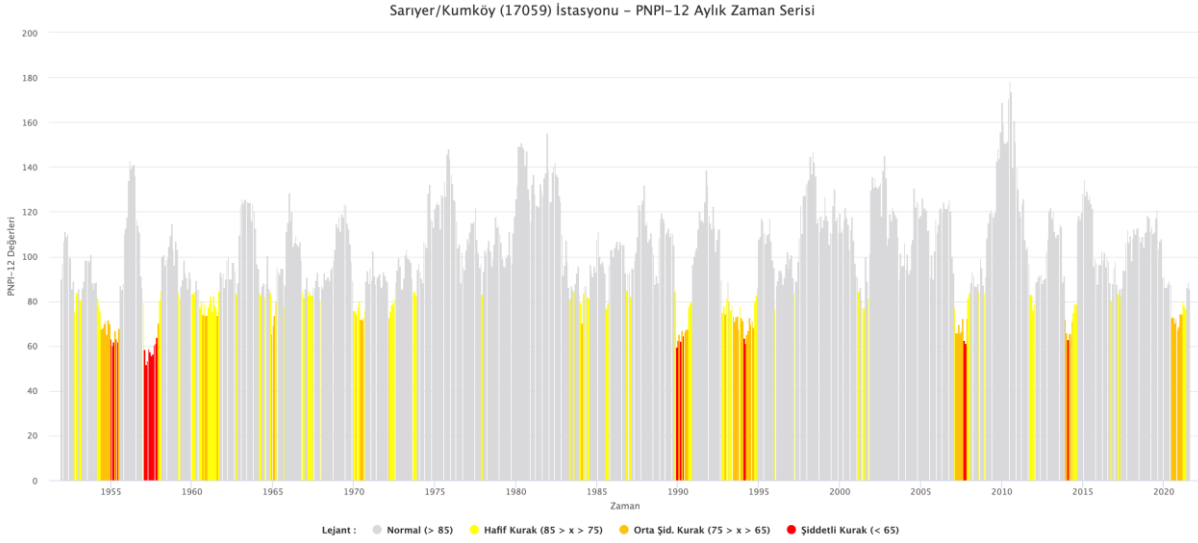
3.2.4.1.1. PNPI-12 Aylık Periyot



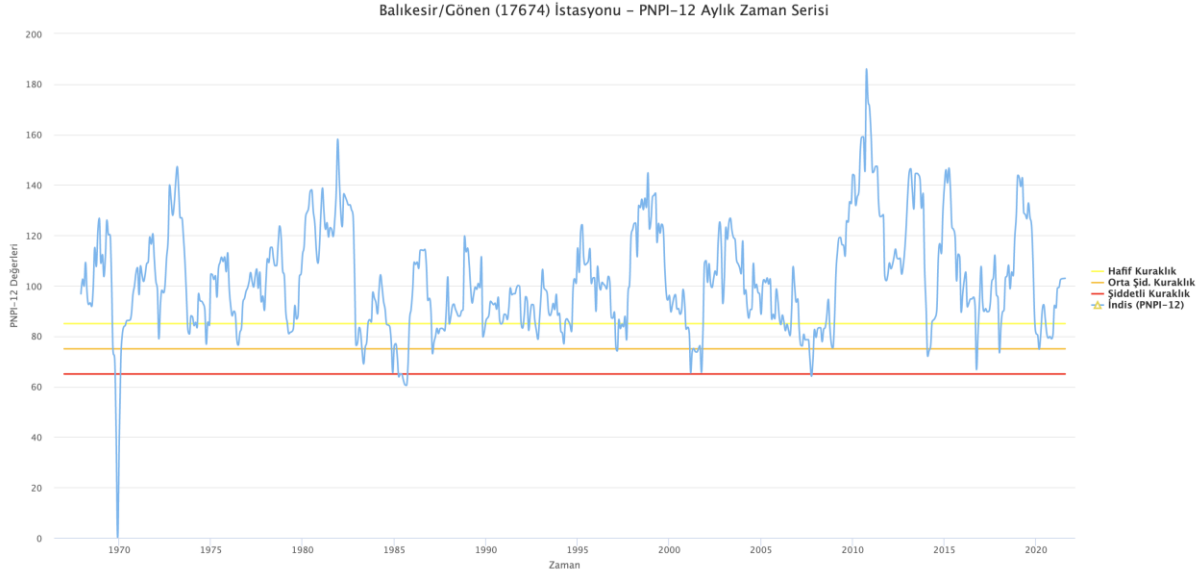
Şekil 3.44 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik



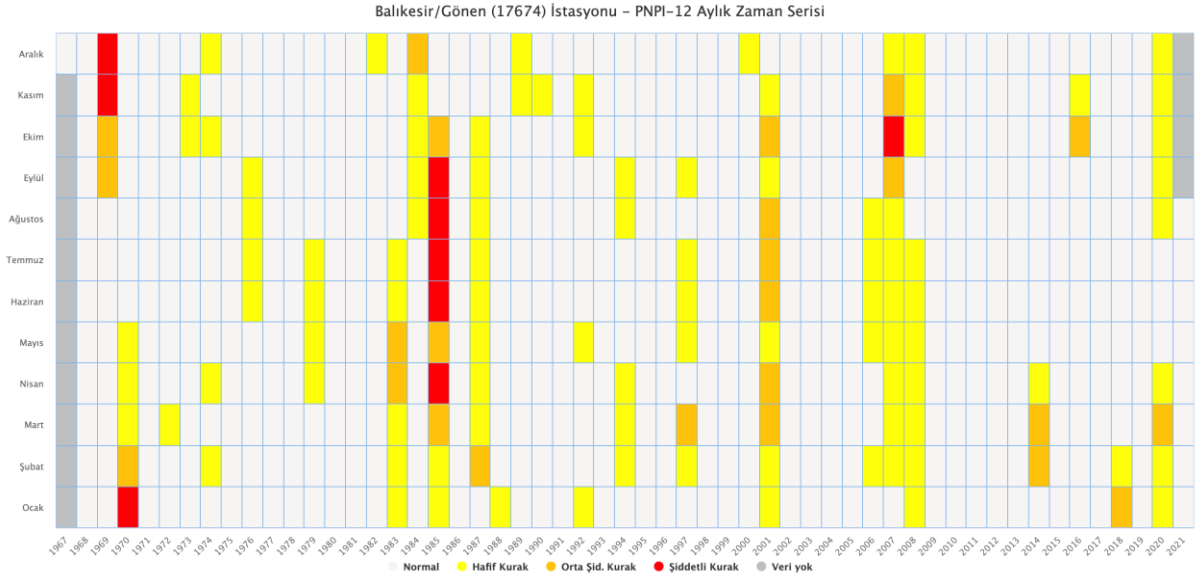
Şekil 3.45 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



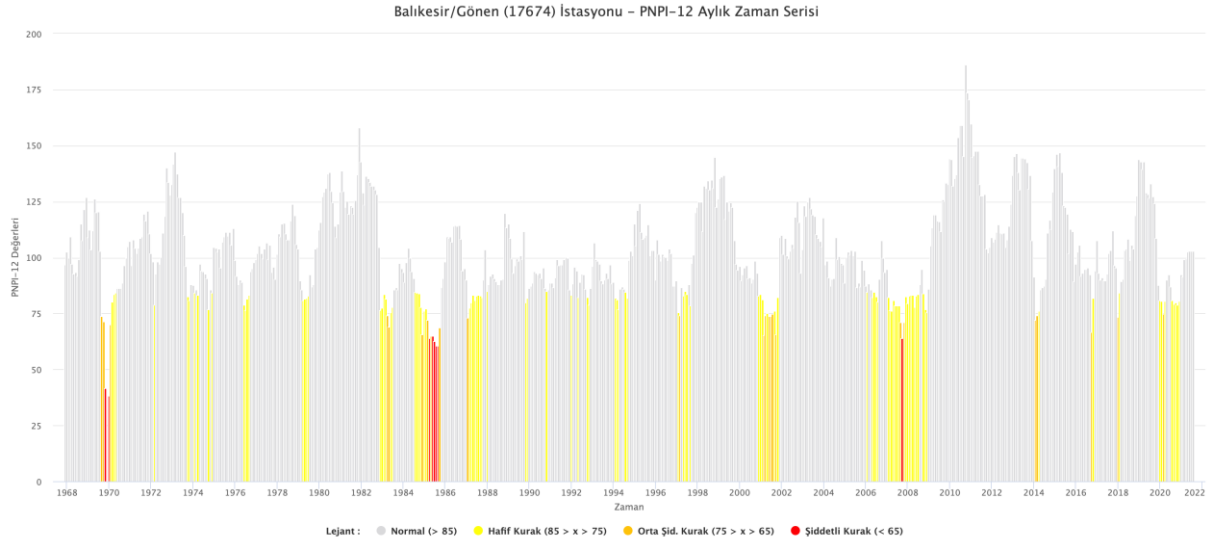
Şekil 3.46 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği



Şekil 3.47 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.48 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.49 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği

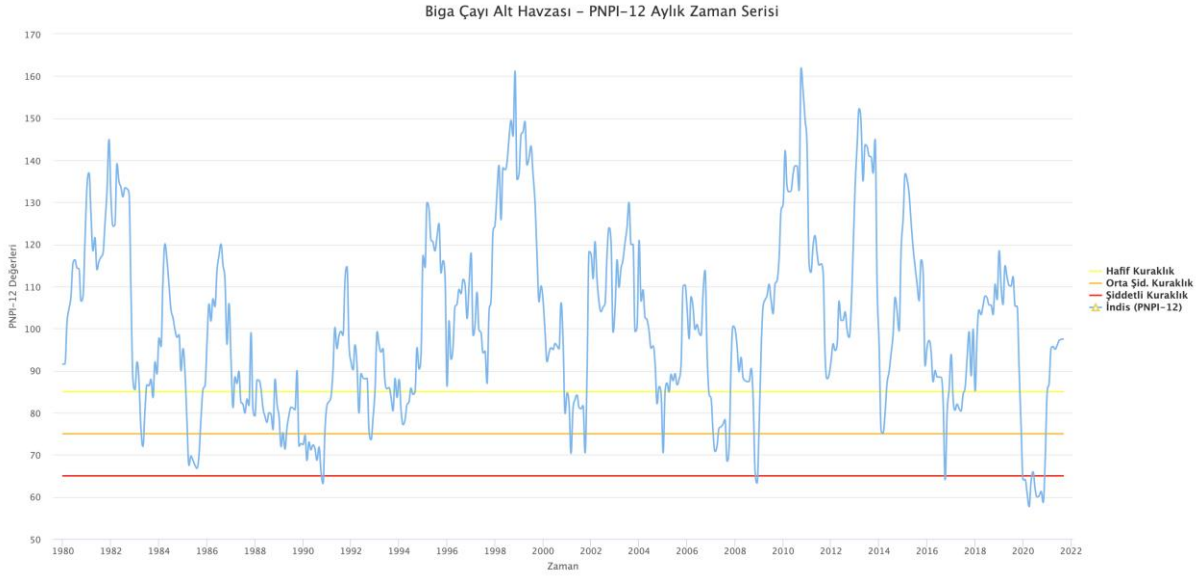
3.2.4.2. Alt Havza Bazında PNPI Analiz Sonuçları

Bu çalışma kapsamında havza için PNPI analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

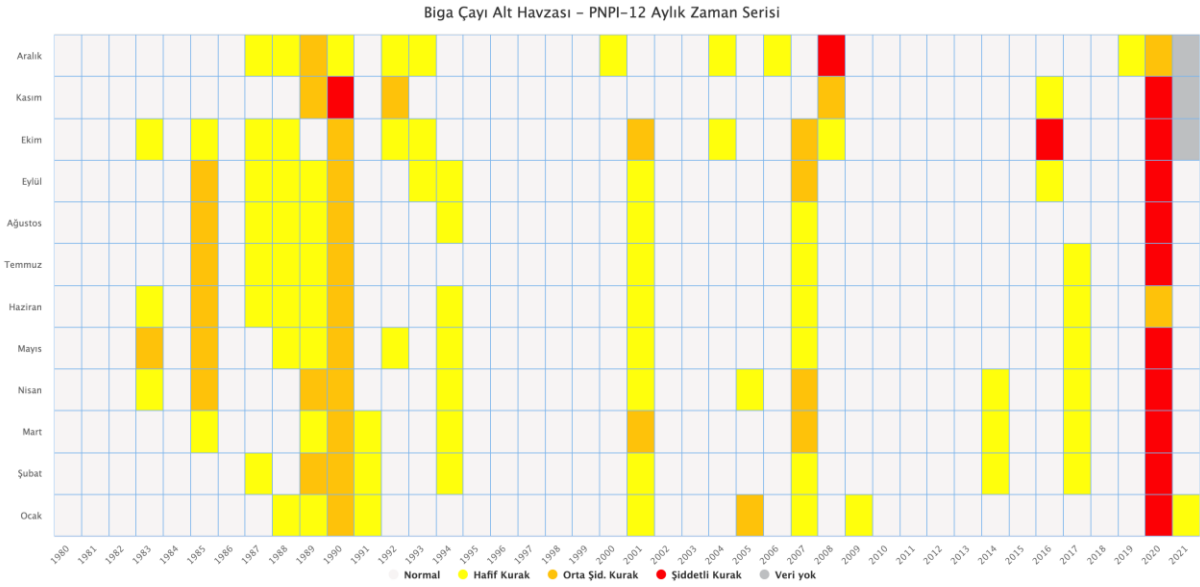
Havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

Ayrıca istasyon ve alt havza bazındaki analiz sonuçlarından farklı olarak havza bazındaki çizgisel grafiklerde en kurak aylar grafik üzerinde gösterilmektedir. Burada en kurak ay tercihi yapılırken aynı yılda birden fazla kurak ay varsa en kurak olan seçilmektedir. Seçilen 4 en kurak aya ilişkin ise grafiğin altında aylık bazdaki kuraklık şiddet haritaları gösterilerek kuraklığın alansal olarak dağılımı gösterilmektedir.

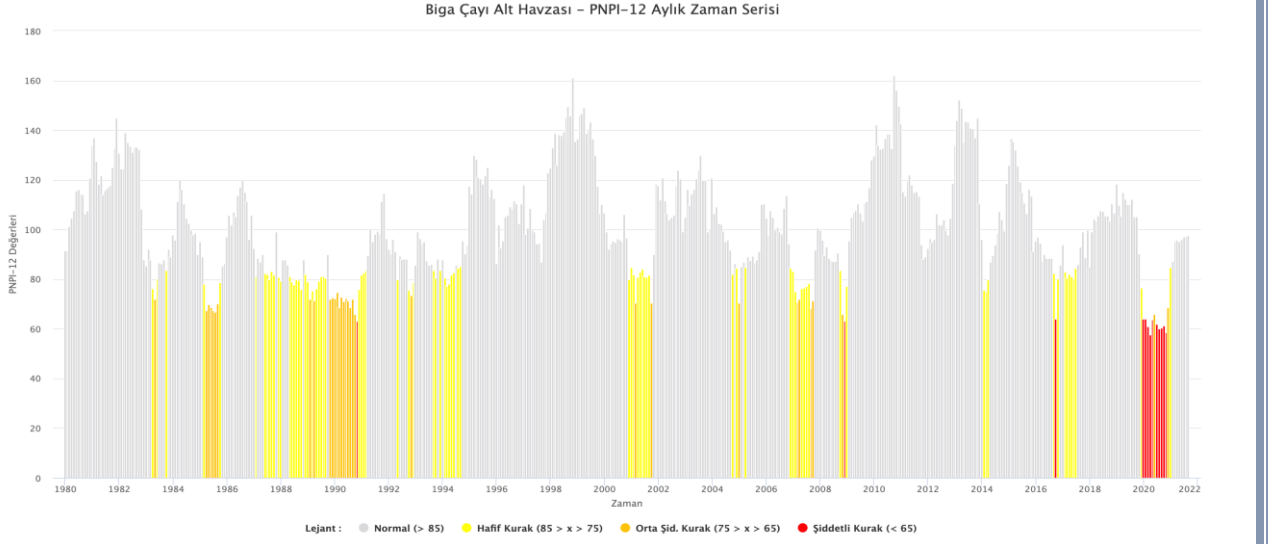
3.2.4.2.1. PNPI-12 Aylık Periyot



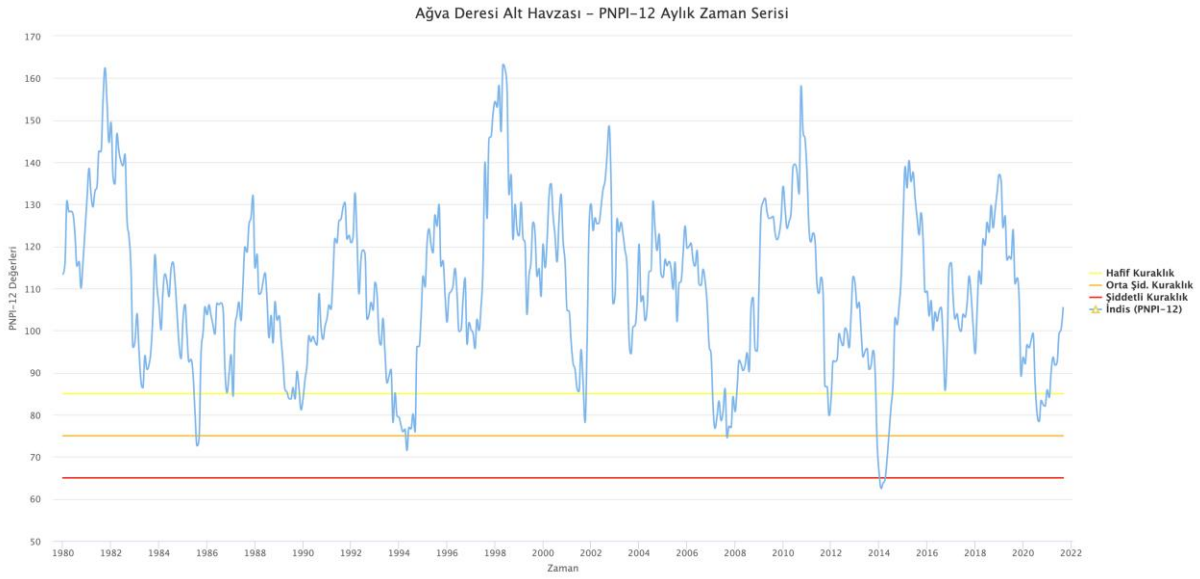
Şekil 3.50 Biga Çayı Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik



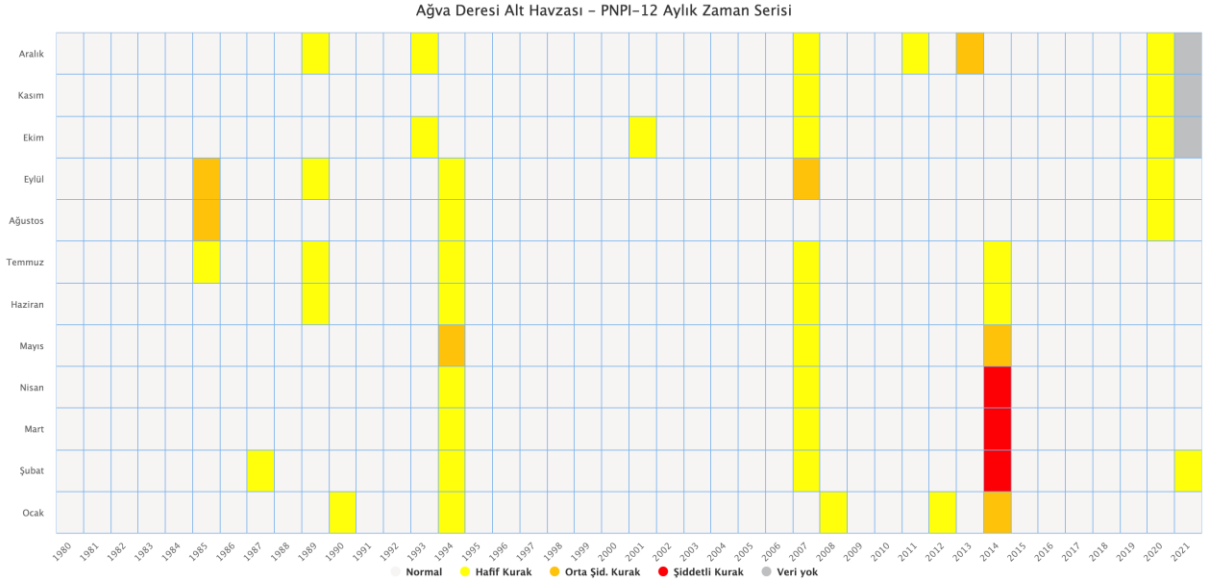
Şekil 3.51 Biga Çayı Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafığı



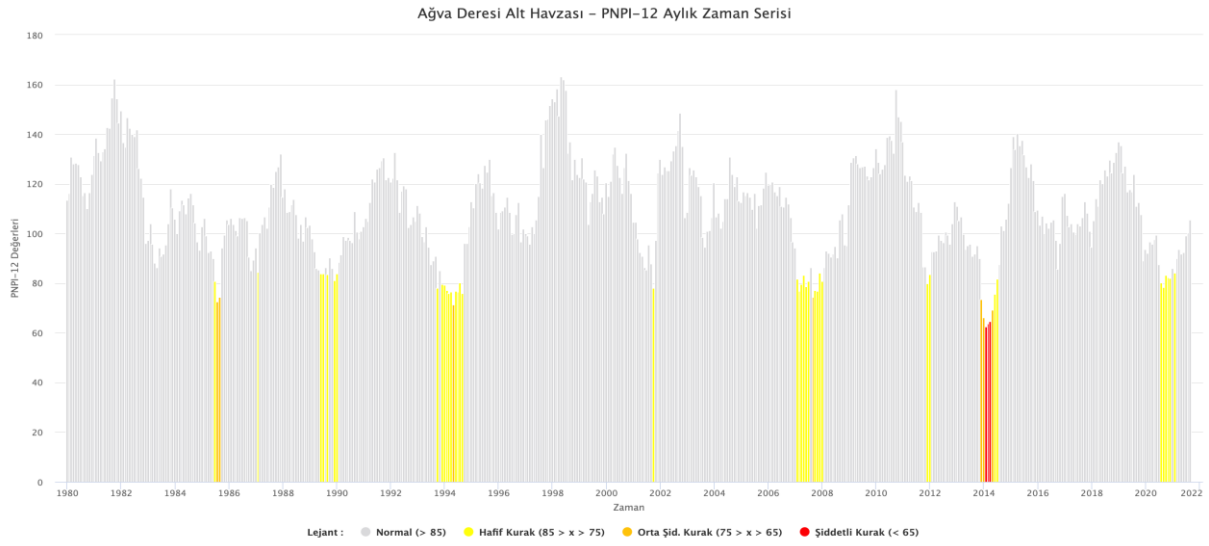
Şekil 3.52 Biga Çayı Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği



Şekil 3.53 Ağva Deresi Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.54 Ağva Deresi Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.55 Ağva Deresi Alt Havzasına ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği

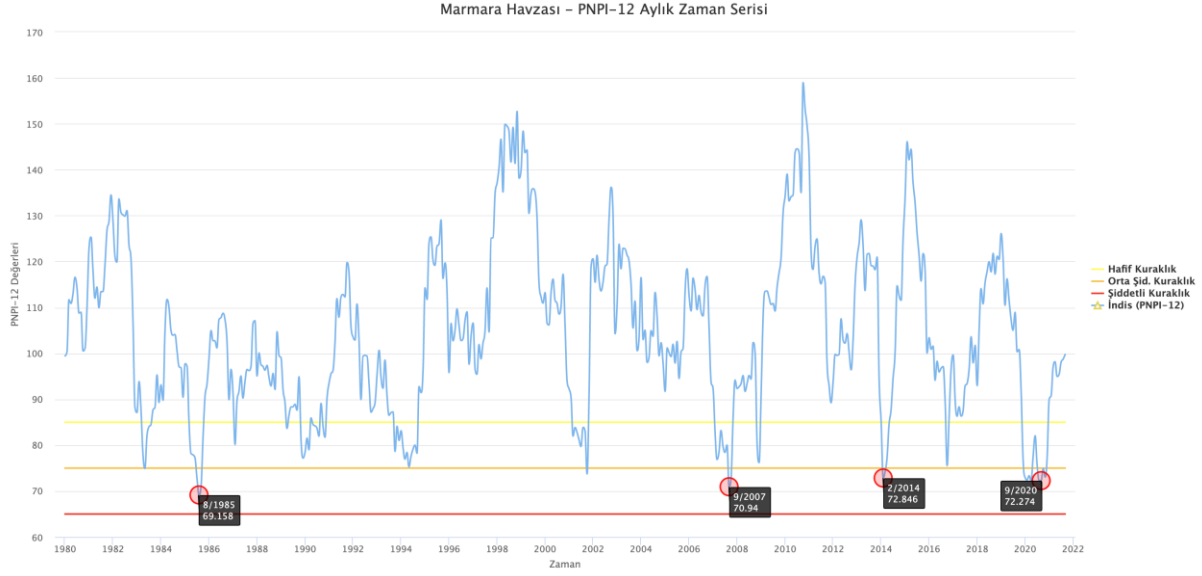
3.2.4.3. Havza Bazında PNPI Analiz Sonuçları

Bu çalışma kapsamında havza için PNPI analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

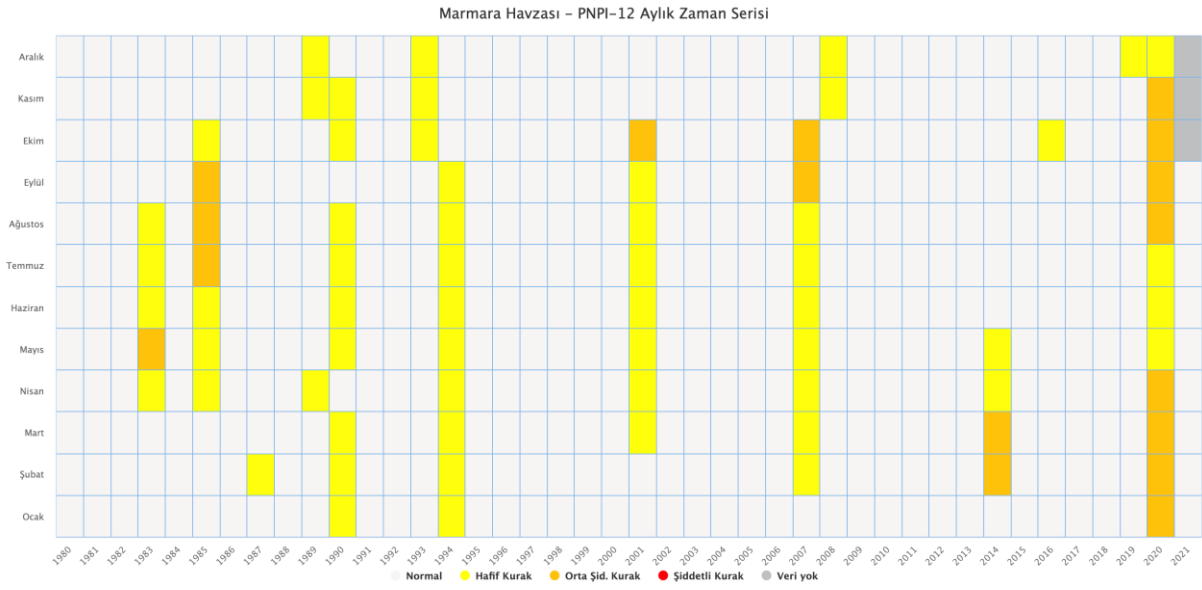
Havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

Ayrıca istasyon ve alt havza bazındaki analiz sonuçlarından farklı olarak havza bazındaki çizgisel grafiklerde en kurak aylar grafik üzerinde gösterilmektedir. Burada en kurak ay tercihi yapılırken aynı yılda birden fazla kurak ay varsa en kurak olan seçilmektedir. Seçilen 4 en kurak aya ilişkin ise grafiğin altında aylık bazdaki kuraklık şiddet haritaları gösterilerek kuraklığın alansal olarak dağılımı gösterilmektedir.

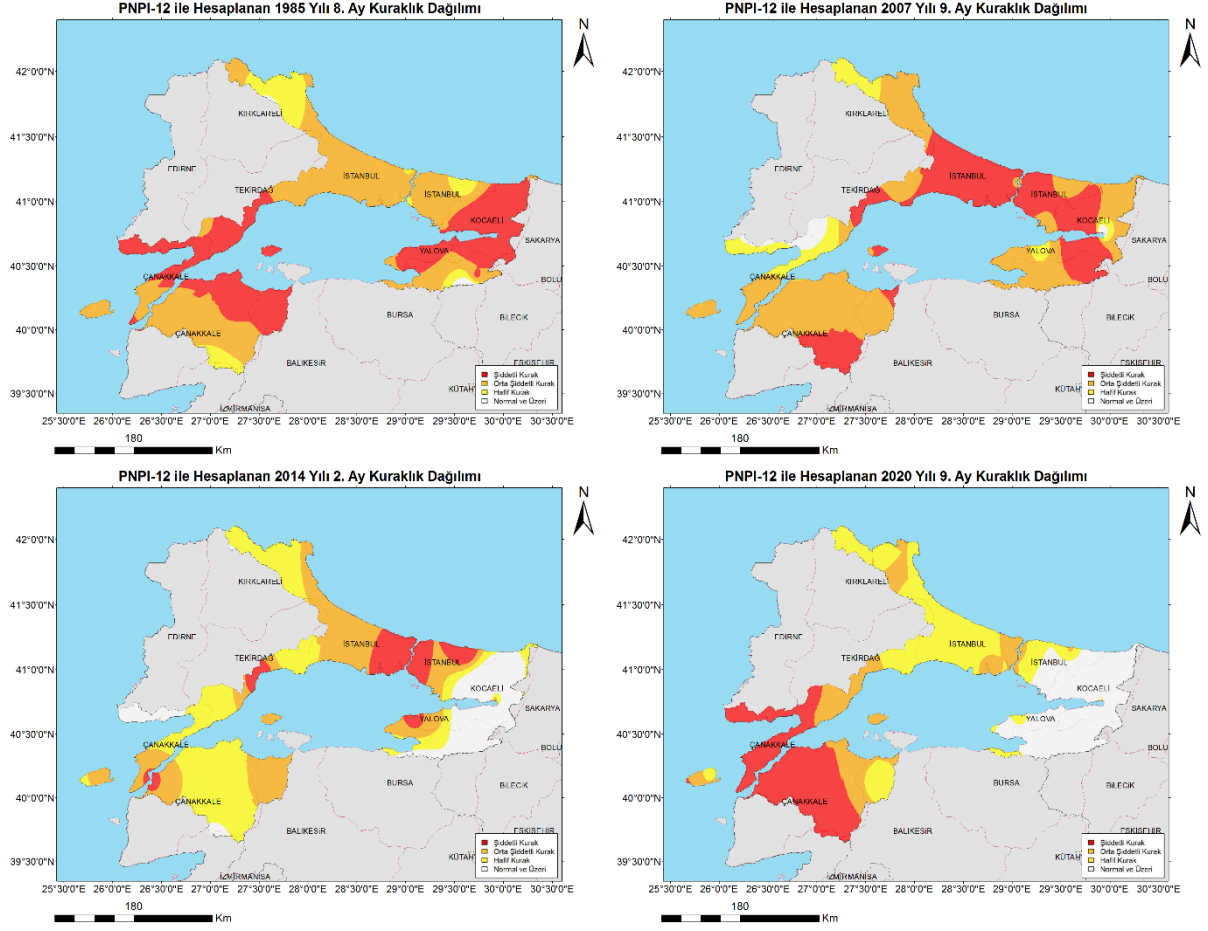
3.2.4.3.1. PNPI-12 Aylık Periyot



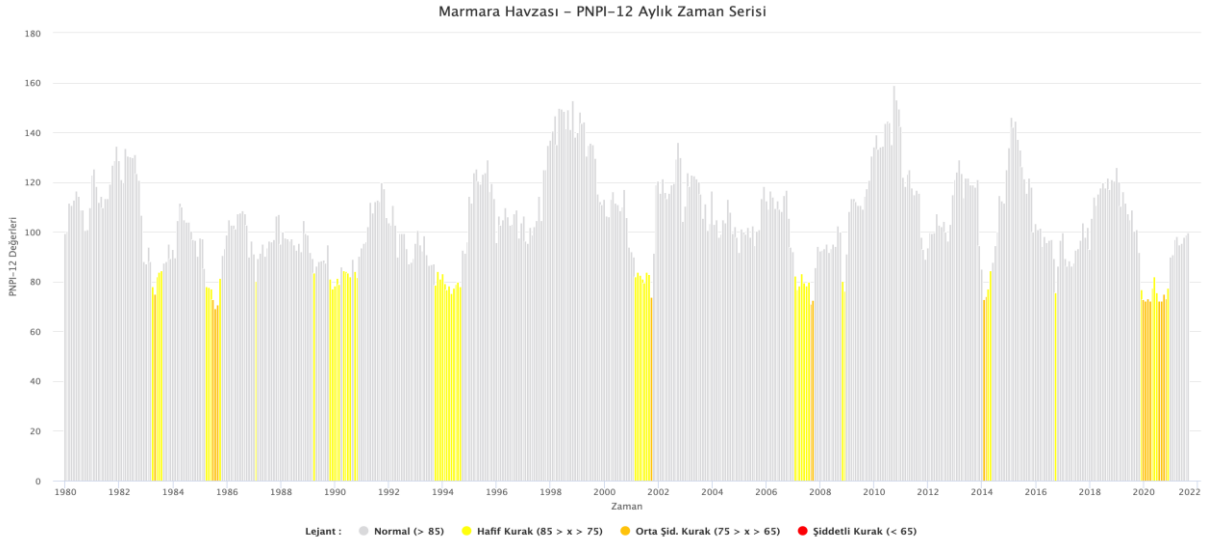
Şekil 3.56 Havza geneline ait PNPI 12 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.57 Havza geneline ait PNPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.58 PNPI 12 Aylık En Kurak 4 aya ait haritalar



Şekil 3.59 Havza geneline ait PNPI 12 Aylık Bar Grafiği

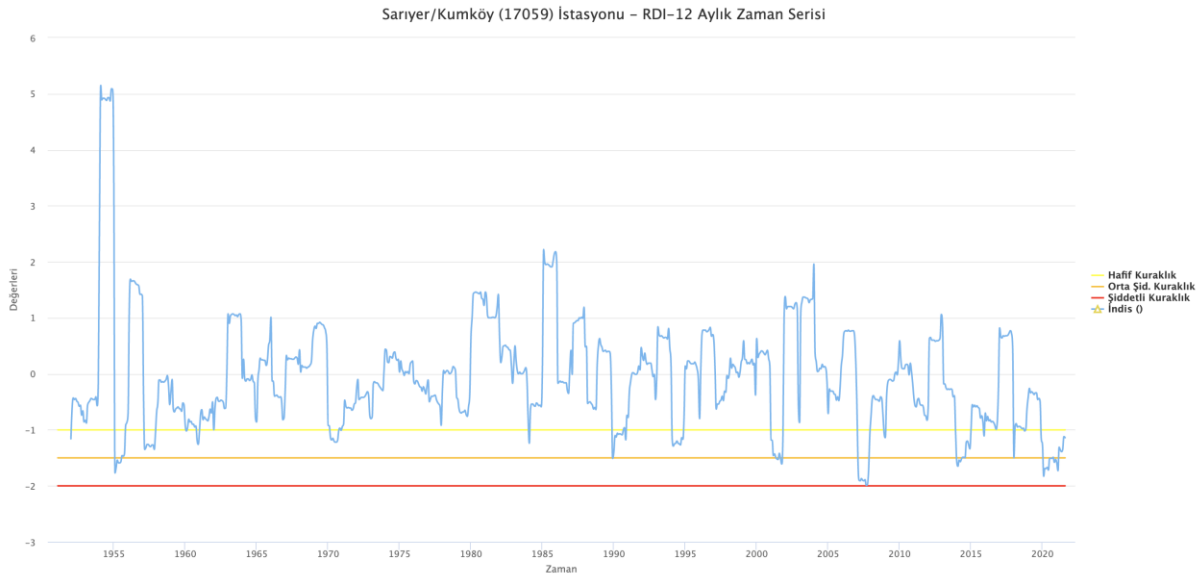
3.2.5. Keşif Kuraklık İndisi (RDI)

3.2.5.1. İstasyon Bazında RDI Analiz Sonuçları

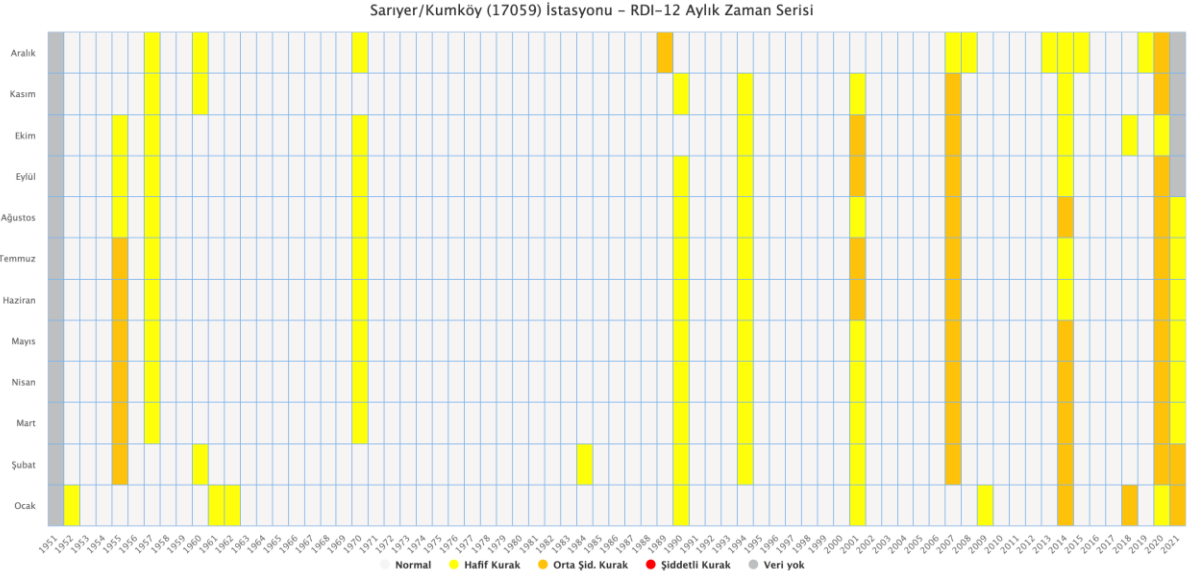
Bu çalışma kapsamında havza içerisinde 15, havza dışında ise 16 adet istasyonun RDI analizleri yapılmıştır. Ana rapor kapsamında havzayı temsilen havza içindeki 2 adet istasyonun analizleri paylaşılmaktadır. Diğer istasyonların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

İstasyon bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

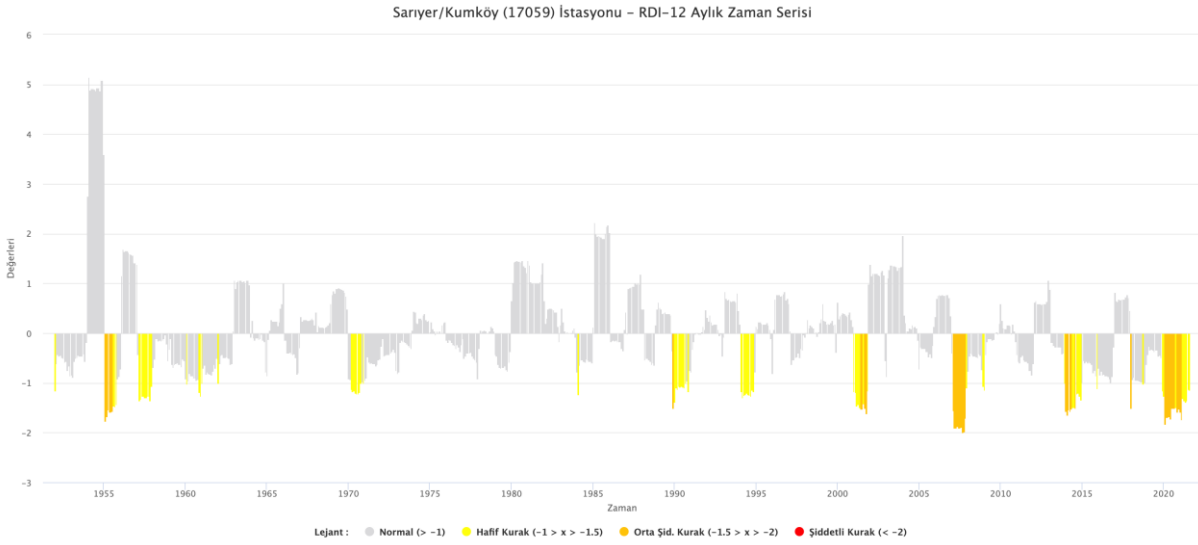
3.2.5.1.1. RDI-12 Aylık Periyot



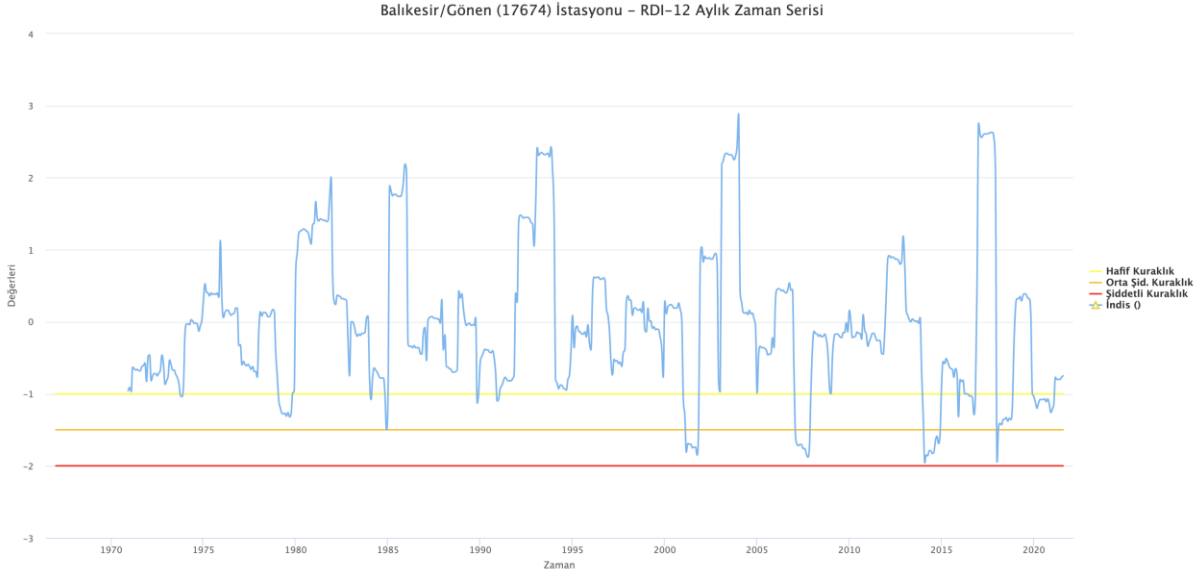
Şekil 3.60 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik



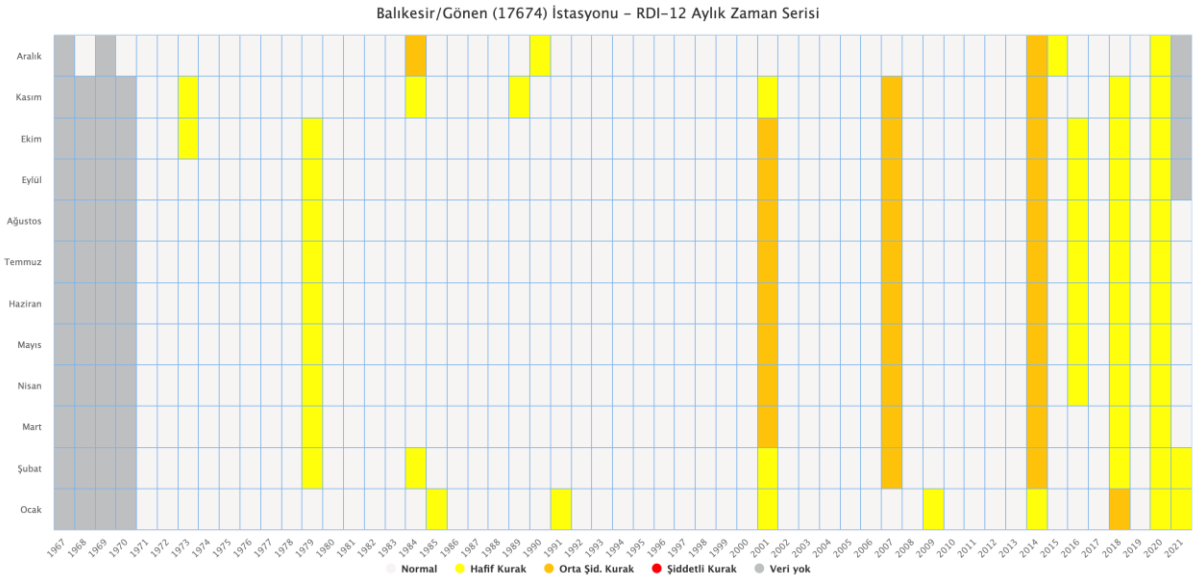
Şekil 3.61 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



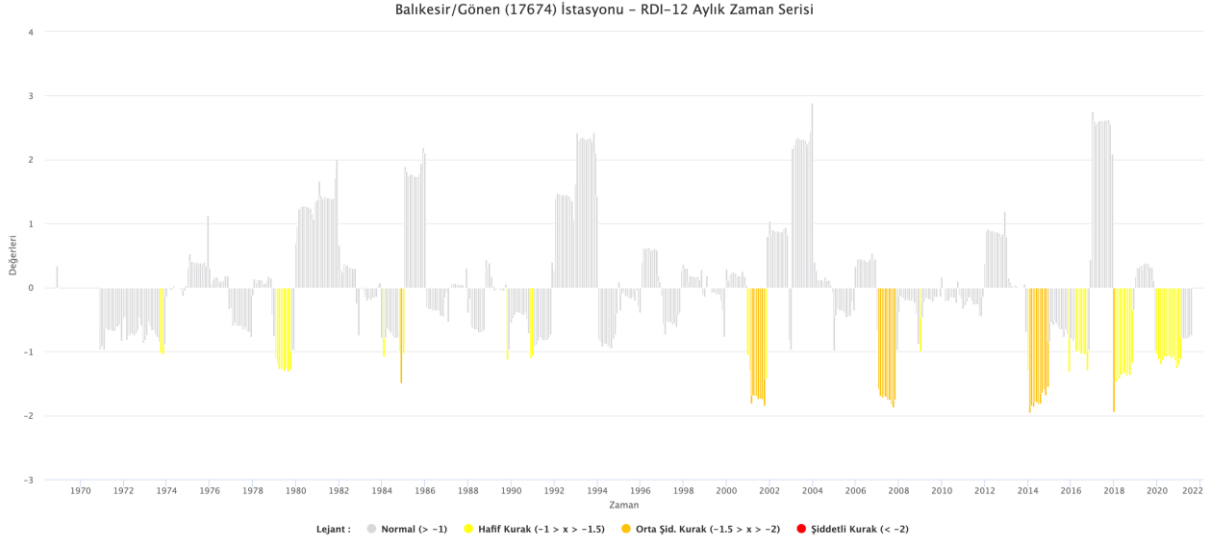
Şekil 3.62 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği



Şekil 3.63 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.64 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.65 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği

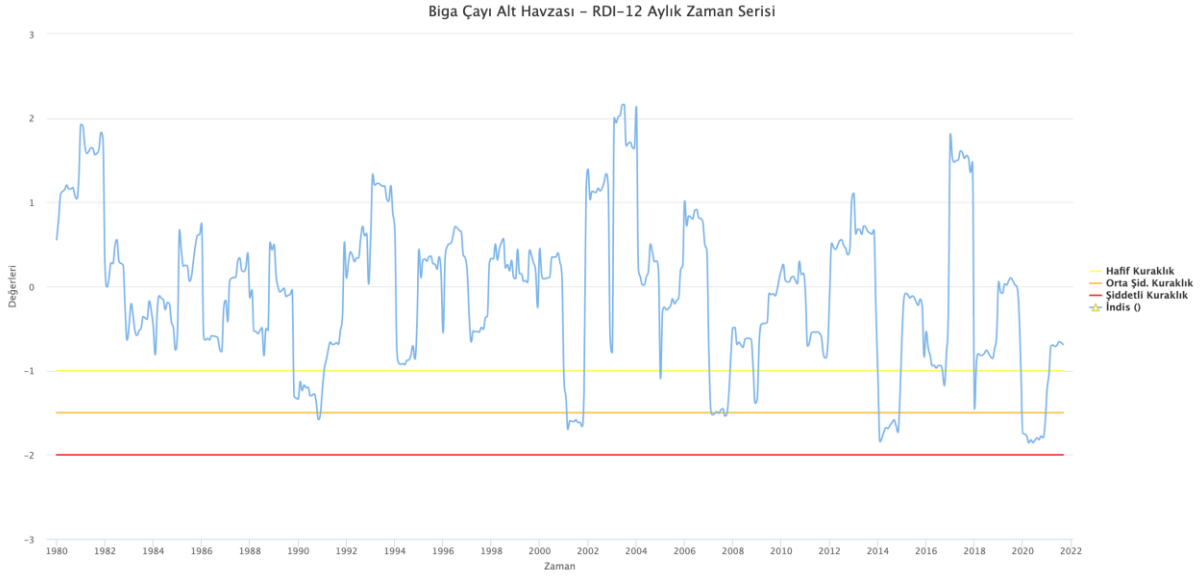
3.2.5.2. Alt Havza Bazında RDI Analiz Sonuçları

Bu çalışma kapsamında havza içerisinde bulunan tüm alt havzaların RDI analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra her alt havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak o alt havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

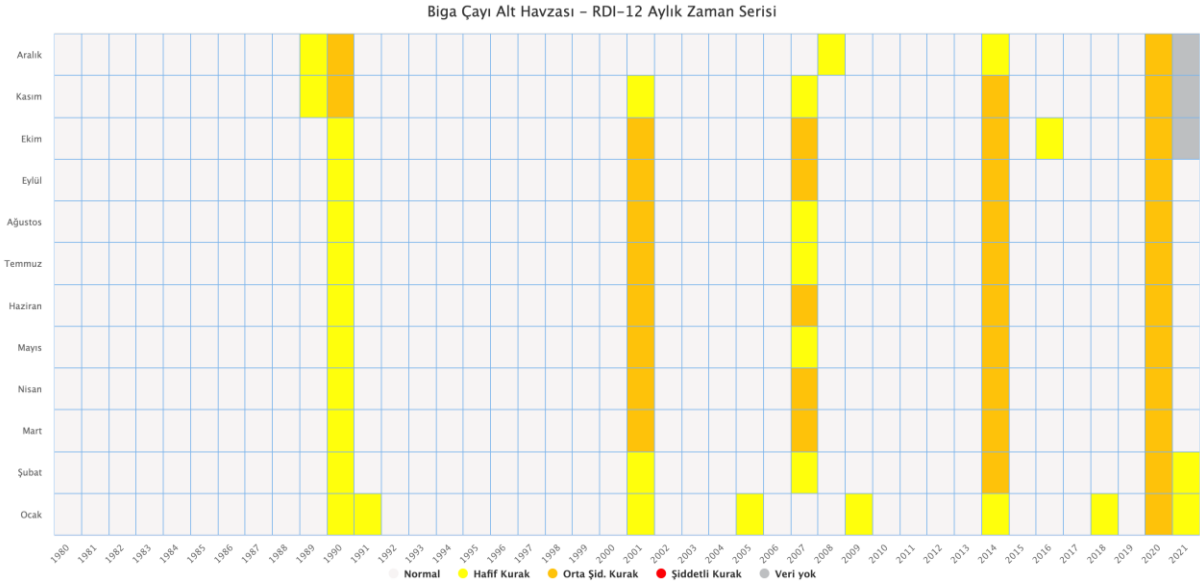
Ana rapor kapsamında havzayı temsilen 2 büyük alt havzanın (Biga Çayı ve Ağva Deresi Alt Havzaları) analizleri paylaşılmaktadır. Diğer alt havzaların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

Alt havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

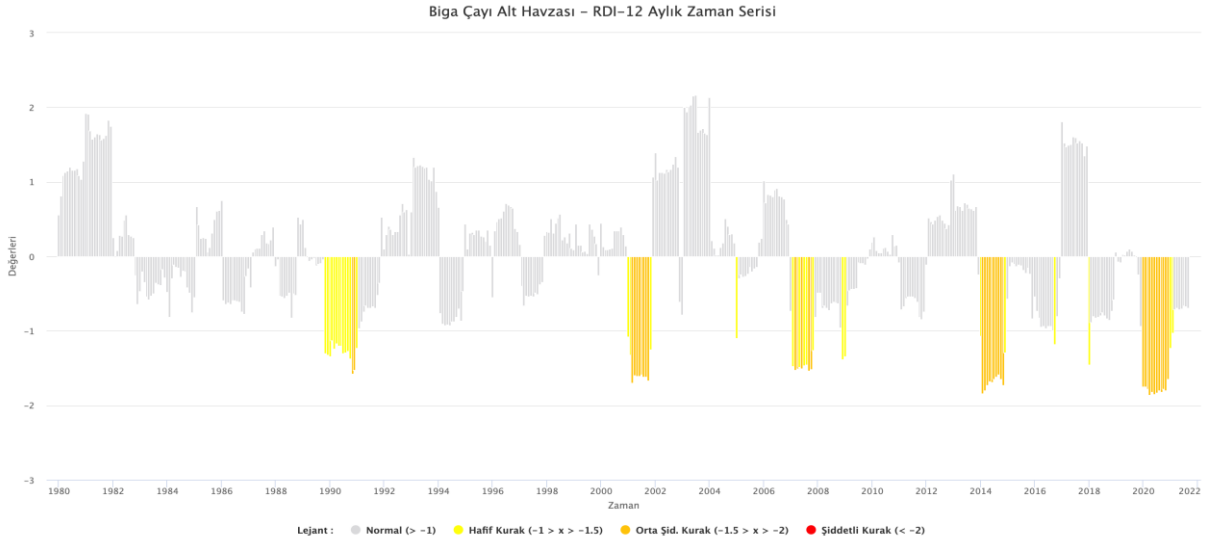
3.2.5.2.1. RDI-12 Aylık Periyot



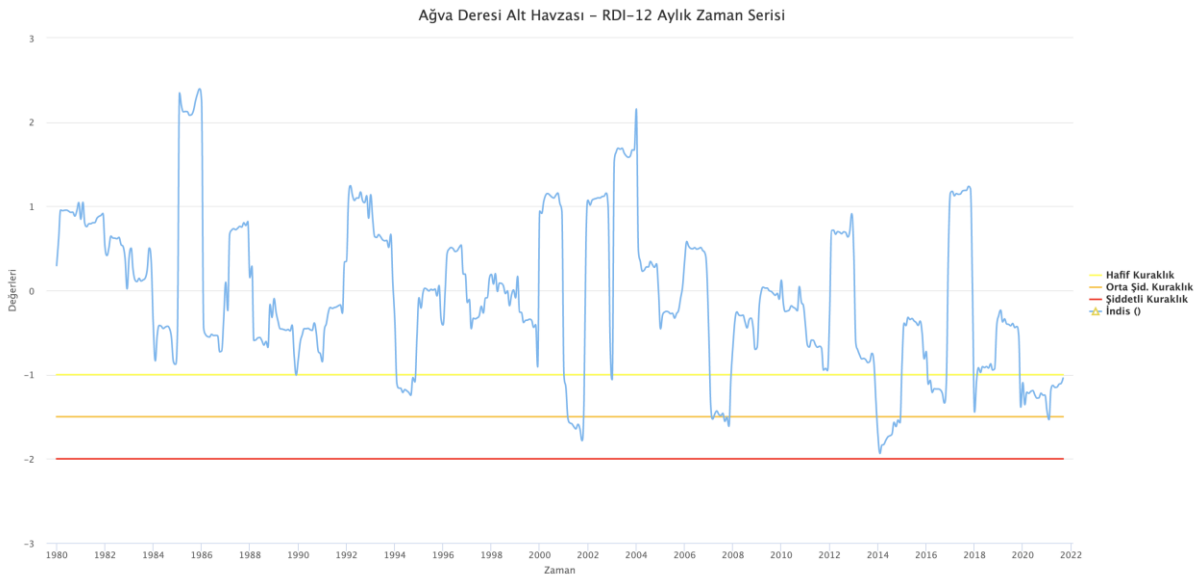
Şekil 3.66 Biga Çayı Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik



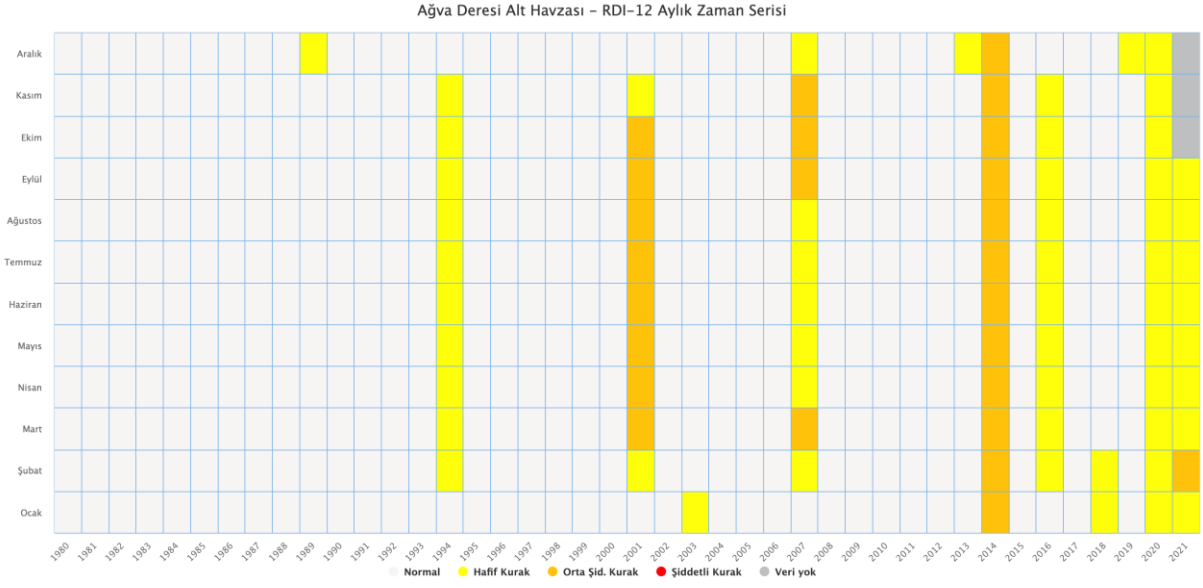
Şekil 3.67 Biga Çayı Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



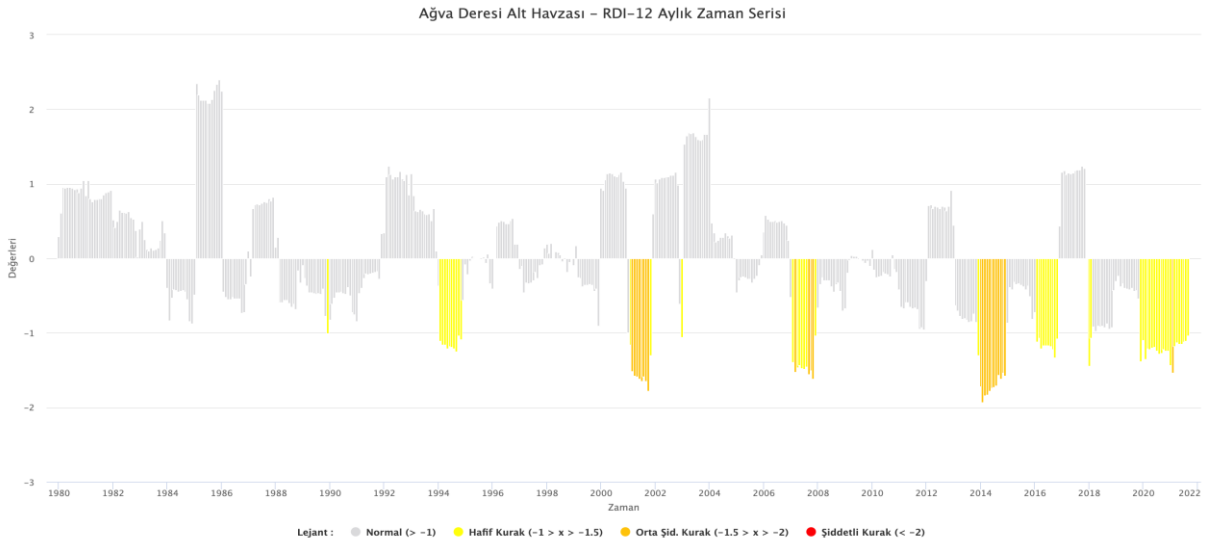
Şekil 3.68 Biga Çayı Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği



Şekil 3.69 Ağva Deresi Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.70 Ağva Deresi Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.71 Ağva Deresi Alt Havzasına ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği

3.2.5.3. Havza Bazında RDI Analiz Sonuçları

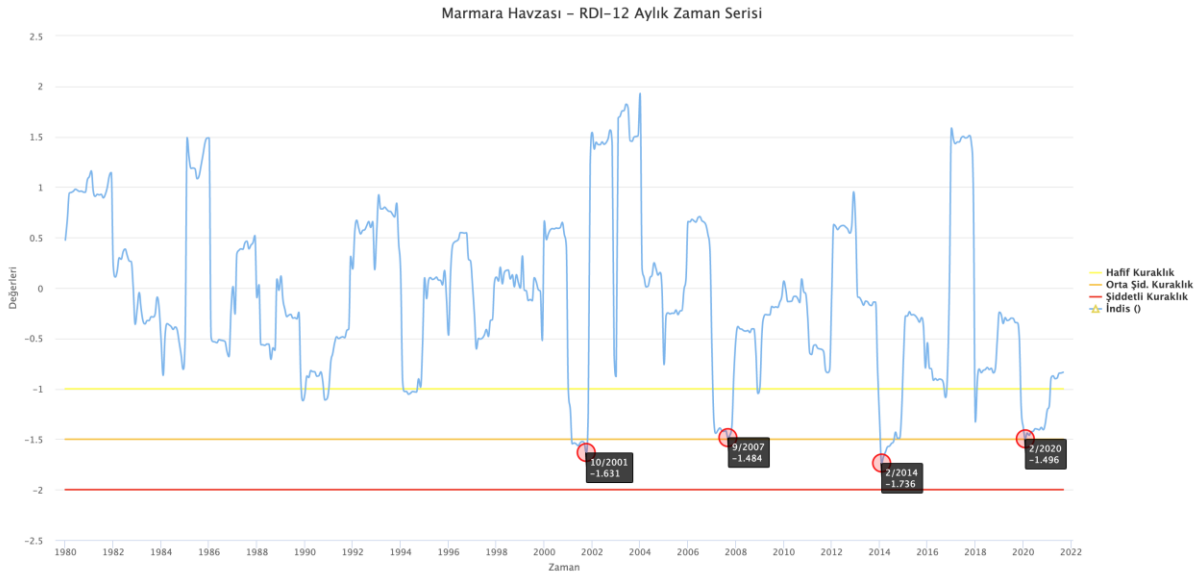
Bu çalışma kapsamında havza için RDI analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak havza için bir

değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

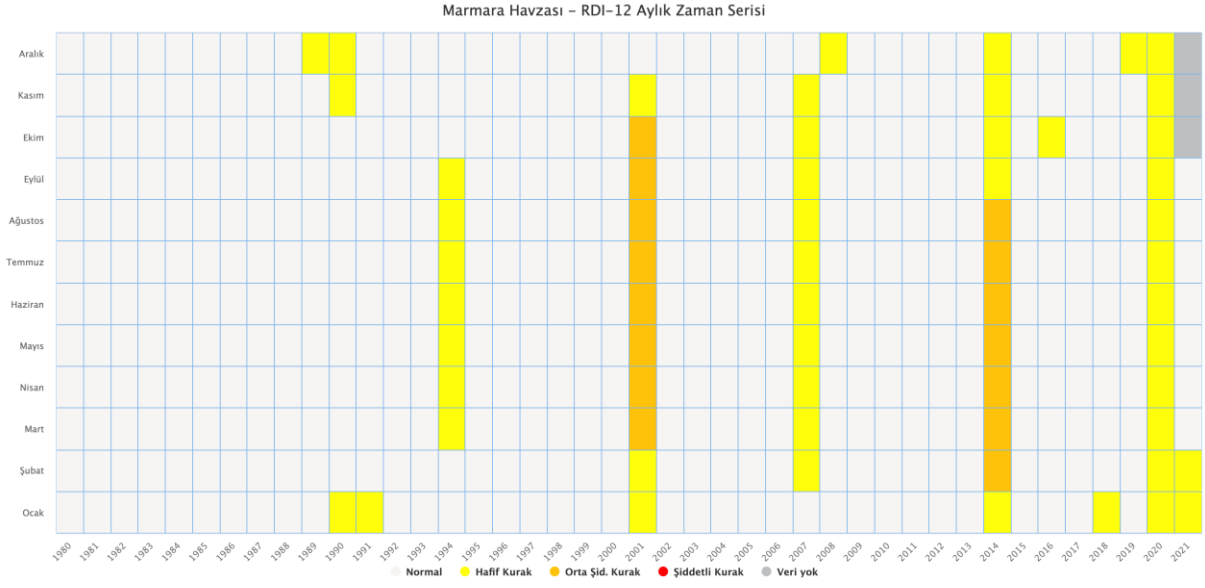
Havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

Ayrıca istasyon ve alt havza bazındaki analiz sonuçlarından farklı olarak havza bazındaki çizgisel grafiklerde en kurak aylar grafik üzerinde gösterilmektedir. Burada en kurak ay tercihi yapılırken aynı yılda birden fazla kurak ay varsa en kurak olan seçilmektedir. Seçilen 4 en kurak aya ilişkin ise grafiğin altında aylık bazdaki kuraklık şiddet haritaları gösterilerek kuraklığın alansal olarak dağılımı gösterilmektedir.

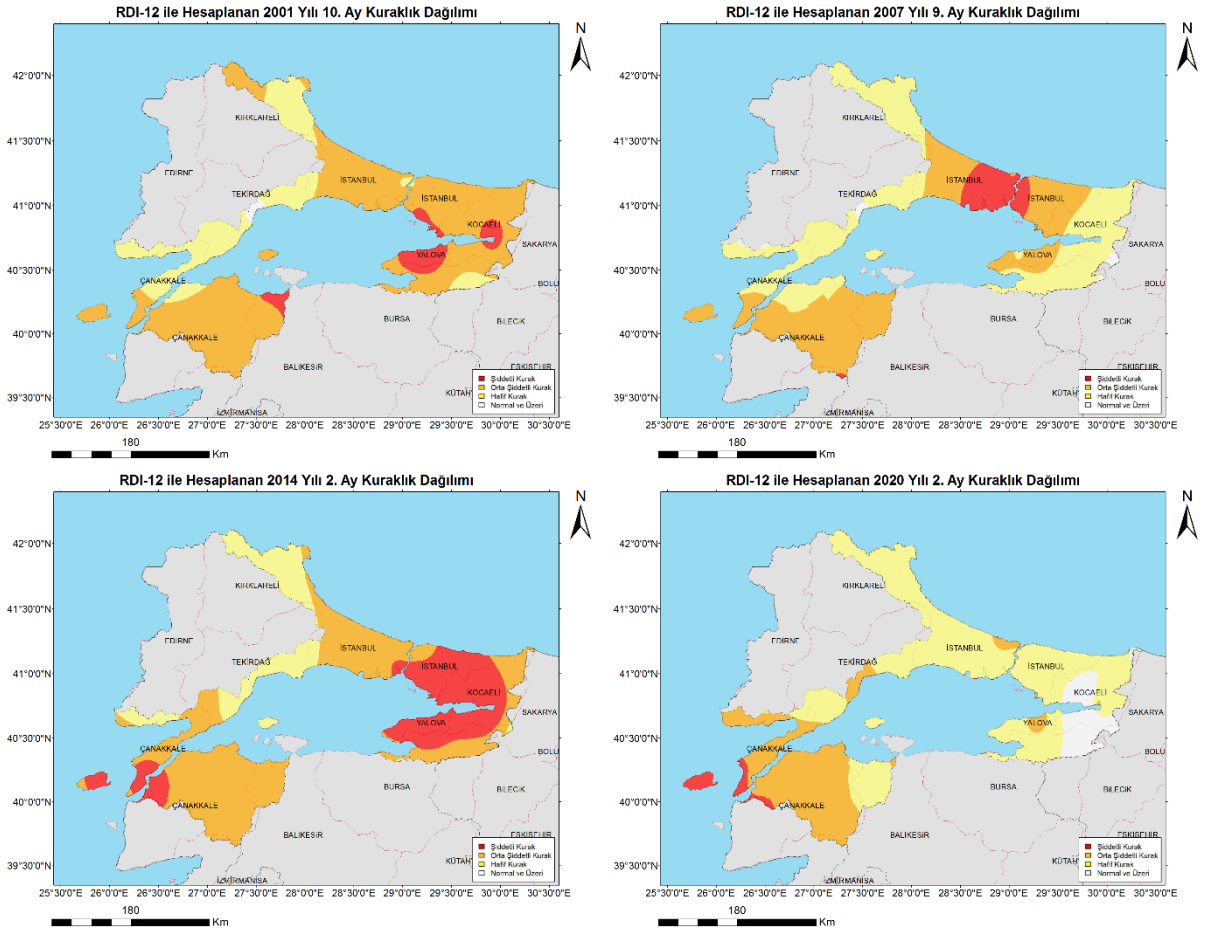
3.2.5.3.1. RDI-12 Aylık Periyot



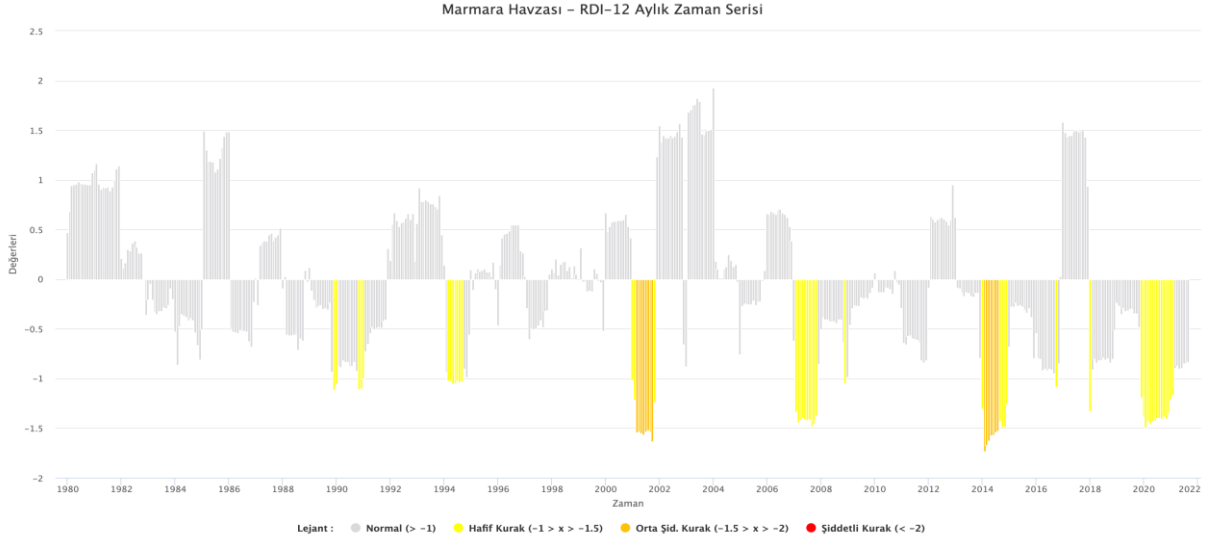
Şekil 3.72 Havza geneline ait RDI 12 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 3.73 Havza geneline ait RDI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.74 RDI 12 Aylık En Kurak 4 aya ait haritalar



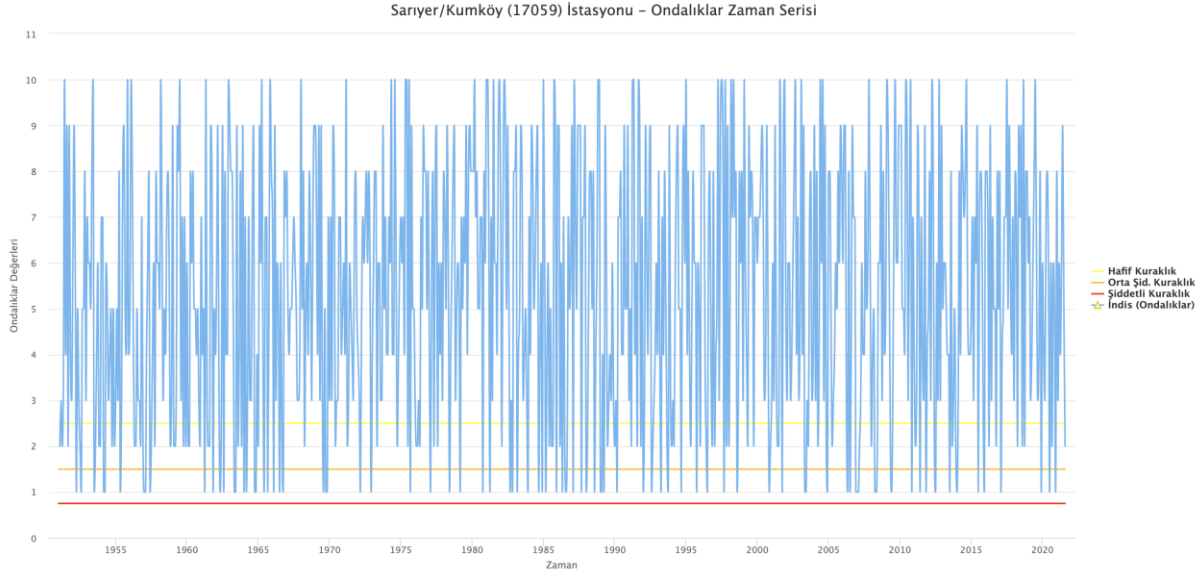
Şekil 3.75 Havza geneline ait RDI 12 Aylık Bar Grafiği

3.2.6. Ondalıklar İndisi (Deciles)

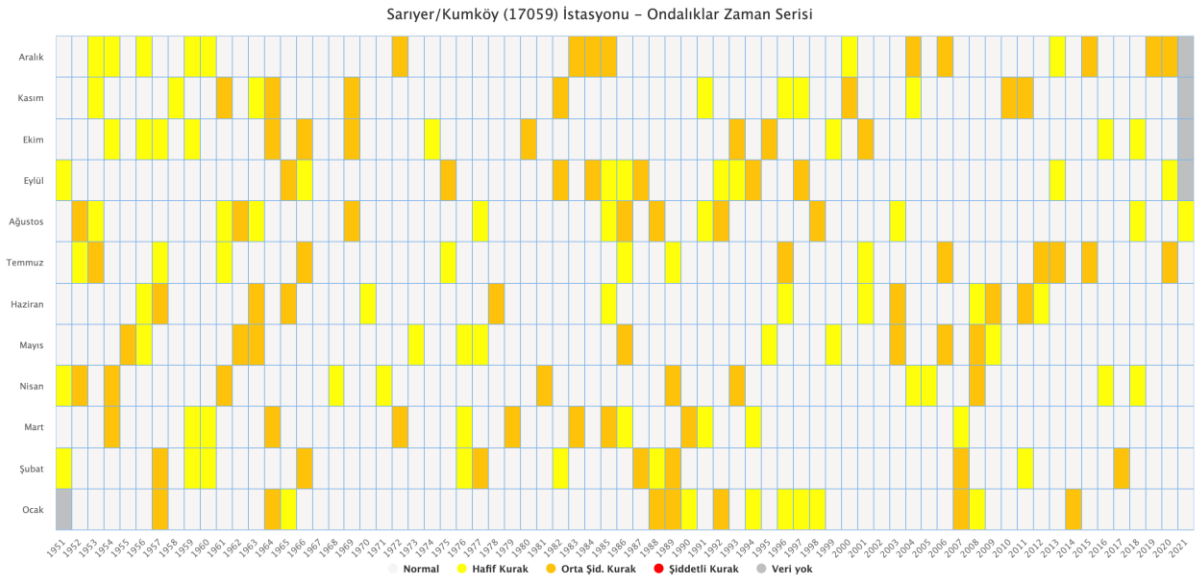
3.2.6.1. İstasyon Bazında Ondalıklar İndisi Analiz Sonuçları

Bu çalışma kapsamında havza içerisinde 15, havza dışında ise 16 adet istasyonun Ondalıklar İndisi analizleri yapılmıştır. Ana rapor kapsamında havzayı temsilen havza içindeki 2 adet istasyonun analizleri paylaşılmaktadır. Diğer istasyonların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

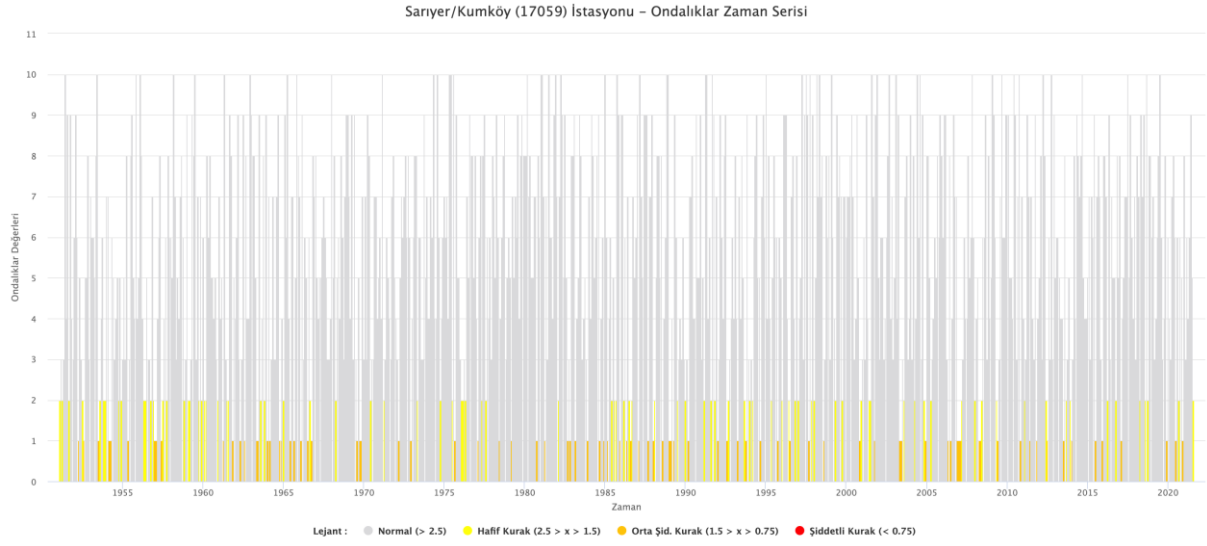
İstasyon bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.



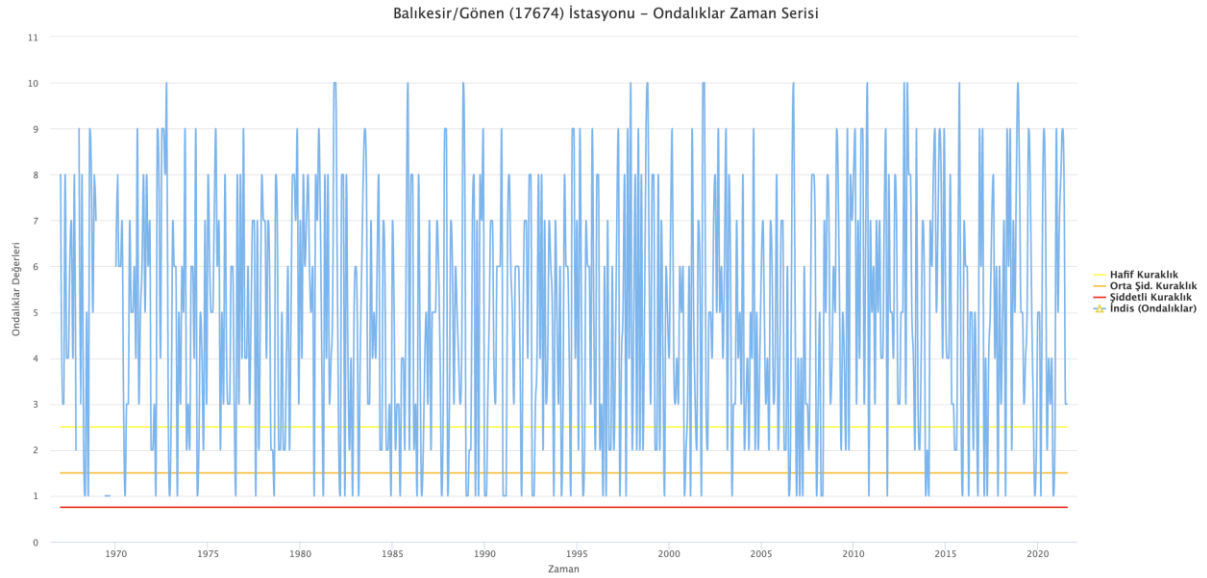
Şekil 3.76 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği



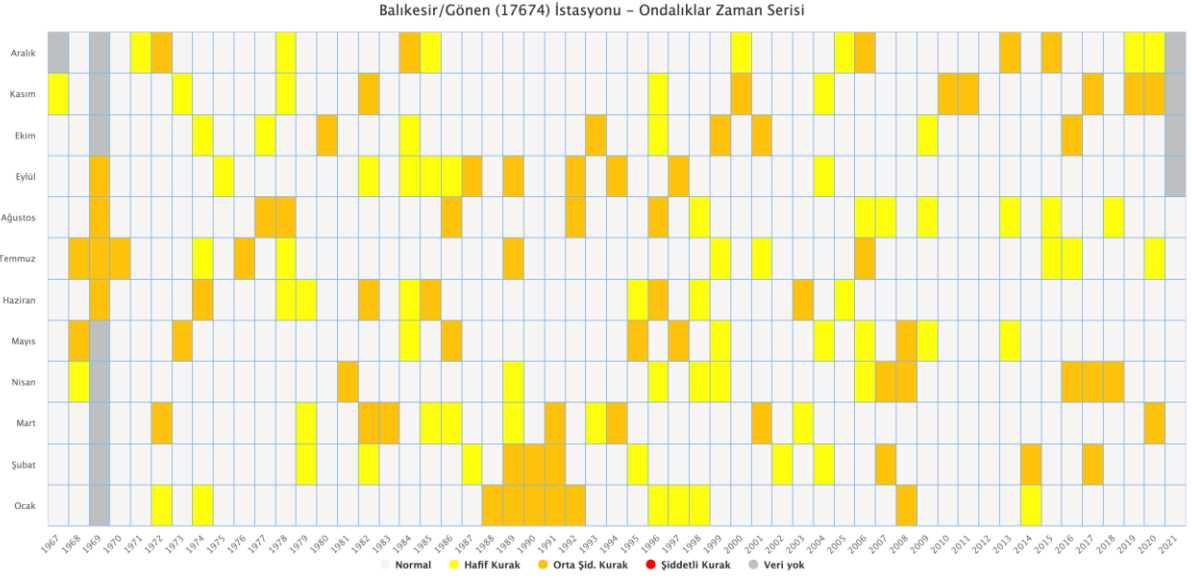
Şekil 3.77 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği



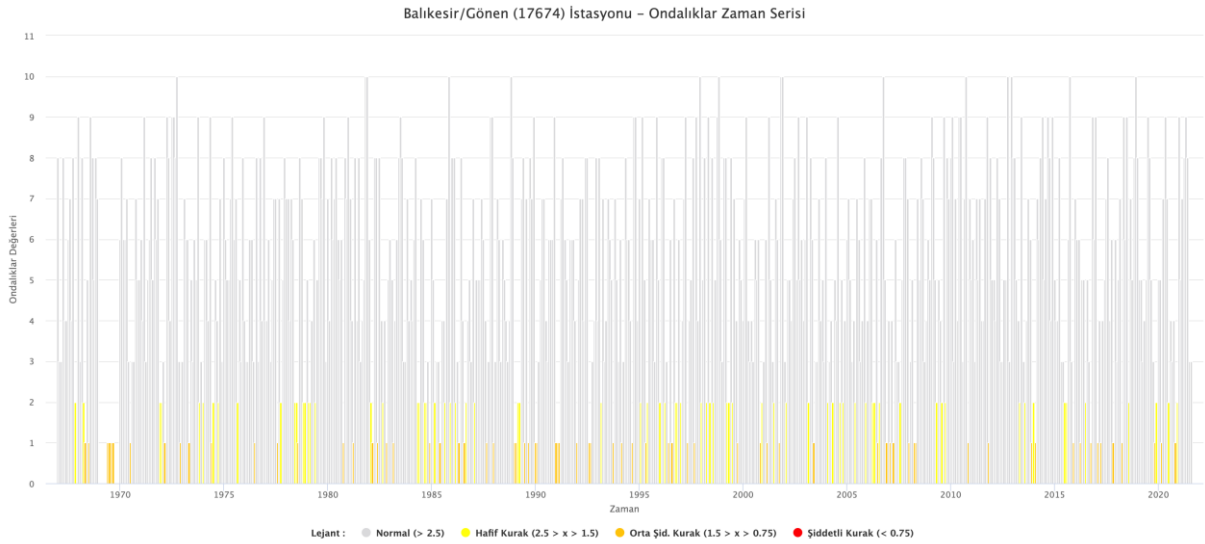
Şekil 3.78 Sarıyer/Kumköy istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Bar Grafiği



Şekil 3.79 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği



Şekil 3.80 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği



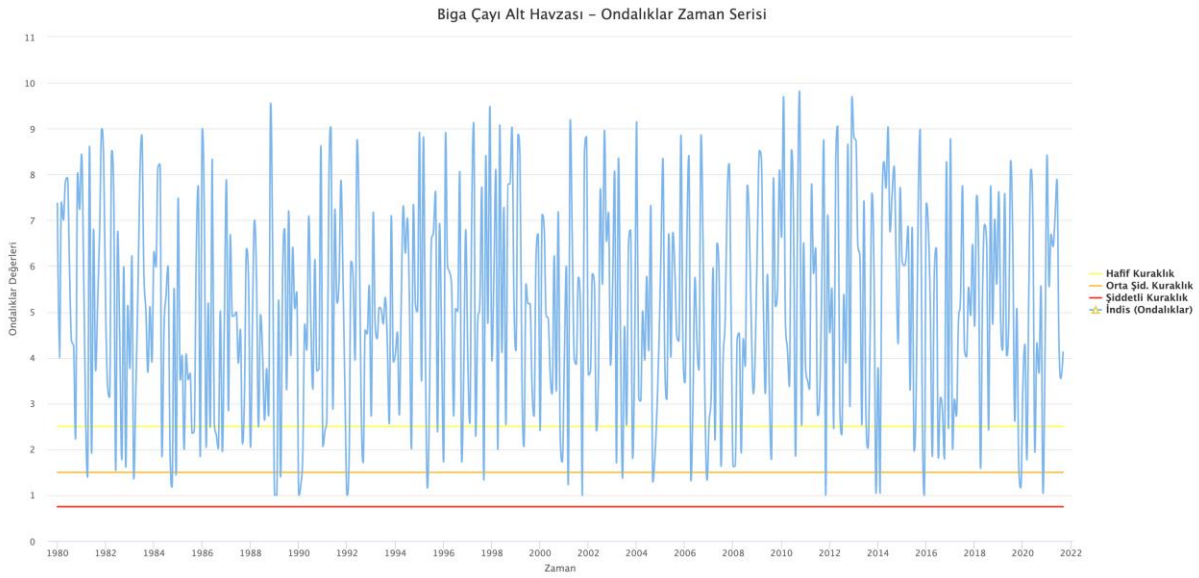
Şekil 3.81 Balıkesir/Gönen istasyonuna ait Ondalıklar İndisi Bar Grafiği

3.2.6.2. Alt Havza Bazında Ondalıklar İndisi Analiz Sonuçları

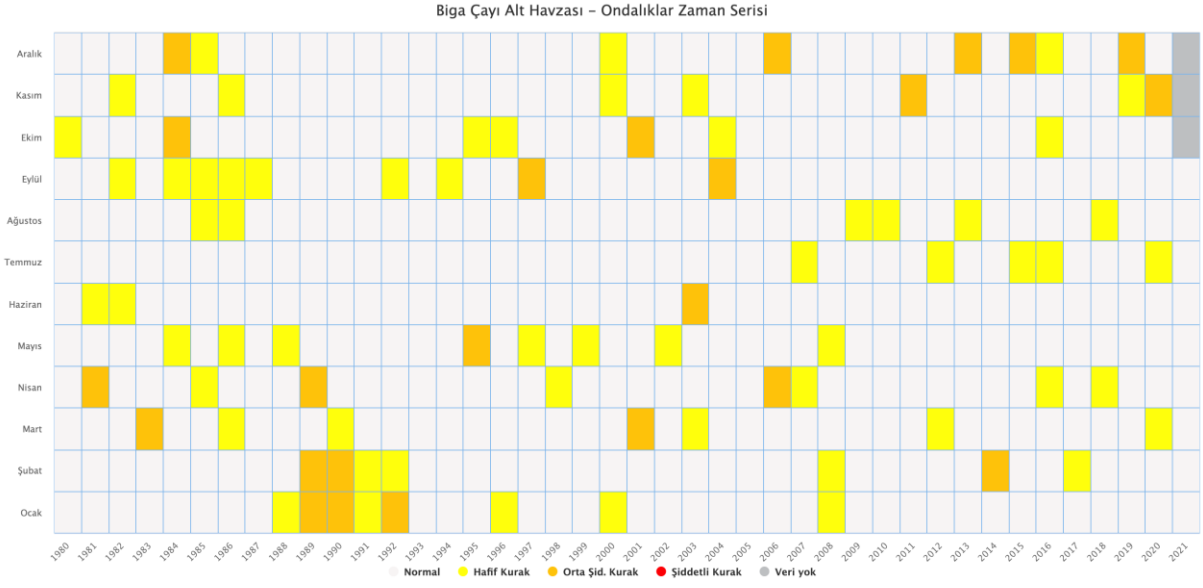
Bu çalışma kapsamında havza içerisinde bulunan tüm alt havzaların Ondalıklar İndisi analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra her alt havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak o alt havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

Ana rapor kapsamında havzayı temsilen 2 büyük alt havzanın (Biga Çayı ve Ağva Deresi Alt Havzaları) analizleri paylaşılmaktadır. Diğer alt havzaların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

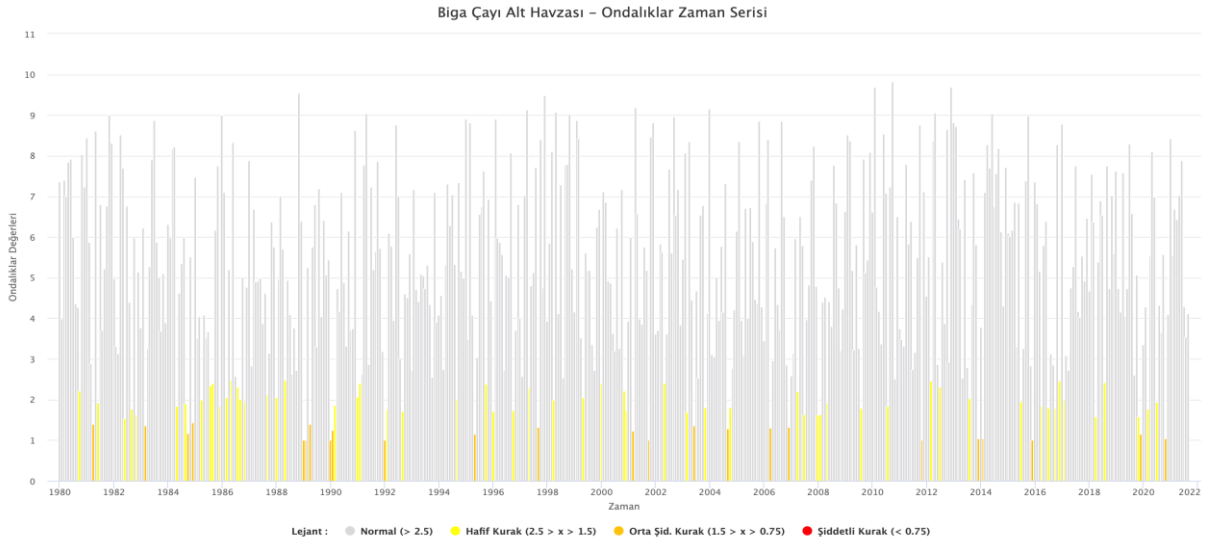
Alt havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.



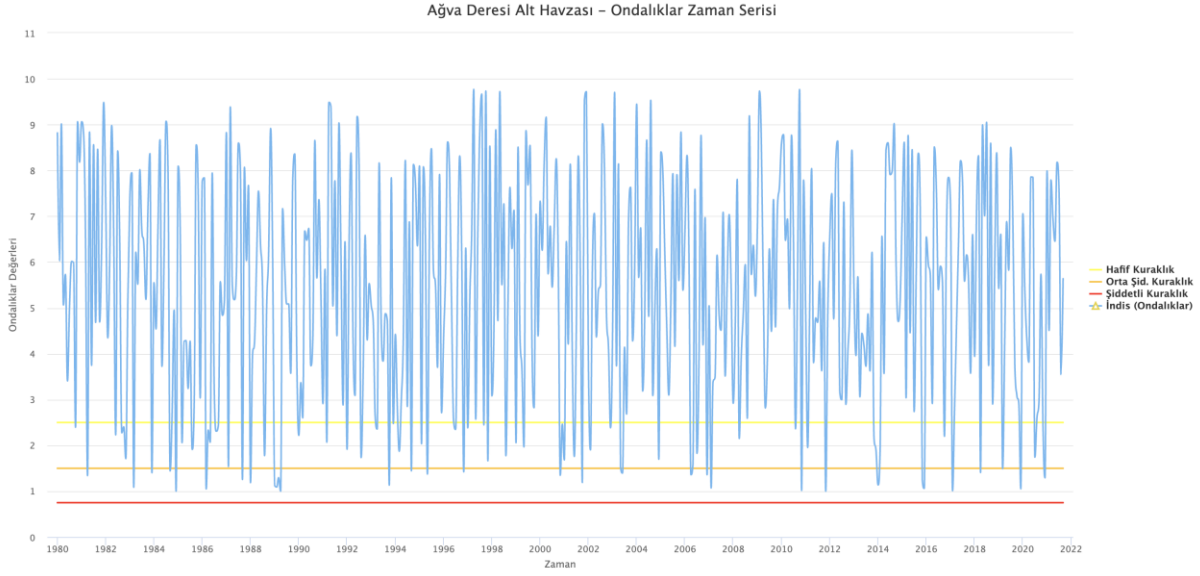
Şekil 3.82 Biga Çayı Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği



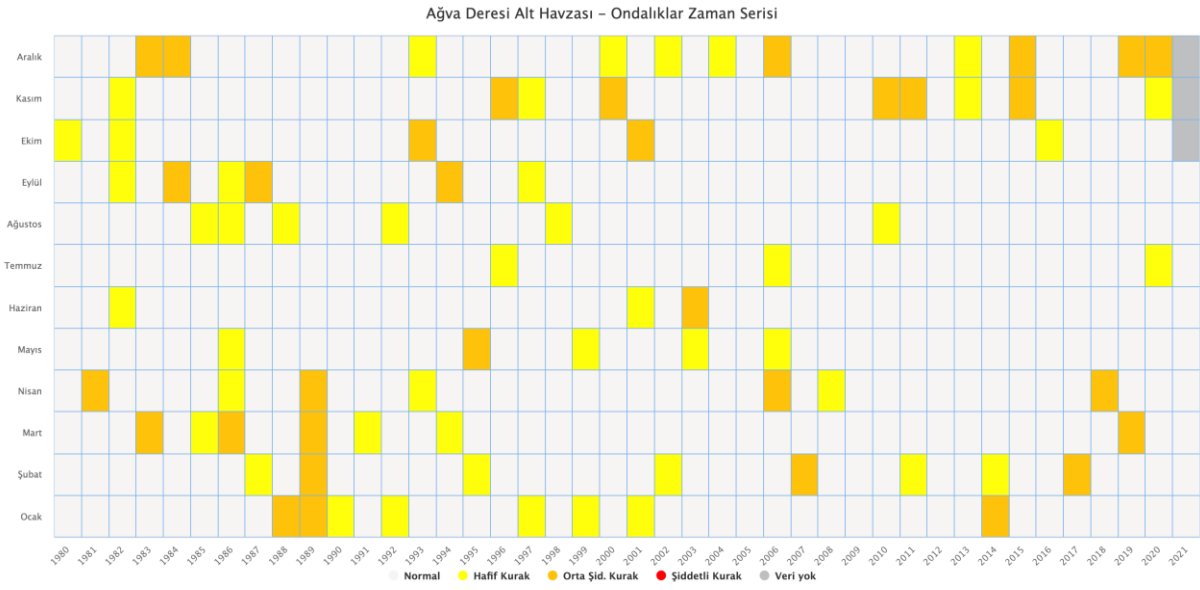
Şekil 3.83 Biga Çayı Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği



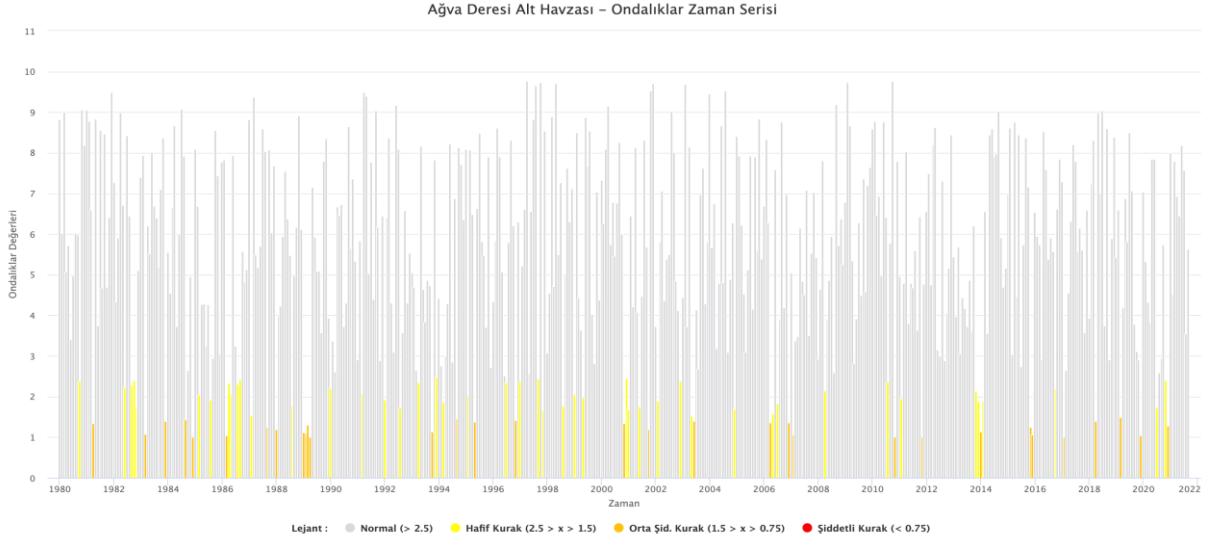
Şekil 3.84 Biga Çayı Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Bar Grafiği



Şekil 3.85 Ağva Deresi Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği



Şekil 3.86 Ağva Deresi Alt Havzasına ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği



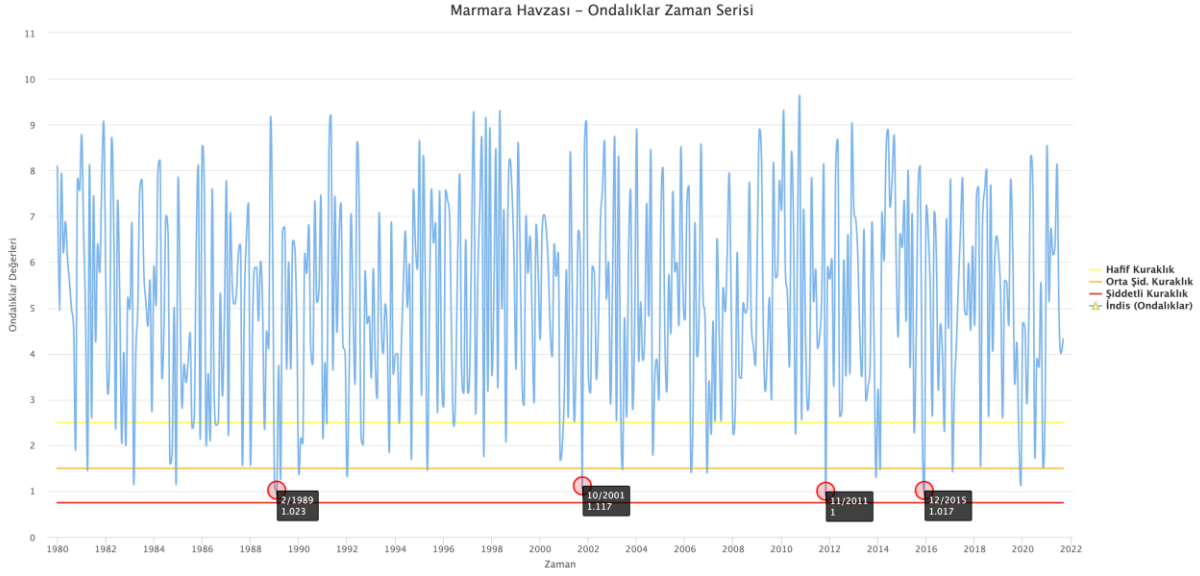
Şekil 3.87 Ağva Deresi Alt Havzasına ait Ondalık İndis Bar Grafiği

3.2.6.3. Havza Bazında Ondalık İndis Analiz Sonuçları

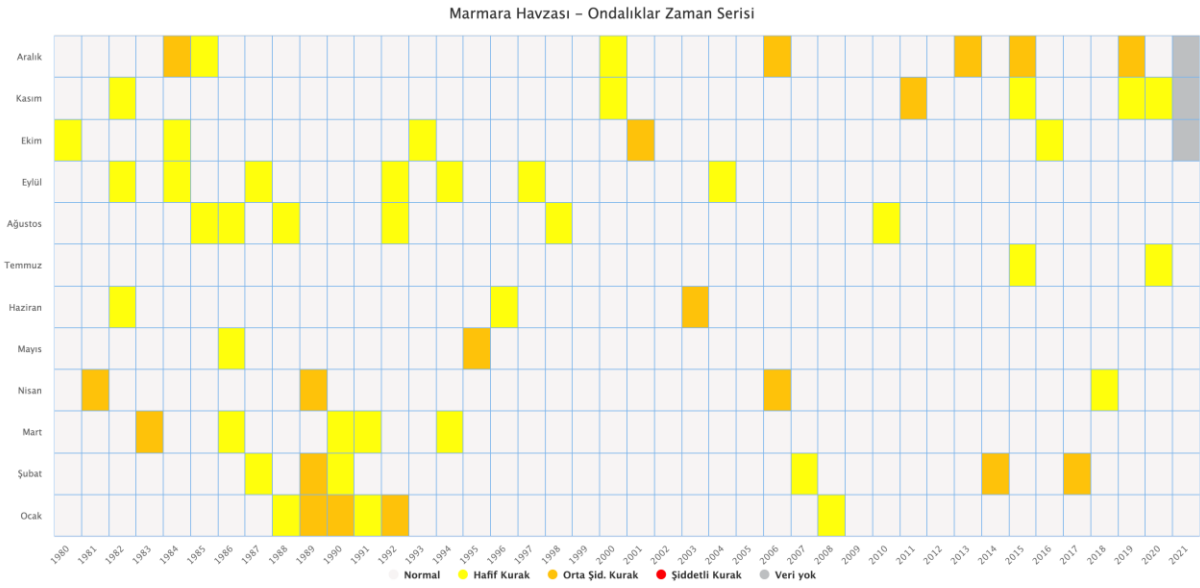
Bu çalışma kapsamında havza için Ondalık İndis analizleri yapılmıştır. Bu analiz için öncelikle 1980-2021 ortak zaman periyodu seçilerek analizin karşılaştırılmasına imkân verilmiştir. Havza içindeki ortak periyodu olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılarak alansal bazda bir dağılım sağlanmıştır. Daha sonra havza içine düşen gridlerin ortalaması alınarak havza için bir değer oluşturulmuştur. Yapılan bu işlem tüm zaman serisi için tekrarlanarak yeni bir zaman serisi oluşturulmuştur.

Havza bazında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

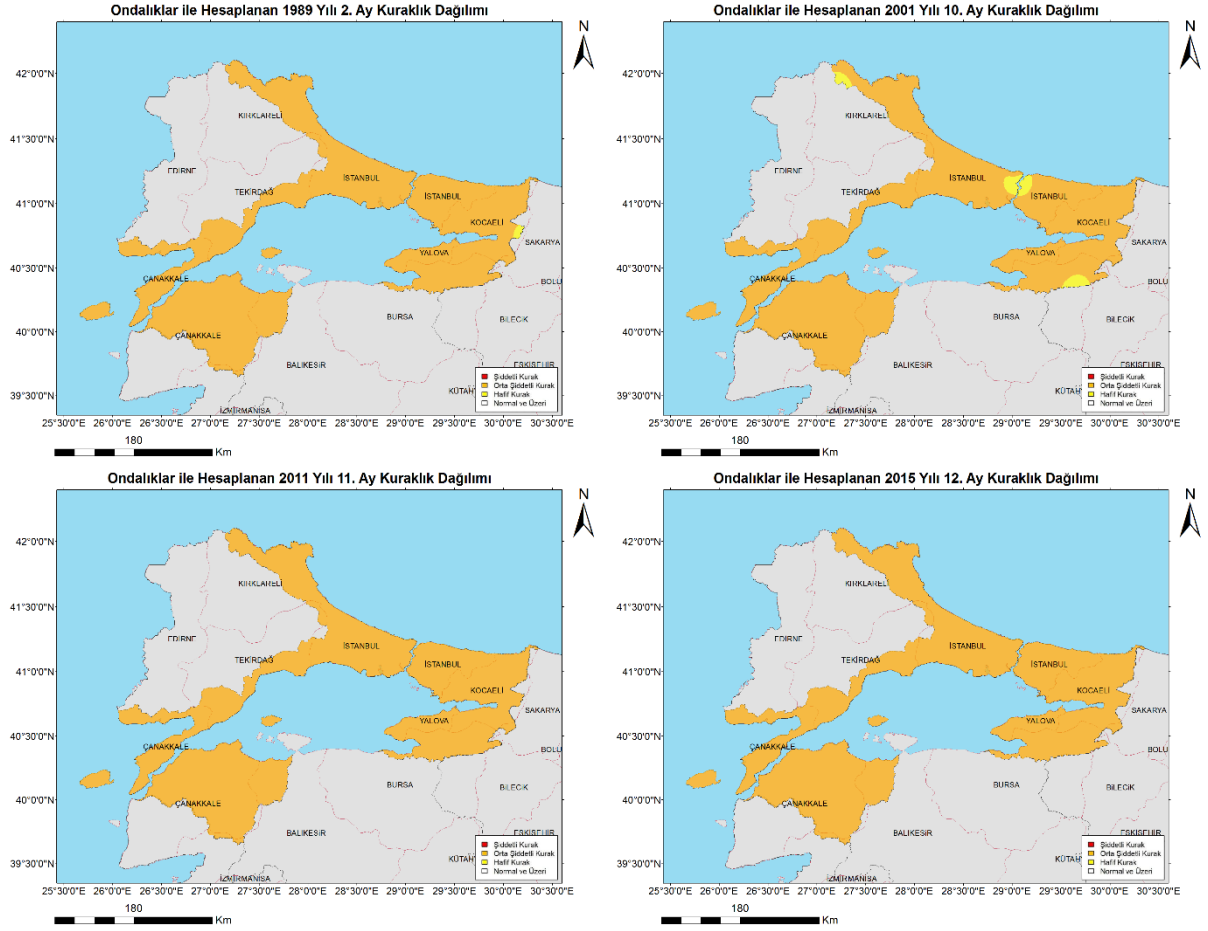
Ayrıca istasyon ve alt havza bazındaki analiz sonuçlarından farklı olarak havza bazındaki çizgisel grafiklerde en kurak aylar grafik üzerinde gösterilmektedir. Burada en kurak ay tercihi yapılırken aynı yılda birden fazla kurak ay varsa en kurak olan seçilmektedir. Seçilen 4 en kurak aya ilişkin ise grafiğin altında aylık bazdaki kuraklık şiddet haritaları gösterilerek kuraklığın alansal olarak dağılımı gösterilmektedir.



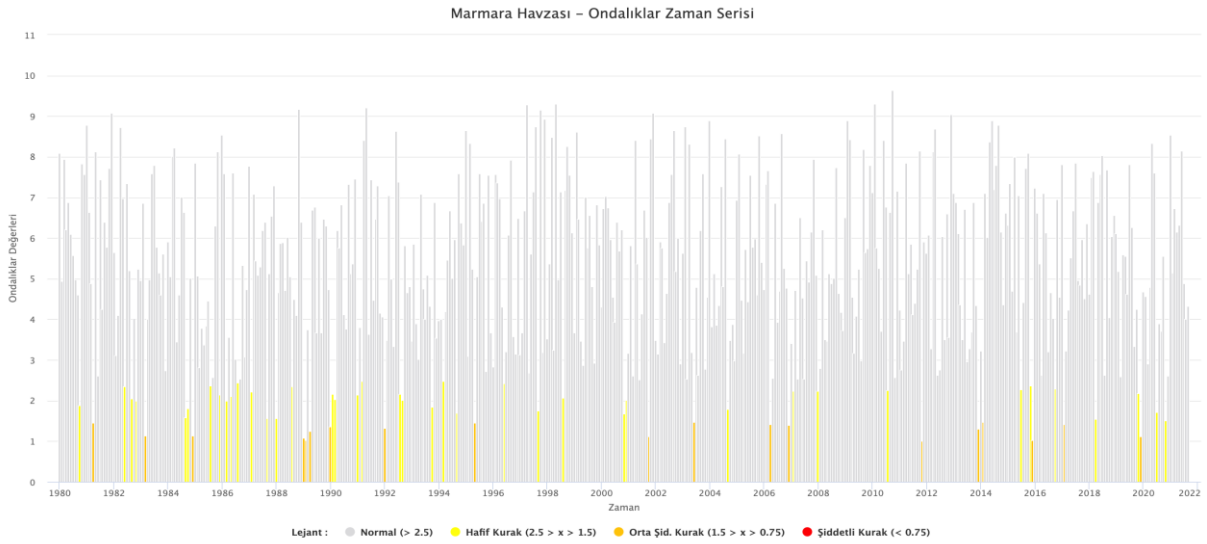
Şekil 3.88 Havza geneline ait Ondalıklar İndisi Çizgisel Grafiği



Şekil 3.89 Havza geneline ait Ondalıklar İndisi Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 3.90 Ondalıklar İndisi En Kurak 4 aya ait haritalar



Şekil 3.91 Havza geneline ait Ondalıklar İndisi Bar Grafiği

3.2.7. Standart Akım İndisi (SRI)

Bu çalışma kapsamında havza içerisinde bulunan ve verisi uzun dönem olarak elde edilen 36 adet Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) Standart Akım İndisi (SRI) hesapları için kullanılmıştır. Hesaplaması yapılan bu Akım Gözlem İstasyonlarının listesine Tablo 3-26'den, haritasına ise Şekil 3.92'den erişilebilmektedir.

SRI için diğer benzer indislerde de olduğu gibi 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlarda hesaplamalar yapılmıştır. SRI analizleri sadece istasyon bazında yapılmakta olup alansal dağılıma uygun olmadığı için haritaları üretilmemektedir.

Ana rapor kapsamında havzayı temsilen 2 adet akım gözlem istasyonunun analizleri paylaşılmaktadır. Diğer istasyonların analizlerine raporun dijital eklerinden ulaşılabilir. Seçilen Akım Gözlem İstasyonları havzada önemli yere sahip dere ve çaylardan (Göksu Deresi ve Biga Çayı) seçilmiştir.

Öncelikle Göksu Deresini temsil eden D02A004 istasyonuna ait grafiklere aşağıdan erişilebilmektedir. Bu kapsamda SRI 1 aylık grafik incelendiğinde en kurak ayın 2014 yılına denk geldiği görülmektedir ki rapor kapsamında bulunan kurak dönemlerden 2013-2014 aralığına düşmektedir. 2013-2014 döneminden daha uzak olan 2. en kurak aya bakıldığında ise en kurak ayın 1989 yılına denk geldiği görülmekte olup bu ayın rapor kapsamında bulunan 2. en kurak dönem olan 1989-1990 kurak dönemi ile kesiştiği görülmektedir. Diğer kurak dönemlere bakıldığında ise öncekilere ek olarak 1982-1983, 1986-1987 ve 1993-1994 yılları ile kesişimler görülmektedir. SRI 3 aylık grafiğe geldiğimizde akımların birleşmesi sonucu daha belirgin kurak dönemler gözlemlenmektedir. Bu kapsamda grafikte görülen kurak dönemlerin rapor kapsamında bulunan kurak dönemlerden 1982-1983, 1986-1987, 1989-1990, 1993-1994 ve 2006-2008, 2013-2014 yılları ile kesiştiği görülmektedir.

SRI 6 ve 9 aylık periyotlara gelindiğinde ise kurak dönemlerin daha belirgin hale geldiği ve sürelerin uzadığı görülmektedir. Grafiklerdeki kurak dönemler ile rapor kapsamında bulunan kurak dönemler karşılaştırıldığında ise SRI hesabının yapıldığı dönem olan 1980-2014 yılları arasında 1982-1983, 1986-1987, 1989-1990, 1993-1994, 2006-2008 ve 2013-2014 kurak dönemleri ile kesişimler görülmektedir.

SRI 12 ve 24 aylık periyotlarda ise kuraklığın diğer periyotlara göre şiddetini azaltmakla beraber süresinin uzadığı gözlemlenmiştir. Her iki grafikte de daha önceki grafiklerde tespit

edilen 1982-1983, 1986-1987, 1989-1990, 1993-1994 ve 2013-2014 kurak dönemleri ortak olarak bulunmuştur. Diğer grafiklerde bulunan 2007-2008 kurak dönemi daha belirgin bir şekilde bu grafiklerde de görülmektedir. Sadece SRI 12 aylık periyot grafiğinde 2007-2008 kurak dönemi boşluklu bir yapı sergilerken SRI 24 aylık periyot grafiğinde daha bütüncül bir gösterim sağlamaktadır.

Biga Çayı havzanın önemli akarsularından birisi olup rapor kapsamında sadece tek bir AGİ ile temsil edilmektedir. E02A012 nolu istasyon ile akarsuyun bir noktasındaki kuraklığın etkileri analiz edilebilmektedir. İstasyonun veri aralığına bakıldığında diğer istasyon ile aynı zaman serisine sahip olduğu görülmektedir. İstasyonun SRI 1 aylık periyot grafiği incelendiğinde en kurak dönemin 2001 yılında olduğu ve bunun rapor kapsamında bulunan 2000-2001 kurak dönemi ile aynı döneme denk geldiği görülmektedir. Grafiğe bakıldığında kısa kısa ya da tekil kurak dönemler de gözükmemektedir. Genel olarak bu kısa dönem ya da ayların rapor kapsamında keşiştiği kurak dönemlere bakılınca 1982-1983, 1984-1985, 1986-1987, 1989-1990, 1993-1994, 2000-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 kurak dönemleri tespit edilmektedir. SRI 3 aylık grafiğe geldiğimizde ise akımların birleşmesi sonucu daha belirgin kurak dönemler gözlemlenmekle birlikte hala dağınık olan gösterim toparlanmamıştır. Bu periyoda detaylı olarak bakıldığında önceki periyot ile benzer sonuçlar karşımıza çıkmaktadır. Grafikteki en kurak 2 ayın rapor kapsamında bulunan 2013-2014 kurak dönemine denk geldiği de görülmektedir.

SRI 6 ve 9 aylık periyotlara gelindiğinde ise kurak dönemlerin daha belirgin hale geldiği ve sürelerin uzadığı görülmektedir. Grafiklerdeki kurak dönemler ile bulunan kurak dönemler karşılaştırıldığında ise 1982-1983, 1984-1985, 1986-1987, 1989-1990, 1993-1994, 2000-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 kurak dönemlerine rastlanılmakla birlikte başka bir kurak döneme rastlanılmamaktadır. Ayrıca her iki grafikte de en önemli kurak dönemin 2000-2001 yılları arasındaki dönem olduğu görülmektedir.

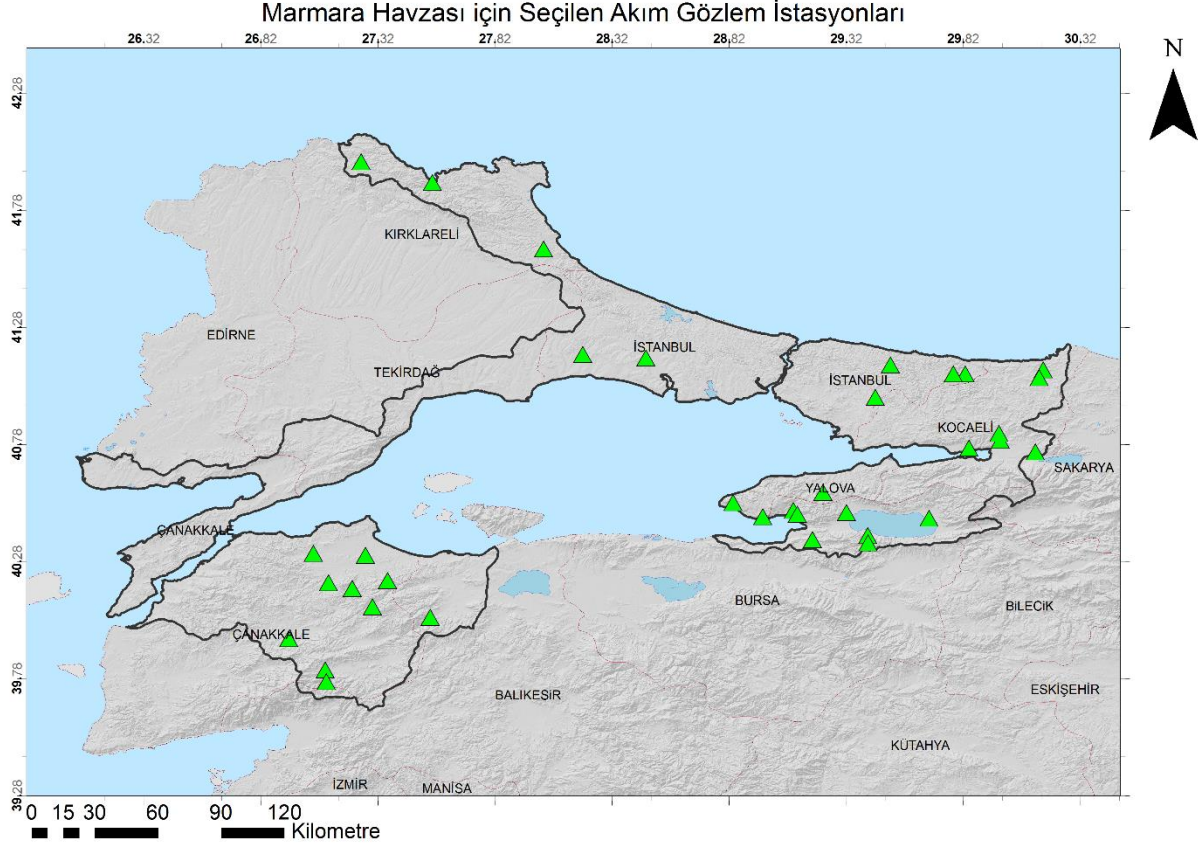
SRI 12 ve 24 aylık periyotlarda ise kuraklık süreleri indisin yapısından dolayı uzamaya başlamış olup daha önceki periyotlardaki süreler ile benzer kurak dönemleri işaret etmektedir. Her iki grafikte de 1982-1983, 1984-1985, 1986-1987, 1989-1990, 1993-1994, 2000-2001 ve 2013-2014 yıllarındaki kurak dönemler öne çıkmakta olup, bunlara ek olarak 2007-2008 yılları arasında devam eden bir kurak dönem daha bulunmaktadır ki bu kurak dönem aylık periyot sayısının artması ile ötelenerek 2009 yılına doğru sarmaktadır.

Seçilen bu istasyonlar harici eklerde verilen istasyonlar da analiz edilmiş olup istasyonların 29 adedinde benzer durumlara rastlanılmıştır. Rapor kapsamında bulunan kurak dönemler ile istasyonlardaki kurak dönemler birbiri ile örtüşüyor olarak görülmektedir. Diğer istasyonlarda ise bazı kurak dönemler görülmemekte ya da 1 sene ötelenmiş olarak görülmektedir. Bunun da sebebi o alt ya da mikro havza kapsamında olabilecek dönemlik yağışın artması ya da akarsu ağına yapılan farklı müdahaleler olabilir. Yağış eksikliğinin hidrolojik sistemlere (nehir akımları, yeraltı suyu ve baraj hazneleri) etkileri değişik zaman periyotlarında ortaya çıkmaktadır. Nehir akımlarına olan etkisi 3-6 ay, yeraltı suyuna etkisi 6-12 ay, baraj haznelerine etkisi ise daha uzun periyotlarda görülmektedir. Bu durum havzanın özelliklerine (alan, hidrojeolojik yapı, nehir ağı vs. gibi) bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla, bazı AGİ'lerde kurak dönemlerin zaman içerisinde ötelenmesi mümkün olabilir. Daha önce bahsedildiği gibi havza özelliklerine bağlı olarak bu öteleme nispeten uzun bir sürede olabilir.

Tablo 3-26 Havza içerisinde SRI Analizleri için kullanılan Akım Gözlem İstasyonları

İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Veri Aralığı
D02A003	Çanak Dere - Geredeli	1980-2014
D02A004	Göksu Dere - Göksu	1980-2014
D02A010	Kocabaş Çayı - Akkayrak	1980-2014
D02A030	Kocadere - Sölöz	1967-2014
D02A031	Karadere - Çakırca	1980-2014
D02A044	Hoşap Dere - Taşoluk	1969-2011
D02A046	Kocadere - Büyükkılıçlı	1970-2014
D02A052	Çınar Dere - Çelikkörü	1980-2014
D02A061	Ketenci Dere – Ketenci	1980-2014
D02A067	Gökbeyli Dere - Göçbeyli	1980-2014
D02A069	Kaynarca Dere - Cihadiye	1980-2014
D02A072	Seymenli Dere – Seymenli	1980-2014
D02A077	Safran Dere - Kurtköy	1980-2014
D02A078	Bıçkı Dere - Hacıoğlu	1980-2014
D02A080	Çınarlı Dere – Stadyum	1980-2014
D02A084	Kocaçay - Aşağıçavuş	1980-2014
D02A085	Kocabaş Çayı - Uzunalan	1980-2014
D02A088	Büyükkumla Deresi - Köprü	1980-2014
D02A089	Küçükumla Deresi - Küçükumla	1980-2014
D02A091	Hamam Deresi - Armutlu	1980-2014

D02A092	Yamandere - Kapaklı	1980-2014
D02A098	Yulaflı Dere – Alaybey	1980-2014
D02A099	Yenidüz Dere - Kandıra	1980-2014
D02A105	Kovanlık Dere - Boztaş	1980-2014
D02A108	Kazandere - Aksicim	1980-2014
D02A119	Velikadere - Armutveren	1980-2014
D02A123	Kocadere - Muratoba	1980-2014
D02A131	Altıkulaç Deresi - Altıkulaç	1980-2014
D02A140	Yeşil Dere - Kaledibi	1980-2014
D02A141	Değirmendere - Kocayazı	1980-2014
E02A010	Gönen Çayı – Kumköy	1980-2014
E02A011	Karasu - Çatalca	1972-2014
E02A012	Biga Çayı - Çınarköprü	1980-2014
E02A013	Oluk Deresi - Orhangazi	1980-2014
E02A016	Fındıcak Dere - Bakırköy	1980-2014
E13A024	Riva Deresi - Ömerli	1980-2014



Şekil 3.92 Havza kapsamında seçilen Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) haritası

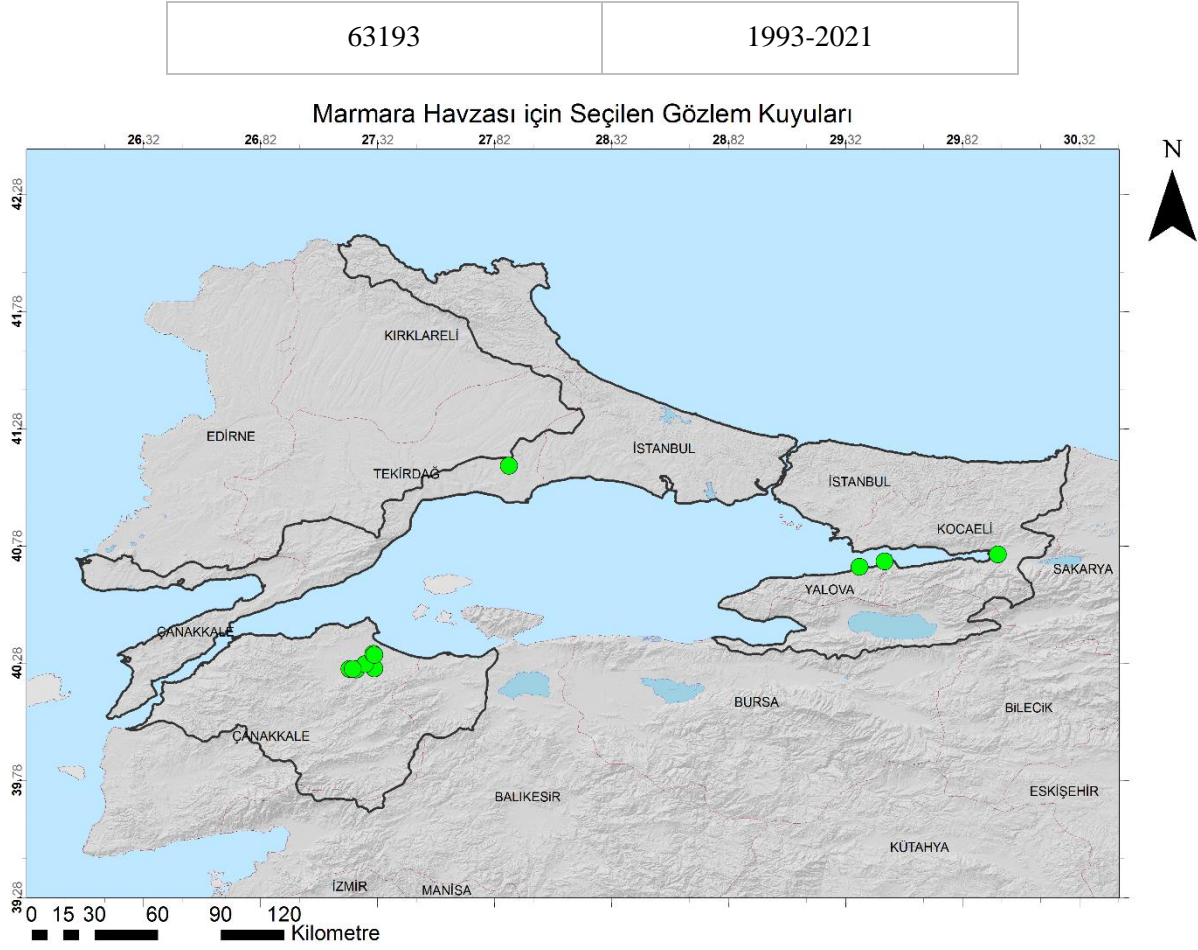
3.2.8. Standart Yeraltı Suyu İndisi (SGI)

Bu çalışma kapsamında havza içerisinde bulunan ve verisi uzun dönem olarak elde edilen 10 adet gözlem kuyusu için Standart Yeraltı Suyu İndisi (SGI) hesaplanmıştır. Rapor kapsamında hesaplaması yapılan gözlem kuyularından 4 tanesi seçilerek grafikleri yorumlanmış olup diğer kuyuların grafiklerine dijital eklerden ulaşılabilir. SGI için diğer benzer indislerden farklı olarak sadece 1 aylık periyotta hesaplamaları yapılmıştır. İndisin girdisi olarak kuyu seviyeleri alınmaktadır. SGI indisi kuyu seviyesi yönünden kuraklık hesaplamalarında kullanılmakta olup kuyuların bağlı olduğu yeraltı suyunun bazı dönemlerde ekilen bitki türünün değişmesine göre artıp azalması sonucu doğrudan kuraklığın etkisinin hesaplanamaması indisin dezavantajı olarak görülebilir. SGI analizleri sadece istasyon bazında yapılmakta olup alansal dağılıma uygun olmadığı için haritaları üretilmemektedir.

SGI bazında tek tip grafik üretilmiş olup oluşturulan grafiğin adı “Bar Grafik” olarak belirtilmektedir. Bar grafik ile analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmış olup 4 farklı renkte gösterim sağlanarak kuraklık şiddetlerini göstermektedir. Ayrıca grafiklerin alt kısmında kuyu seviyeleri de mavi renkli çizgisel grafikler ile gösterilerek kuyu seviye değişimlerinin indislere olan etkisi gösterilmektedir.

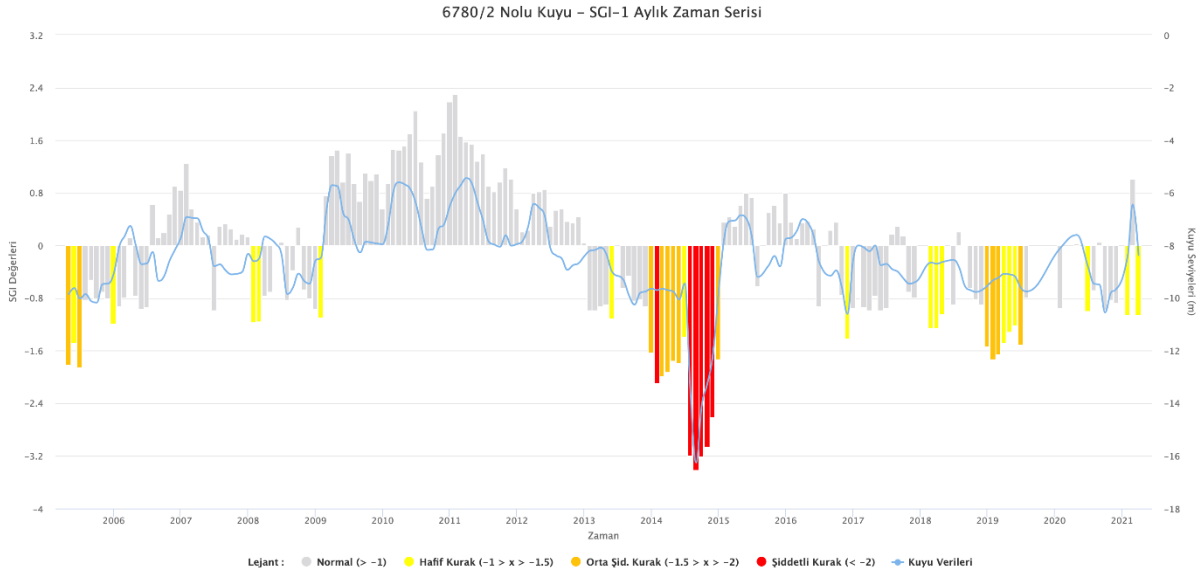
Tablo 3-27 Havza İçerisinde SGI Analizleri İçin Kullanılan Gözlem Kuyuları

Kuyu No	Veri Aralığı
6780/2	2005-2021
8242/B	1990-2018
8243/B	1990-2021
9898	1990-2021
16342	1990-2021
18922	1990-2018
20919	1977-2021
20920	1977-2021
52437	1990-2021



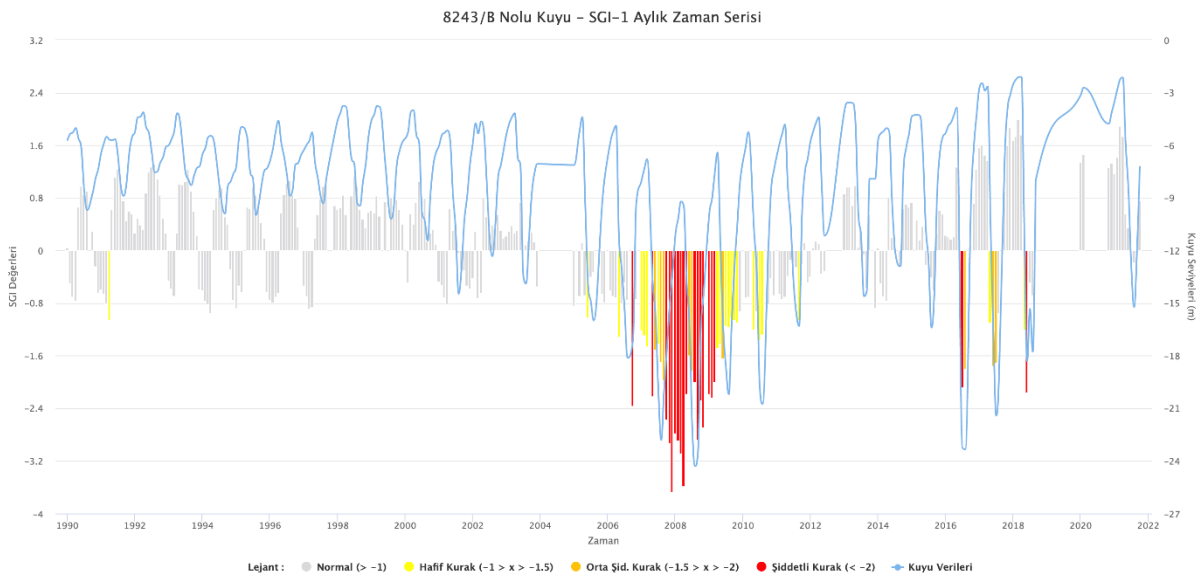
Şekil 3.93 Havza Kapsamında Seçilen Gözlem Kuyuları Haritası

6780/2 Nolu Kuyunun Şekil 3.94'te verilen grafiği incelendiğinde 2005-2021 yılları arasında 3 uzun, 2 kısa ve 7 ay bazında olmak üzere kurak döneme rastlanılmaktadır. Bu dönemler rapor kapsamında bulunan dönemler ile karşılaştırıldığında 2006-2008, 2013-2014 ve 2019-2021 kurak dönemleri ile kesişimler bulunmaktadır. Bu dönemlere ek olarak 2005 ve 2018 dönemlerinde kurak dönemler öne çıkmaktadır ki bu dönemde yeraltı suyundan çekimin artması sebebi ile bu durum ortaya çıkmaktadır. Bu çekimin sebebi kuyunun bulunduğu alt havzada süren yerel bir kurak dönem olabileceği gibi ekimi yapılan bitki türünün değişmesi ile de ilgili olabilmektedir.



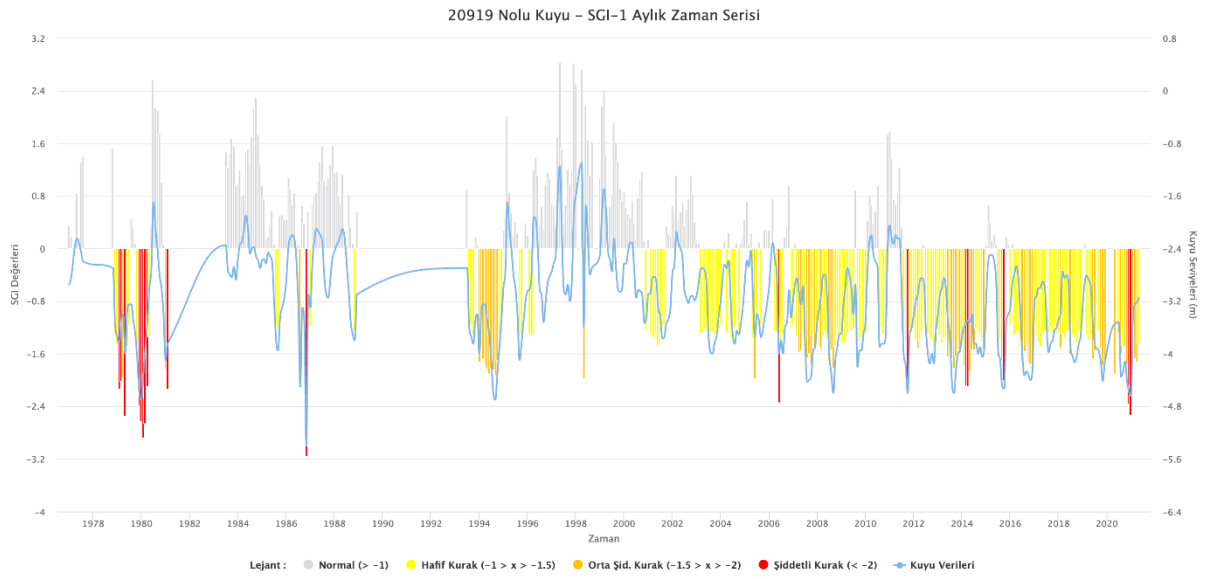
Şekil 3.94 6780/2 Nolu Kuyuya Ait SGI Aylık Bar ve Çizgisel Kuyu Seviyesi Grafiği

8243/B Nolu Kuyunun Şekil 3.95’te verilen grafiği incelendiğinde 1990-2021 yılları arasında 1 uzun, 3 kısa ve 4 ay bazında olmak üzere kurak döneme rastlanılmaktadır. Bu dönemler rapor kapsamında bulunan dönemler ile karşılaştırıldığında 2006-2008 ve 2016 kurak dönemleri ile kesişimler bulunmaktadır. Bu dönemlere ek olarak 2018 ve 2019 yıllarında kurak dönemler öne çıkmaktadır ki bu dönemde yeraltı suyundan çekimin artması sebebi ile bu durum ortaya çıkmaktadır. Bu çekimin sebebi kuyunun bulunduğu alt havzada süren yerel bir kurak dönem olabileceği gibi ekimi yapılan bitki türünün değişmesi ile de ilgili olabilmektedir.



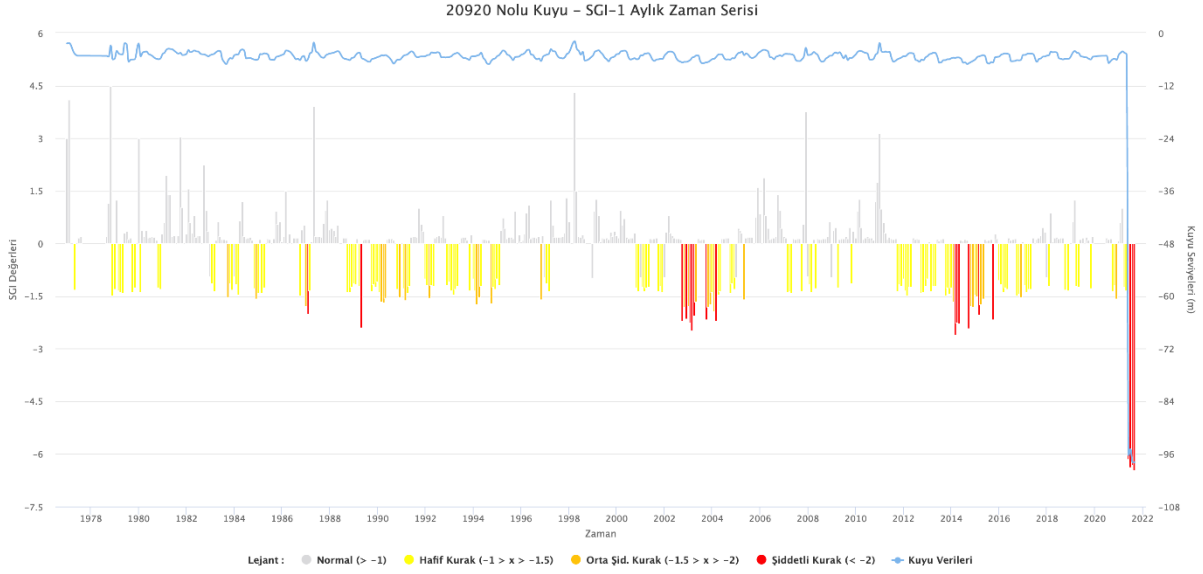
Şekil 3.95 8243/B Nolu Kuyuya Ait SGI Aylık Bar ve Çizgisel Kuyu Seviyesi Grafiği

2019 Nolu Kuyunun Şekil 3.96’da verilen grafiği incelendiğinde 1977-2021 yılları arasında geneli kurak olacak şekilde bir dağılım görülmektedir. Bu kurak dönemler rapor kapsamında bulunan kurak dönemler ile karşılaştırıldığında sadece en kurak dönem olan 1989-1990 dönemi görülmemektedir ki bunun da sebebi bu dönemde kuyu seviye verisinin olmamasıdır. Kuyunun genel de kurak dönemler geçirdiği görülse de 1985-1986, 1988 ve 1996-2000 yıllarında uzun kurak olmayan dönemler bulunmaktadır. Bazı dönemlerde raporda bulunmayan yıllar da kurak olarak görülmektedir ki bunun sebebi kuyunun bağlı olduğu yeraltı suyu kütlesinin belirli bir dönem ekilen bitki türlerinden dolayı su çekiminin artması olarak tahmin edilmektedir.



Şekil 3.96 2019 Nolu Kuyuya Ait SGI Aylık Bar ve Çizgisel Kuyu Seviyesi Grafiği

2019 Nolu Kuyunun Şekil 3.96’da verilen grafiği incelendiğinde bir önceki kuyu olan 2019 nolu kuyuya benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Grafikteki kuyu seviye durumu incelendiğinde genel olarak 2021 yılına kadar kararlı bir artış ve azalış sergilemektedir. Fakat havzanın en kurak dönemi olan 2019-2021 dönemine gelince su seviyesi -6 metreden -98 metrelere kadar düşmüştür. Bu düşüş sonrasında kuraklık da en düşük değeri olan -6’yı geçmiştir. Bu düşüşün sebebi kuyu çevresinde ekilen bitkilerin değişimi olabileceği gibi sanayi ya da benzeri bir durum için çekim yapılan su da olabilmektedir.



Şekil 3.97 20920 Nolu Kuyuya Ait SGI Aylık Bar ve Çizgisel Kuyu Seviyesi Grafiği

3.2.9. Standart Rezervuar Miktar Suyu İndisi (SRSI)

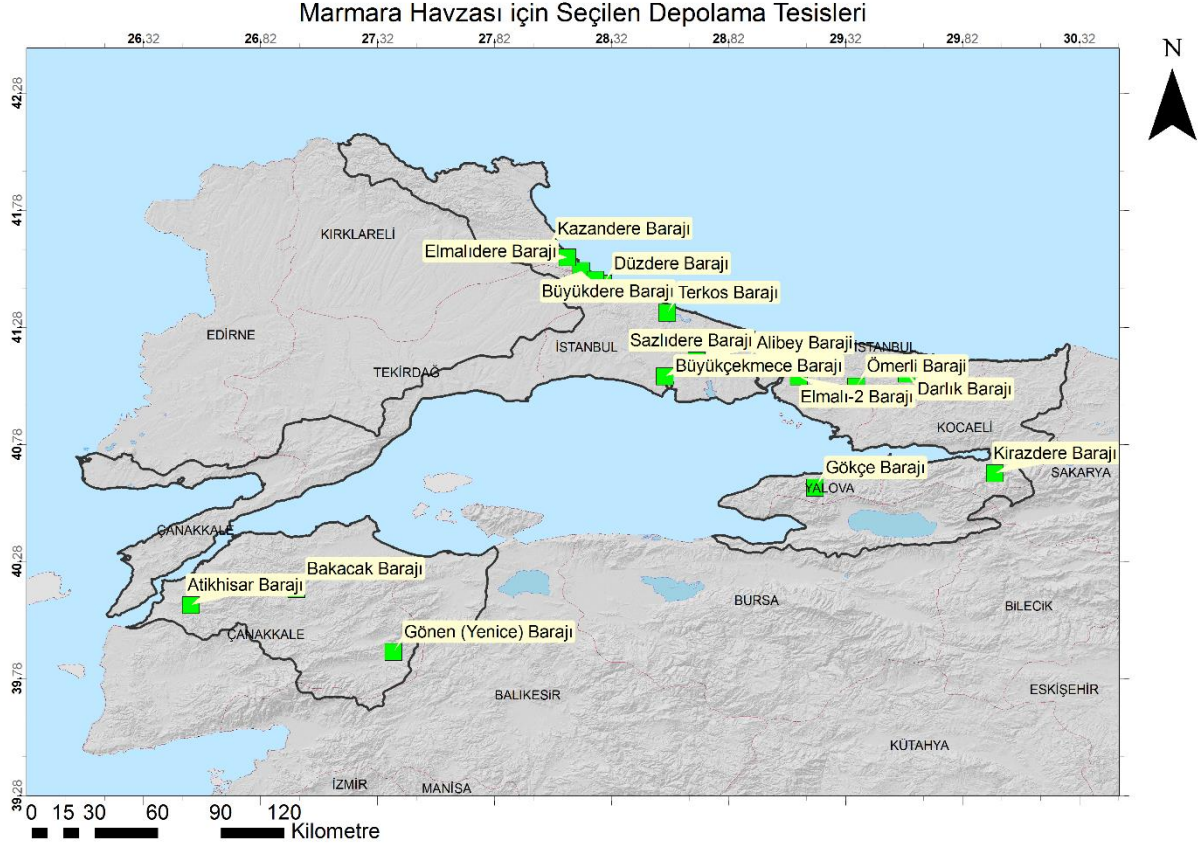
Bu çalışma kapsamında havza içerisinde bulunan ve verisi uzun dönem olarak DSİ'den elde edilen 17 adet depolama tesisi ve İSKİ'den elde edilen tüm barajların hacim verileri için Standart Rezervuar Miktar Suyu İndisi (SRSI) hesaplanmıştır. Hesaplaması yapılan bu depolama tesislerinden seçilen 4 adedinin grafik ve yorumları aşağıda yapılmakta olup, diğer tesislere eklerden ulaşılabilir.

SRSI için diğer benzer indislerden farklı olarak sadece 1 aylık periyotta hesaplamaları yapılmıştır. İndisin girdisi olarak aylık depolama hacimleri alınmaktadır. SRSI indisi depolama yönünden kuraklık hesaplamalarında kullanılmakta olup buharlaşmanın hesaba katılmaması indisin dezavantajı olarak görülebilir. SRSI analizleri sadece istasyon bazında yapılmakta olup alansal dağılıma uygun olmadığı için haritaları üretilmemektedir.

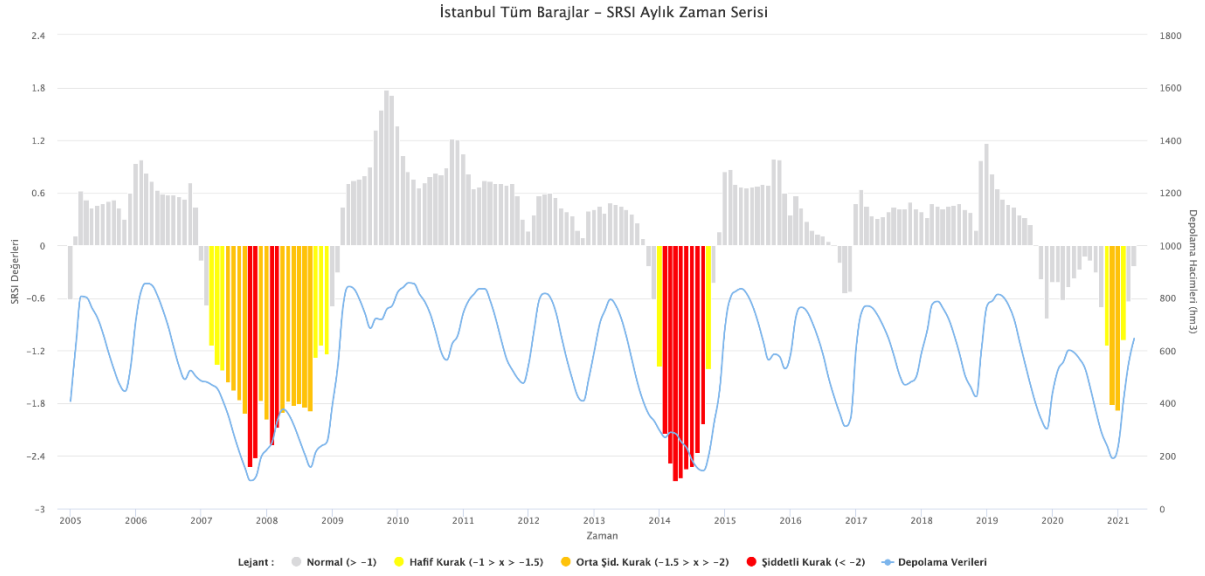
SRSI bazında tek tip grafik üretilmiş olup oluşturulan grafiğin adı “Bar Grafik” olarak belirtilmektedir. Bar grafik ile analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmış olup 4 farklı renkte gösterim sağlanarak kuraklık şiddetlerini göstermektedir. Ayrıca grafiklerin alt kısmında depolama hacimleri de mavi renkli çizgisel grafikler ile gösterilerek hacim değişimlerinin indislere olan etkisi gösterilmektedir.

Tablo 3-28 Havza İçerisinde SRSI Analizleri İçin Kullanılan Depolama Tesisleri

Baraj Adı	Veri Aralığı
Alibey Barajı	2007-2021
Atikhisar Barajı	2008-2021
Bakacak Barajı	2007-2021
Büyükçekmece Barajı	2007-2021
Büyükdere Barajı	2009-2021
Darlık Barajı	2007-2021
Düzdere Barajı	2009-2021
Elmalı II Barajı	2007-2021
Elmalıdere Barajı	2009-2021
Gökçe Barajı	2007-2020
Kazandere Barajı	2009-2021
Kirazdere Barajı	2007-2020
Kuzuludere Barajı	2009-2021
Ömerli Barajı	2007-2020
Sazlıdere Barajı	2007-2020
Terkos Barajı	2007-2021
Gönen (Yenice) Barajı	2008-2021

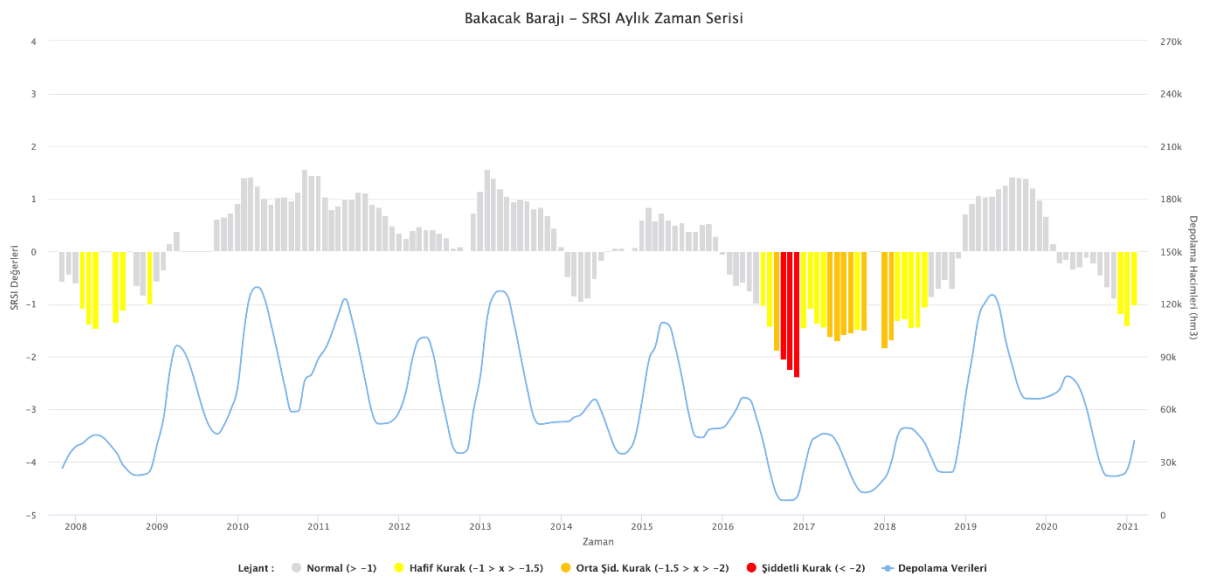


İSKİ'den temin edilen İstanbul'daki tüm barajlara ait veri ile hesaplanan SRSI'a ait Şekil 3.99'da bulunan grafik incelendiğinde 2 uzun ve 1 kısa dönem kuraklık görülmektedir. Bu barajlar Ömerli, Darlık, Elmalı, Terkos, Alibey, Büyükçekmece, Sazlıdere, Pabuçdere, Istrancalar olarak verilmiştir. Grafikte görülen kurak dönemler rapor kapsamında bulunan kurak dönemler ile karşılaştırıldığında 2006-2008, 2013-2014 ve 2019-2021 kurak dönemleri ile örtüştüğü görülmektedir. Bu dönemler harici diğer yıllarda başka bir kurak döneme rastlanılmamaktadır. Haberlere bakıldığı durumda ilin en kurak zamanının 2007 yılı olduğu ve bunun da grafikteki yoğun kurak dönemle kesiştiği görülmektedir. Haberlerde bu dönemde bile suların kesilmediğinden bahsedilmekte olup, bunun en önemli sebebinin havzaya diğer havzalardan sağlanan su teminleri ve mevcut baraj kapasitelerinin artırılması olduğu bilinmektedir.



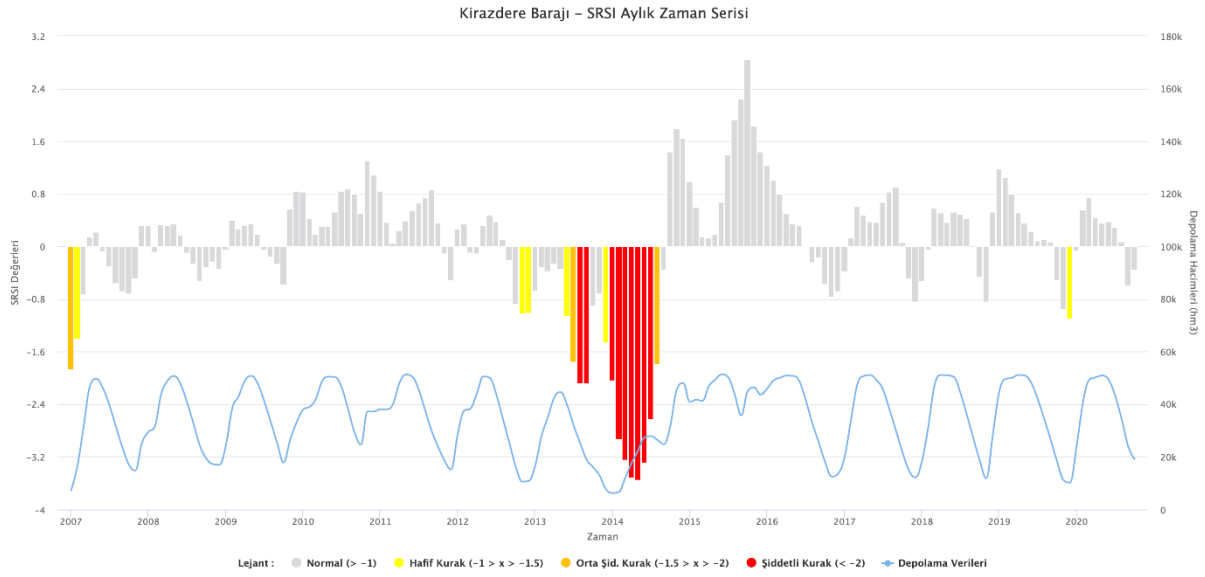
Şekil 3.99 İstanbul'daki Tüm Barajlara Ait SRSI Aylık Bar ve Çizgisel Hacim Grafiği

Bakacak Barajının Şekil 3.100'de verilen grafiği incelendiğinde 2 uzun ve 1 kısa kurak dönem ile tek kurak bir ay göze çarpmaktadır. Grafikteki tüm kurak dönemleri rapor kapsamında bulunan kurak dönemler ile kıyaslayınca 2006-2008, 2016 ve 2019-2021 dönemleri ile kesişimler dikkat çekmektedir. Bu dönemler harici bazı kurak aylar rapor kapsamında tespit edilen kurak dönemler ile kesişmese de tek ay olması sebebi ile çok önem arz etmemektedir. Ayrıca 2016 kurak döneminden sonra 2018 yılına kadar uzayan kuraklık süreci hidrolojik kuraklıkta beklenen bir sonuç olup, bu dönemde barajda yapılan işletme çalışmaları da detaylı olarak incelenmelidir.



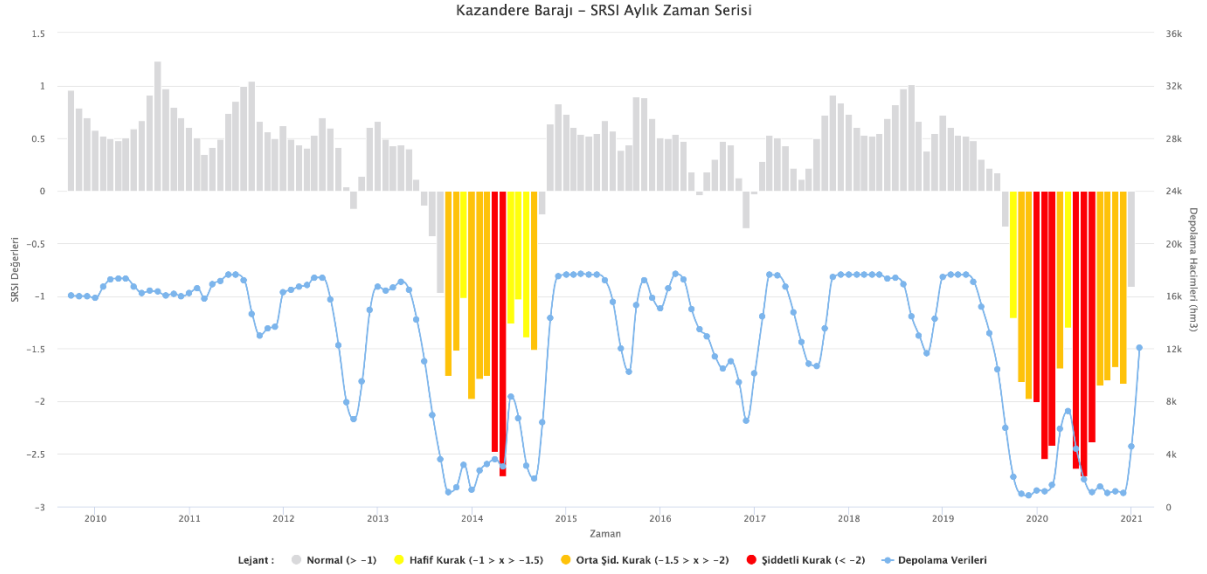
Şekil 3.100 Bakacak Barajına Ait SRSI Aylık Bar ve Çizgisel Hacim Grafiği

Kirazdere Barajının Şekil 3.101’de verilen SRSI grafiği incelendiğinde 2 uzun ve 2 kısa kurak dönem ile tek kurak bir ay göze çarpmaktadır. Grafikteki kurak dönemler rapor kapsamında bulunan kurak dönemler ile karşılaştırılınca 2006-2008, 2013-2014 ve 2019-2021 dönemleri ile kesiştikleri görülmektedir. Fakat havzadaki en önemli kurak dönem olan 2019-2021 dönemi bu grafikte diğer kurak dönemler kadar bir etki yaratmamış olarak gözükmemektedir. Bunun sebebinin barajın bulunduğu alt havzanın bu dönem devam eden kurak dönemden diğer alt havzalar kadar etkilenmemesi olarak görülmektedir. Ayrıca bu dönemde barajda yapılan işletme çalışmalarının da incelenerek bu duruma katkı koyup koymadığı araştırılmalıdır.



Şekil 3.101 Kirazdere Barajına Ait SRSI Aylık Bar ve Çizgisel Hacim Grafiği

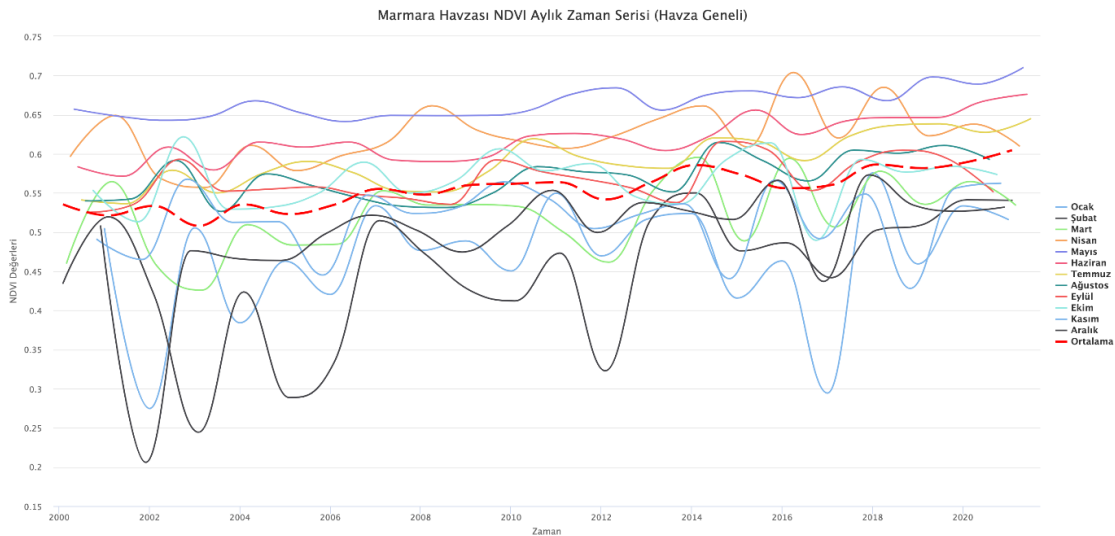
Kazandere Barajının Şekil 3.102’de verilen SRSI grafiği incelendiğinde sadece 2 uzun kurak dönem göze çarpmaktadır. Grafikteki uzun dönemler rapor kapsamında bulunan kurak dönemler ile karşılaştırılınca 2013-2014 ve 2019-2021 kurak dönemleri ile kesiştikleri görülmektedir. Diğer kurak dönemler grafikte görülmemektedir, zira bu barajın verisi 2009 yılından başlamaktadır. Ayrıca bu barajda rapor kapsamında tespit edilen 2016 kurak dönemlerine rastlanılmamıştır ki bunun sebebinin barajın bulunduğu alt havzanın bu dönemlerde diğer alt havzalardan daha az etkilenmesi ya da barajın işletmesi ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 3.102 Kazandere Barajına Ait SRSI Aylık Bar ve Çizgisel Hacim Grafiği

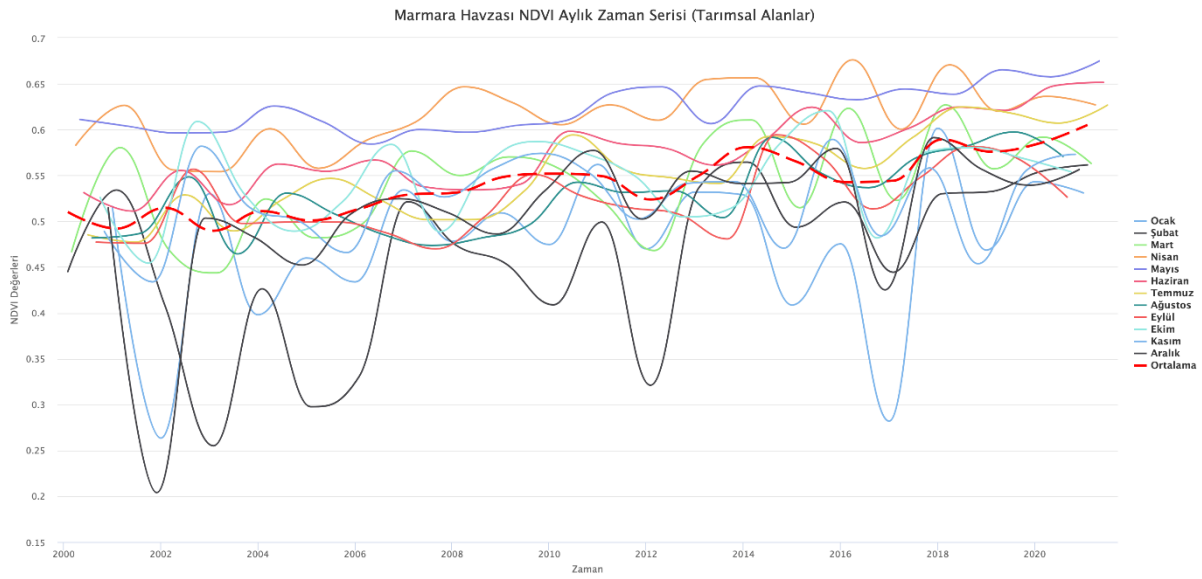
3.2.10. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

MODIS uydusunun verileri kullanılarak elde edilen NDVI verisinin doğrudan kuraklık şiddet analizinde kullanılması uygun olmamakla birlikte VCI ve diğer indislerle olan bağlantısının görülmesi açısından aylık bazda değişim grafikleri bu kısımda paylaşılacaktır. NDVI verisinin grafiksel olarak gösterimi için “Havza Geneli” ve CORINE verisinden oluşturulan “Tarımsal Alanlar” ile “Orman ve Yarı Doğal Alanlar” alt kırılımları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için ilgili alanın içine düşen piksel değerlerinin ortalaması alınarak alanın NDVI değeri zaman serisi olarak hesaplanmıştır. Hazırlanan bu grafiklere aşağıdan erişilebilir.

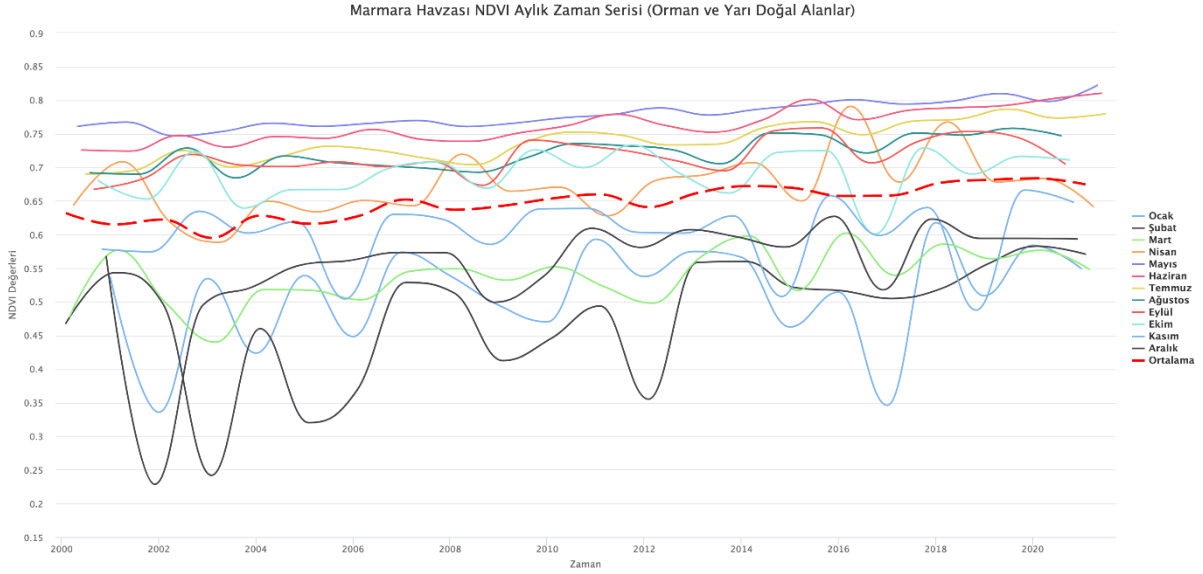


Şekil 3.103 Havza geneli NDVI aylık zaman serisi grafiği

Üstteki grafikten (Şekil 3.103) de görüleceği üzere Mayıs , Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları grafiğin en üst kısmında yer almaktadır ki bu bitkilerin en iyi şekilde fark edildiği ayları temsil ettiğinden dolayı beklenen bir sonuçtur. Ocak ve Şubat ayları ortalamaları da beklenen şekilde en düşük aralıkta yer almaktadır. Grafikte kırmızı kesikli çizgi yıllık ortalama NDVI değerini göstermektedir. Bu çizgi incelendiğinde Bölüm 0'te 2000-2001, 2006-2008, 2013-2014, 2016 ve 2019-2020 kurak dönemlerinde minimumda olduğu görülmüş ve kurak dönemleri desteklemiştir. Benzer yaklaşımla Şekil 3.104 ve Şekil 3.105 incelendiğinde de benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır.



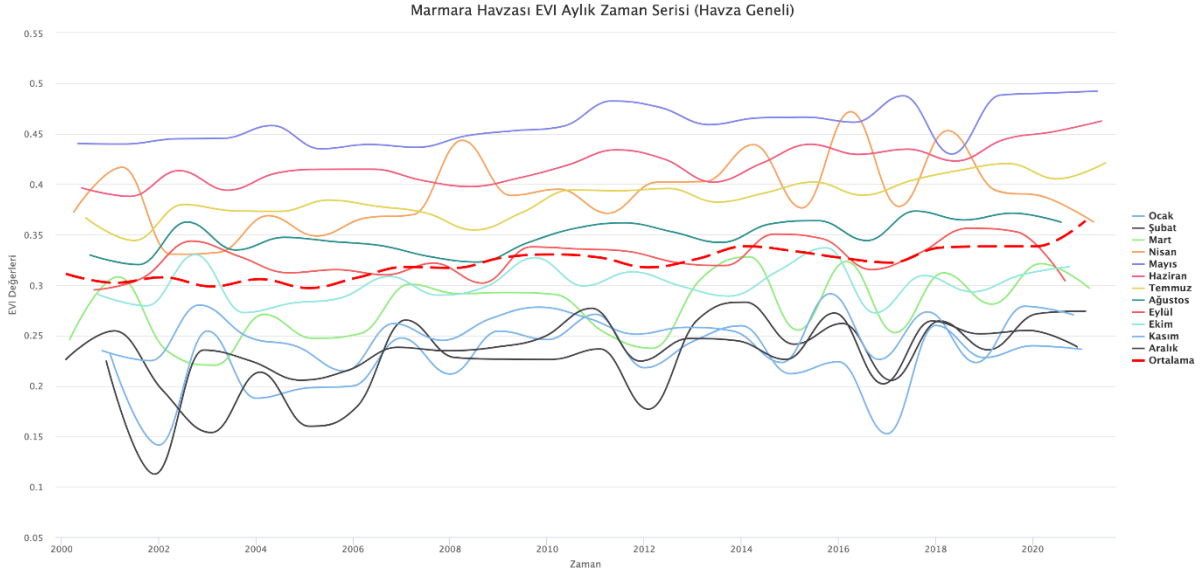
Şekil 3.104 Havza genelindeki tarımsal alanların NDVI aylık zaman serisi grafiği



Şekil 3.105 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların NDVI aylık zaman serisi grafiği

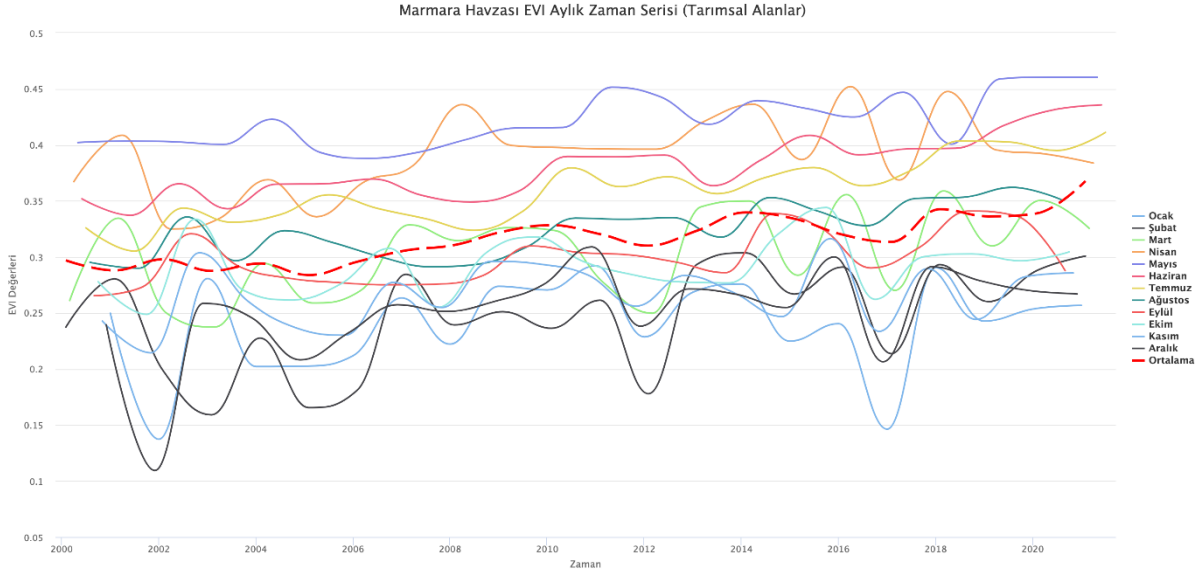
3.2.11. Genişletilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI)

MODIS uydusunun verileri kullanılarak elde edilen EVI verisinin doğrudan kuraklık şiddet analizinde kullanılması uygun olmamakla birlikte VCI ve diğer indislerle olan bağlantısının görülmesi açısından aylık bazda değişim grafikleri bu kısımda paylaşılacaktır. EVI verisinin grafiksel olarak gösterimi için "Havza Geneli" ve CORINE verisinden oluşturulan "Tarımsal Alanlar" ile "Orman ve Yarı Doğal Alanlar" alt kırımları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için ilgili alanın içine düşen piksel değerlerinin ortalaması alınarak alanın EVI değeri zaman serisi olarak hesaplanmıştır. Hazırlanan bu grafiklere aşağıdan erişilebilir.

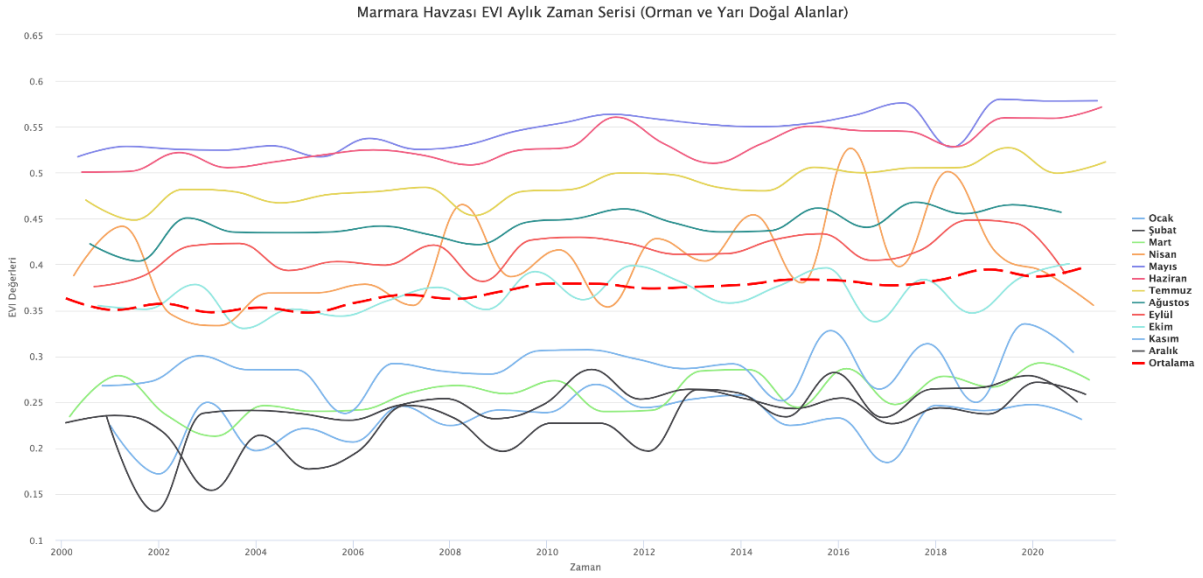


Şekil 3.106 Havza geneli EVI aylık zaman serisi grafiği

Üstteki grafikten (Şekil 3.106) de görüleceği üzere Mayıs , Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları grafiğin en üst kısmında yer almaktadır ki bu bitkilerin en iyi şekilde fark edildiği ayları temsil ettiğinden dolayı beklenen bir sonuçtur. Ocak ve Şubat ayları ortalamaları da beklenen şekilde en düşük aralıkta yer almaktadır. Grafikte kırmızı kesikli çizgi yıllık ortalama EVI değerini göstermektedir. Bu çizgi incelendiğinde Bölüm 3.3’te bulunan 2000-2001, 2006-2008, 2013-2014, 2016 ve 2019-2020 kurak dönemlerinde minimumda olduğu görülmüş ve kurak dönemleri desteklemiştir. Benzer yaklaşımla Şekil 3.107 ve Şekil 3.108 incelendiğinde de benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.107 Havza genelindeki tarımsal alanların EVI aylık zaman serisi grafiği

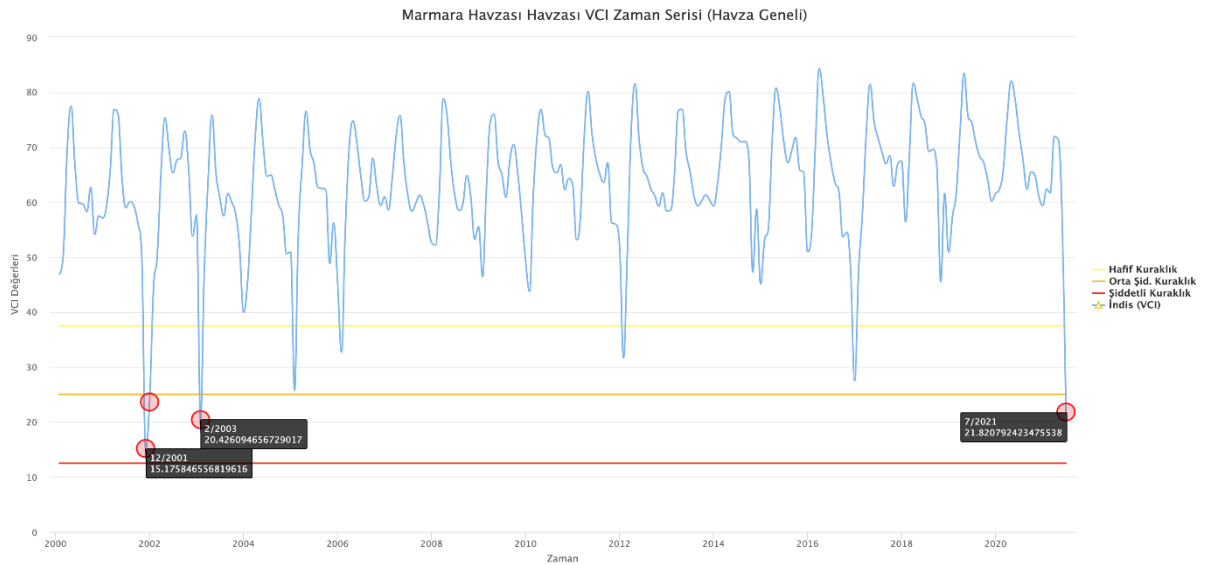


Şekil 3.108 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların EVI aylık zaman serisi grafiği

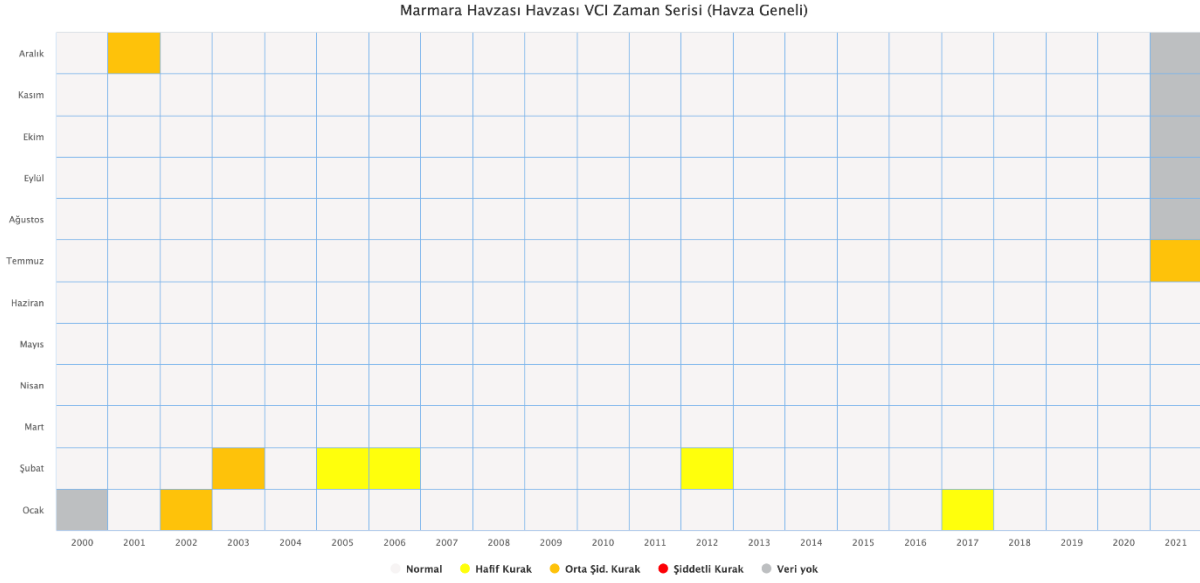
3.2.12. Bitki Durumu İndeksi (VCI)

MODIS uydusunun verileri kullanılarak elde edilen NDVI verisinden hesaplanan VCI değerleri doğrudan kuraklık şiddet analizinde kullanılmaktadır. Rapor kapsamında belirlenen 4 aralığa göre de gruplanabilen indeks ile meteorolojik olarak hesaplanan indisler ile uzaktan algılama temelli indeksler karşılaştırılabilir bir hale gelmektedir. VCI için 3 farklı grupta hesaplama yapılmıştır. Daha önce NDVI ve EVI için de kullanılan “Havza Geneli” ile CORINE verisinden oluşturulan “Tarımsal Alanlar” ve “Orman ve Yarı Doğal Alanlar” alt kırılımları VCI için de kullanılmıştır. Bu hesaplamalar için ilgili alanın içine düşen piksel değerlerinin ortalaması alınarak alanın VCI değeri zaman serisi olarak hesaplanmıştır. Hazırlanan bu grafiklere aşağıdan erişilebilir.

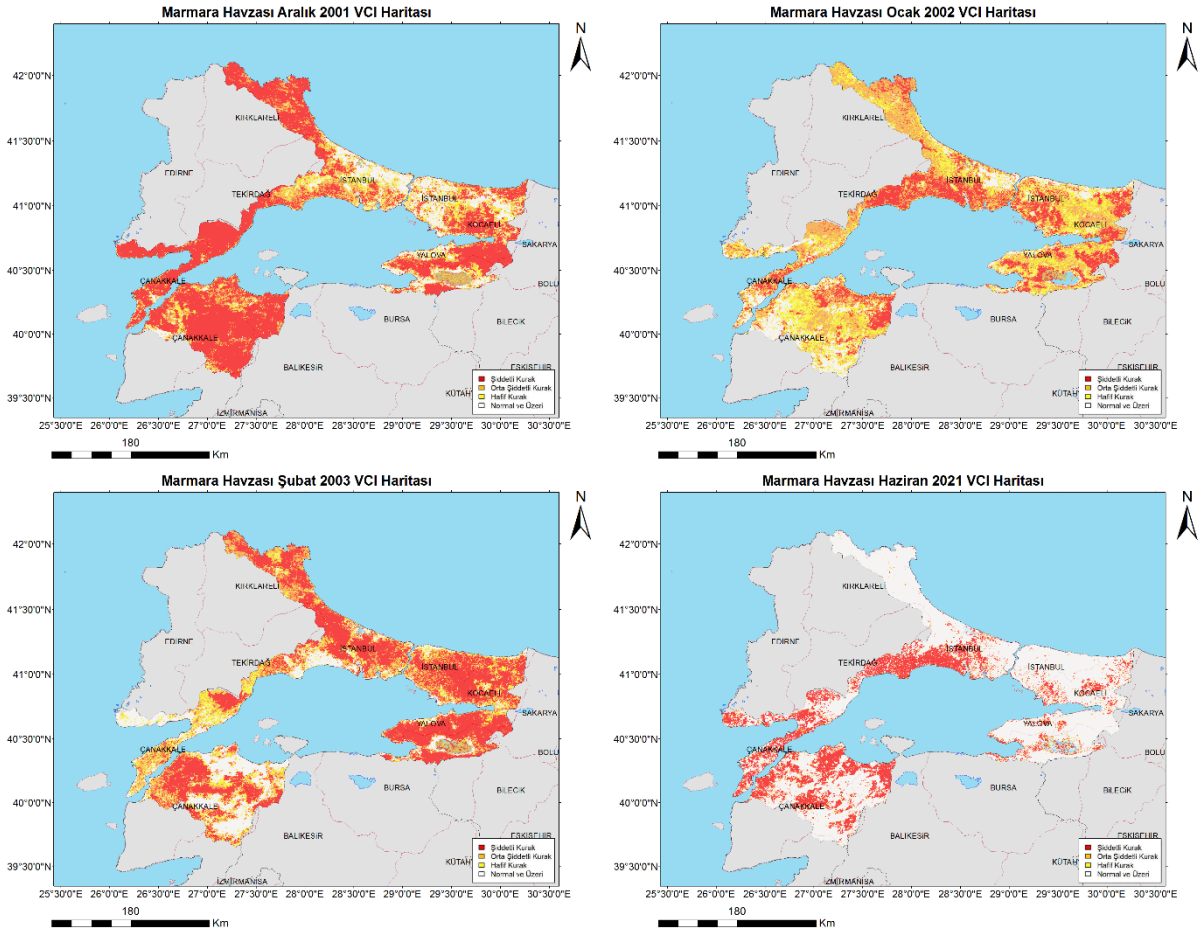
Havza bazında 3 farklı grafiksel gösterim üretilmiş olup her bir grafik, analizi farklı şekillerde ifade etmektedir. Çizgisel grafikler literatürde de sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda kurumun istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır. Ayrıca VCI’nin havza bazındaki çizgisel grafiklerde en kurak aylar grafik üzerinde gösterilmektedir. Burada en kurak ay tercihi yapılırken aynı yılda birden fazla kurak ay varsa en kurak olan seçilmektedir. Havza geneli için seçilen 4 en kurak aya ilişkin ise grafiğin altında aylık bazdaki kuraklık şiddet haritaları gösterilerek kuraklığın alansal olarak dağılımı gösterilmektedir.



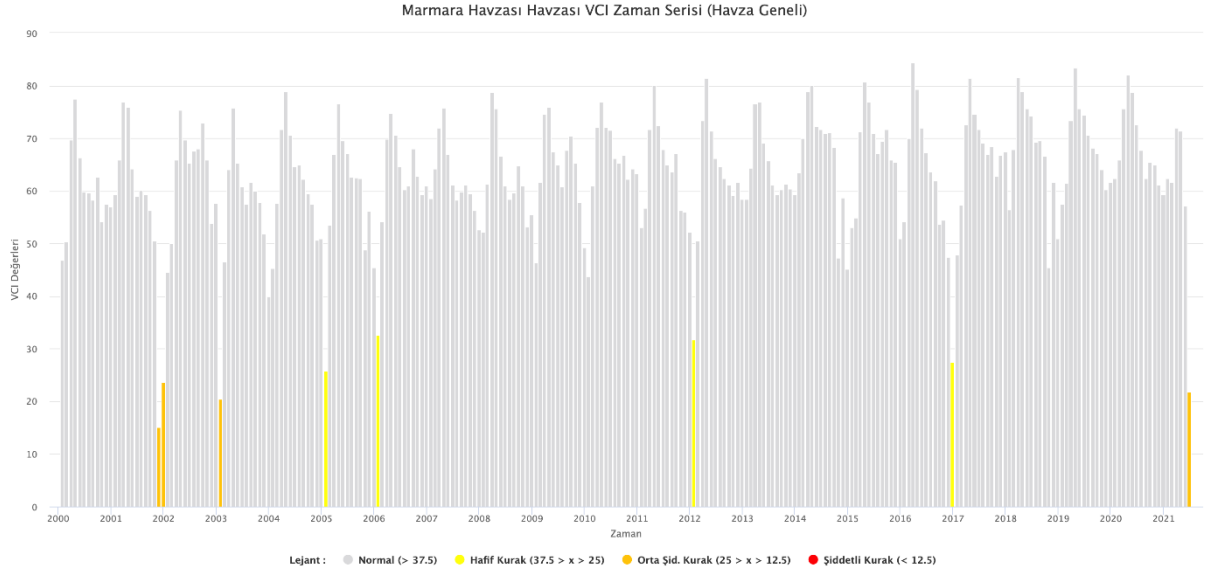
Şekil 3.109 Havza geneli VCI aylık zaman serisi çizgisel grafiği



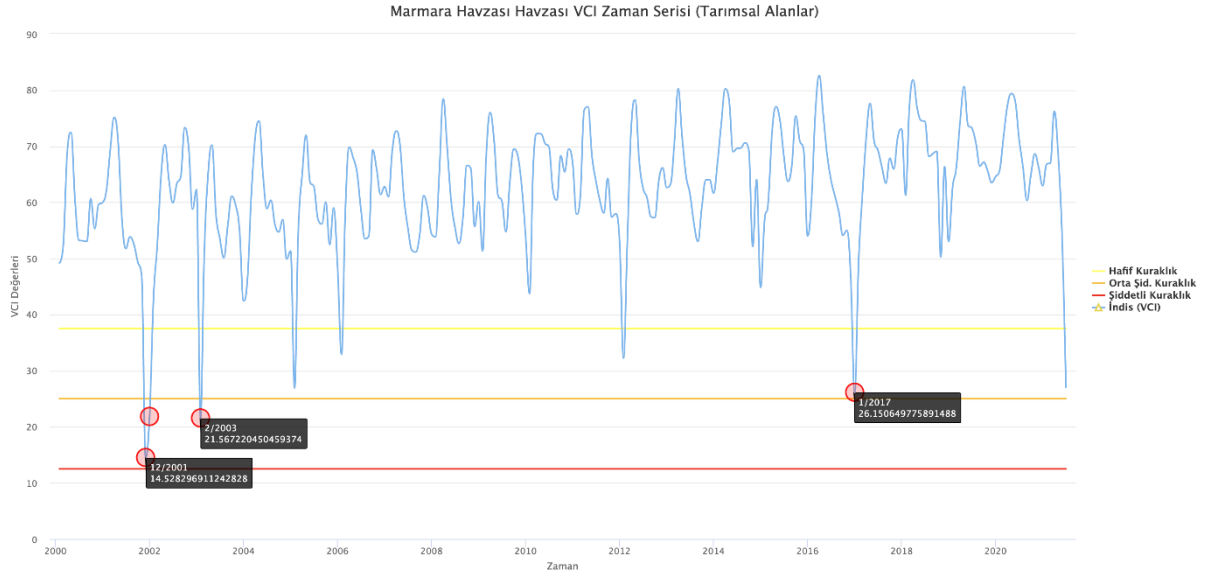
Şekil 3.110 Havza geneli VCI aylık zaman serisi zamansal kuraklık grafiği



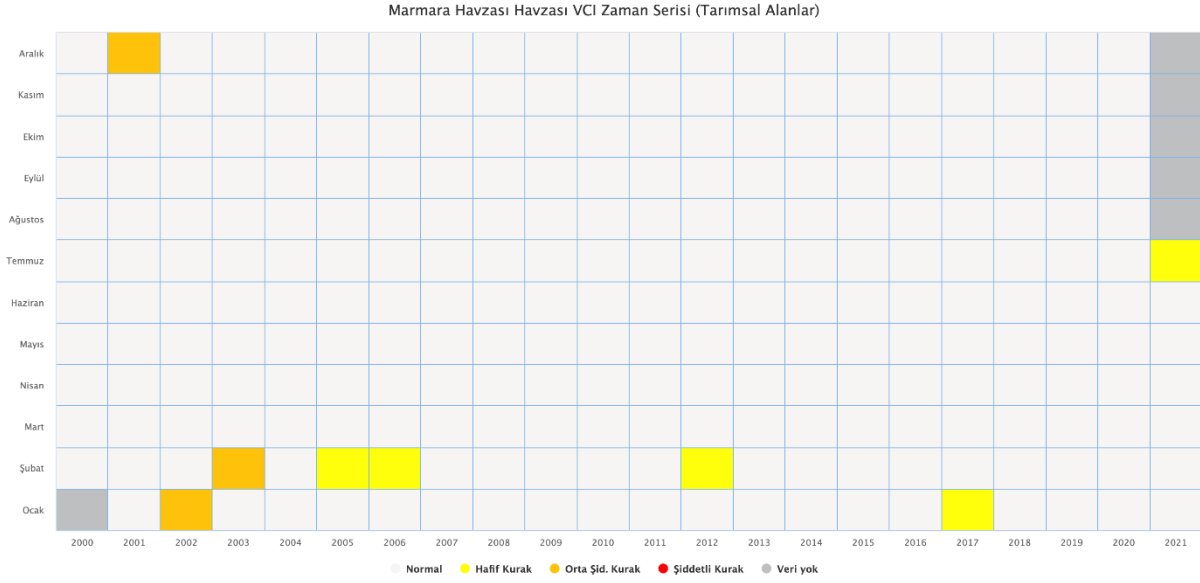
Şekil 3.111 VCI İndeksi En Kurak 4 aya ait haritalar



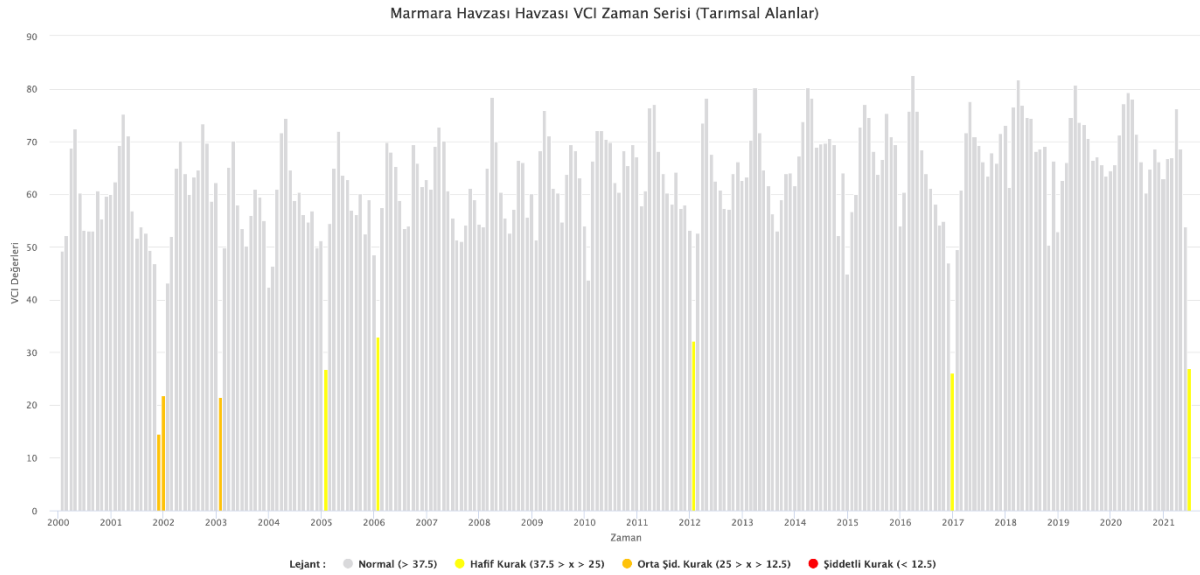
Şekil 3.112 Havza geneli VCI aylık zaman serisi bar grafiği



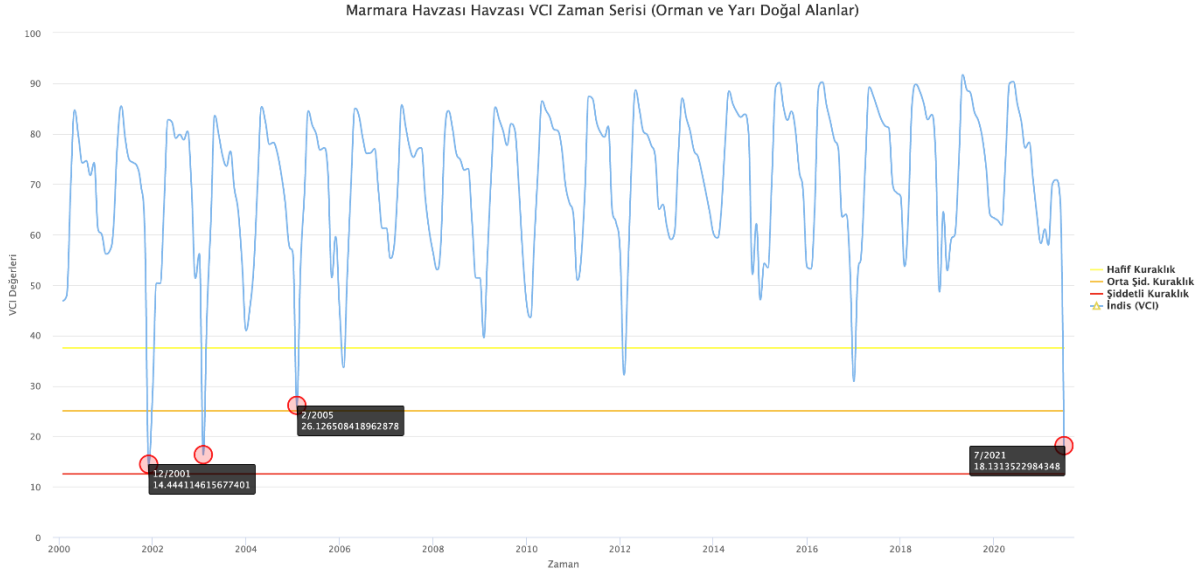
Şekil 3.113 Havza genelindeki tarımsal alanların VCI aylık zaman serisi çizgisel grafiği



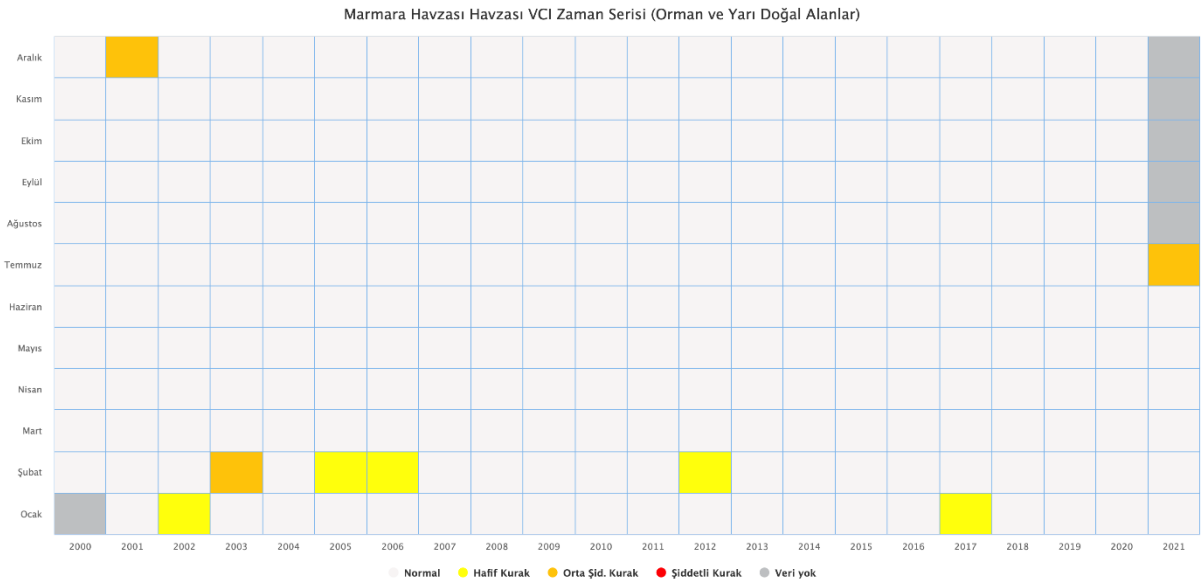
Şekil 3.114 Havza genelindeki tarımsal alanların VCI aylık zaman serisi zamansal kuraklık grafiği



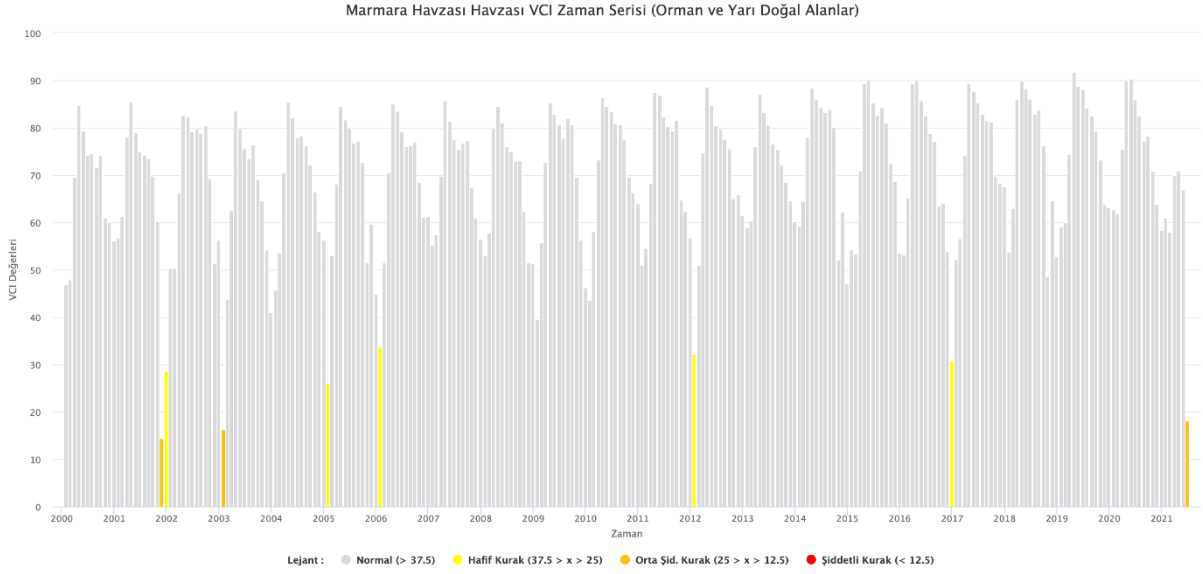
Şekil 3.115 Havza genelindeki tarımsal alanların VCI aylık zaman serisi bar grafiği



Şekil 3.116 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların VCI aylık zaman serisi çizgisel grafiği



Şekil 3.117 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların VCI aylık zaman serisi zamansal kuraklık grafiği



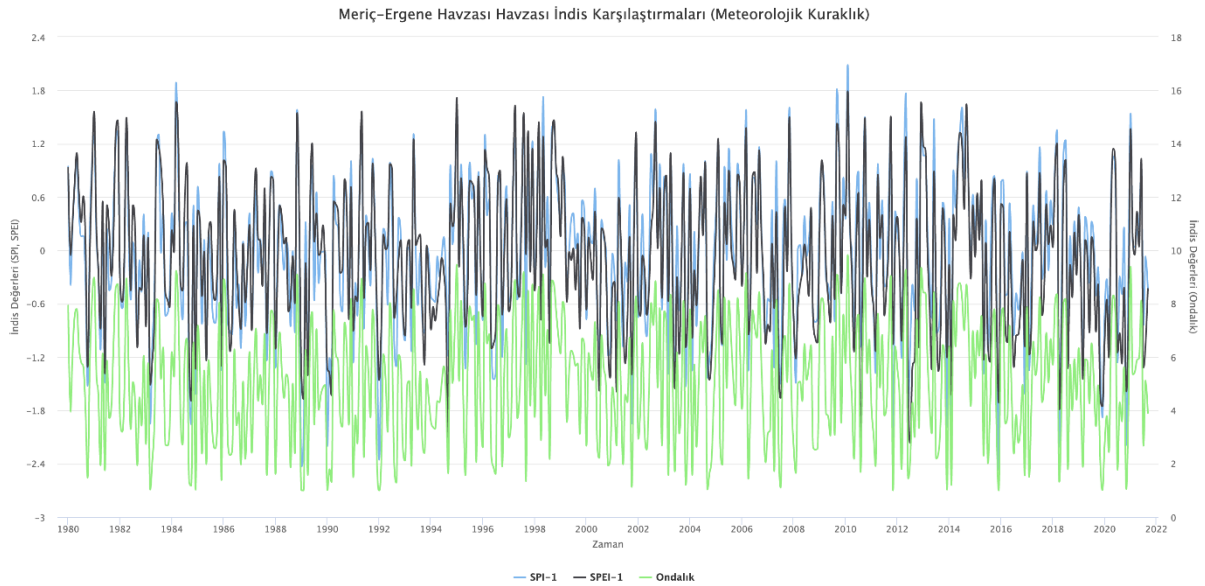
Şekil 3.118 Havza genelindeki orman ve yarı doğal alanların VCI aylık zaman serisi bar grafiği

3.2.13. Kuraklık Şiddet Analiz Değerlendirmeleri

Rapor içerisinde 9 meteorolojik/hidrolojik indis ile 3 uzaktan algılama temelli indeks 3. Bölüm kapsamında incelenmiştir. İndislerin bir kısmı 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlarda hesaplanarak farklı kuraklık tiplerinde havzanın durumu raporlanmıştır. Bu korelasyon matrislerinden görüleceği üzere RDI indisi havza kapsamında diğer indisler ile çok iyi bir korelasyon yakalayamamıştır. RDI indisi tüm havza kapsamında hesaplamaları, grafikleri ve haritalamaları yapılmış olup, raporda sadece şiddet ve risk grafikleri olarak paylaşılmıştır. RDI indisine ek olarak uzaktan algılama verileri ile hesaplanan NDVI, EVI ve VCI indekslerinde de korelasyonlar düşük çıkmıştır. Her ne kadar NDVI, EVI ve VCI grafiklerinde rapor kapsamında bulunan kurak dönemlerdeki değerler düşük çıkarak kurak dönemleri onaylıyor gözükse de aylık bazdaki korelasyonlarda düşük değerler vermiştir. Bu sebeple rapor kapsamında kurak dönemlerin tespiti, kuraklık şiddet haritaları, kuraklık risk haritaları ve maruziyet indeksi hesaplamalarında VCI harici NDVI, EVI indeksleri ile RDI indisine yer verilmemiştir.

Diğer indislerinin birbiri ile olan korelasyonları özellikle aynı periyotlarda bir hayli yüksek çıkmaktadır. Bunu grafiksel olarak da teyit etmek amacıyla meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık açılarından birbiri ile uyuşan indisler aynı grafiklerde üst üste getirilerek genel bir değerlendirme yapılmıştır.

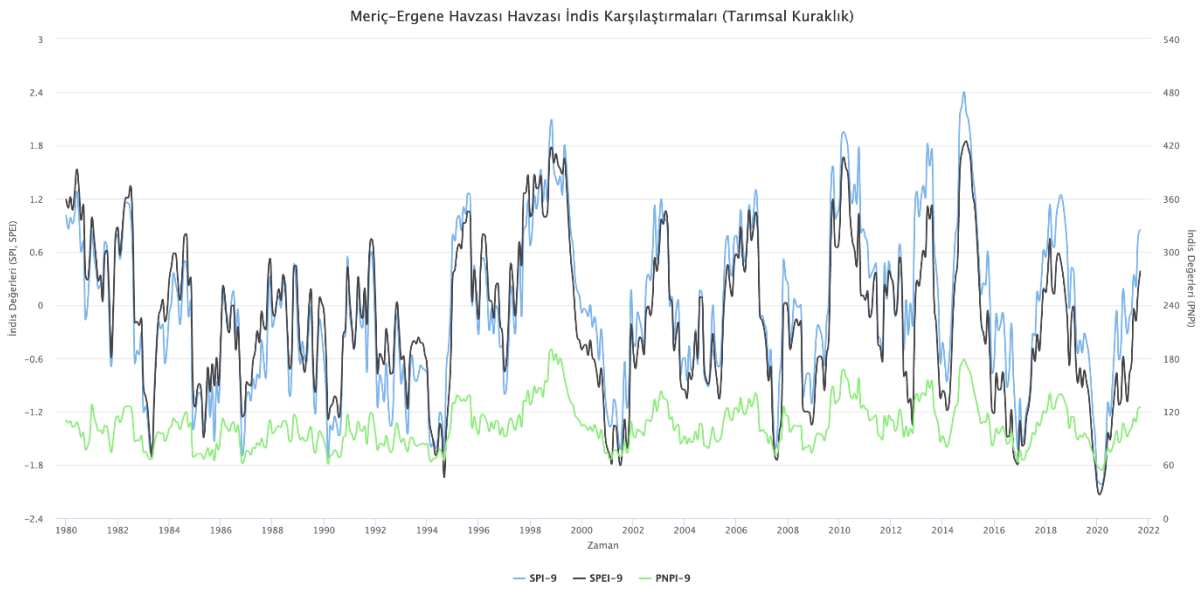
Öncelikle meteorolojik kuraklık bakımından bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu kapsamda meteorolojik kuraklığı ifade eden SPI 1 aylık, SPEI 1 aylık ve ondalıklar indisi tek bir grafikte havza bazında zaman serisi olarak gösterilmiştir. SPI ve SPEI indislerinin aralığı aynı olduğu için sol ekseninde, ondalıklar ise sağ ekseninde gösterilmektedir (Şekil 3.119). Bu grafikte aynı aralıklara sahip oldukları için SPI 1 aylık periyot ve SPEI 1 aylık periyot indisleri neredeyse birbiri ile aynı salınımda görülmektedir. Ondalık indisi ise farklı aralığa sahip olduğu için daha farklı gibi görünse de grafiğe yaklaşıldığı durumda SPI ve SPEI gibi aynı dönemlerde artıp azalmakta ve aynı dönemlerde yüksek/düşük değerlerini almaktadır. Bu sebeple SPI ve SPEI indisleri ile **0.981** ve **0.922** gibi yüksek korelasyon değerleri almıştır. Grafiklerin genel olarak kurak dönemler ile ilişkisine de bakılacak olursa rapor kapsamında bölüm 3.3 kapsamında bulunan kurak dönemler ile kesişimler görülmektedir. Ayrıca en kurak dönemler olan 1992-1994 ve 2019-2020 dönemlerinde en düşük değerleri de aldıkları görülmektedir.



Şekil 3.119 Havza Geneli Meteorolojik Kuraklığı Temsil Eden İndislerin Karşılaştırılması

Tarımsal kuraklık bakımından bakılınca ise SPI 9 aylık, SPEI 9 aylık ve PNPI 9 aylık periyoda sahip indisler seçilmiştir. SPI ve SPEI indislerinin aralığı aynı olduğu için sol ekseninde, PNPI indisi ise sağ ekseninde gösterilmektedir (Şekil 3.120). Bu grafikte aynı aralıklara sahip oldukları için SPI 9 aylık periyot ve SPEI 9 aylık periyot indisleri birbirine benzer salınımlar yapmakla birlikte 9 aylık toplamdaki buharlaşmadan kaynaklı farklar grafikten rahatlıkla görülmektedir. PNPI 9 aylık periyot indisi ise farklı aralığa sahip olduğu için daha farklı gibi görünse de grafiğe yaklaşıldığı durumda SPI ve SPEI gibi aynı dönemlerde artıp azalmakta ve aynı dönemlerde

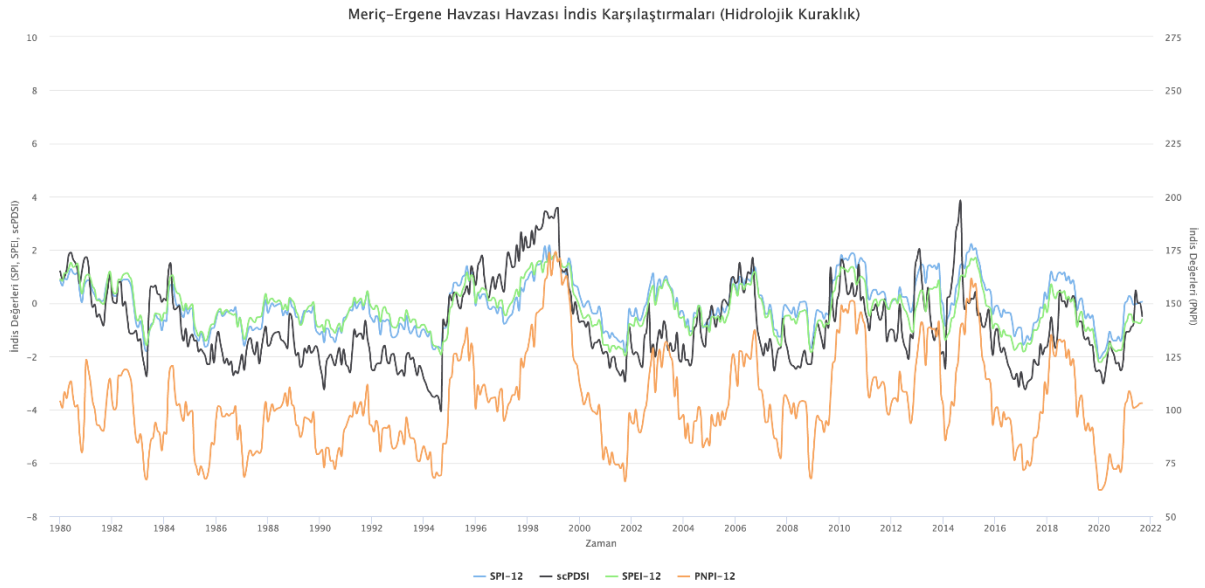
yüksek/düşük değerlerini almaktadır. Bu sebeple SPI ve SPEI indisleri ile **0.958** ve **0.879** gibi yüksek korelasyon değerleri almıştır. SPEI korelasyonundaki düşüşün sebebi PNPI ve SPI indislerinin sadece yağış verisi ile hesaplanırken, SPEI indisinin yağış ve buharlaşma farkına göre hesaplanmasıdır. Grafiklerin genel olarak kurak dönemler ile ilişkisine de bakılacak olursa rapor kapsamında bölüm 3.3 kapsamında bulunan kurak dönemler ile kesişimler görülmektedir. Ayrıca kurak dönemlerden olan 1992-1994, 2000-2001, 2008-2009, 2016-2017 ve 2019-2020 dönemlerinde en düşük değerleri de aldıkları görülmektedir.



Şekil 3.120 Havza Geneli Tarımsal Kuraklığı Temsil Eden İndislerin Karşılaştırılması

Hidrolojik kuraklık bakımından bakılınca ise SPI 12 aylık periyot, SPEI 12 aylık periyot, PNPI 12 aylık periyot ve scPDSI indisleri seçilmiştir. SPI, SPEI ve scPDSI indislerinin aralıkları benzer olduğu için sol ekseninde, PNPI indisi ise sağ ekseninde gösterilmektedir (Şekil 3.121). Bu grafikte aynı aralıklara sahip oldukları için SPI 12 aylık periyot ve SPEI 12 aylık periyot indisleri birbirine benzer salınımlar yapmakla birlikte 12 aylık toplamdaki buharlaşmadan kaynaklı farklar grafikten rahatlıkla görülmektedir. PNPI 12 aylık periyot indisi ise farklı aralığa sahip olduğu için daha farklı gibi görünse de grafiğe yaklaşıldığı durumda SPI ve SPEI gibi aynı dönemlerde artıp azalmakta ve aynı dönemlerde yüksek/düşük değerlerini almaktadır. Bununla birlikte scPDSI indisi ise genel olarak 12 aylık periyoda benzer bir şekilde hesaplandığı için bu indisler ile birlikte değerlendirilmektedir. Bu kapsamda scPDSI indisi diğer indislere göre benzer kurak dönemleri daha şiddetli göstermektedir. Özellikle 2006-2008

kurak dönemine bakıldığında bu durum net olarak görülmektedir. scPDSI indisinin bu indisler ile olan korelasyonlarına bakıldığında SPI 12 aylık periyot ile **0.732**, SPEI 12 aylık periyot ile **0.755** ve PNPI 12 aylık periyot ile **0.712** olarak görülmektedir. Grafiklerin genel olarak kurak dönemler ile ilişkisine de bakılacak olursa rapor kapsamında bölüm 3.3 kapsamında bulunan kurak dönemler ile kesişimler görülmektedir. Ayrıca kurak dönemlerden olan 1992-1994, 2000-2001, 2006-2007, 2016-2017 ve 2019-2020 dönemlerinde en düşük değerleri de aldıkları görülmektedir.



Şekil 3.121 Havza Geneli Hidrolojik Kuraklığı Temsil Eden İndislerin Karşılaştırılması

3.2.14. Kuraklık Risk Analizleri

Kuraklık Risk Analizleri geçmiş dönem indis verilerine göre istatistiksel olarak yapılan bir çalışma olarak tanımlanmaktadır. İstasyon bazında yapılan indis hesapları mevcut durumda kullanılan kuraklık aralıkları ile karşılaştırılarak her bir kuraklık ya da normal durum için oluşma sayısı toplanır ve tüm olayların sayısına bölünür. Böylelikle bir istasyon için yüzdesel olarak hafif kurak, orta şiddetli kurak, şiddetli kurak ya da normal olma durumu ortaya çıkar. Bu analiz ilerleyen süreç için istatistiksel olarak istasyon bazında kuraklık riskini görmemizi sağlamaktadır.

Kuraklık Risk Analizleri de kuraklık şiddetleri benzeri bir yaklaşımla, önce istasyon bazında başlayıp sonrasında SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan grid sistemi vasıtasıyla alt havza bazında da hesaplanarak raporda sunulmuştur. Böylelikle tümevarım yaklaşımı ile tüm havzanın farklı kırımlardaki risk analizi gerçekleştirilmiştir.

Hesaplanan tüm indis ve alt periyotları bu yaklaşım ile incelenerek aşağıda sunulmaktadır.

3.2.15. Standart Yağış İndisi (SPI)

3.2.15.1. İstasyon Bazında SPI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları farklı olan 15 adet istasyonun risk hesapları yapılmıştır.

SPI 1 aylık periyoda bakıldığında Sarıyer ve Şile istasyonlarının toplamda en yüksek riske sahip oldukları görülmekle birlikte istasyon ortalamaları alındığı durumda %7.88 oranında hafif kurak, %3.52 oranında orta şiddetli kurak ve %2.23 oranında şiddetli kurak olma durumları ile normal dağılımına yakın değerler göstermektedirler.

SPI 3 aylık periyoda bakıldığında ise Tekirdağ (%16.5) ve Bahçeköy (%16.4) istasyonları toplamda en yüksek riske sahip istasyonlar olarak öne çıkmaktadır. SPI 6 aylık periyot da ise Tekirdağ (%17) istasyonu aşırı bir fark ile normal dağılımın dışına çıkmaktadır. SPI 9 aylık periyotta ise İznik (%18.4) ve Çanakkale (%17.7) istasyonları diğer istasyonlara göre daha riskli görülmektedir. SPI 12 aylık periyodunda İznik ve Kartal istasyonlarında risk artmış ve özellikle Kartal istasyonunda şiddetli kurak olma ihtimali %3.6 gibi yüksek bir değer almıştır.

SPI 24 aylık periyoda gelindiğinde ise İznik istasyonunun veri kayıplarının aşırı olması sebebi ve diğer kuraklık tiplerinin baskın olması sebebiyle 24 aylık periyotta hesaplama yapılmaması durumu ortaya çıkararak riskleri 0 gibi görülmekle birlikte Çınarcık istasyonu %20.3'lük bir değer ile kurak olma ihtimali dağılımın bir hayli dışına çıkmıştır.

Genel olarak bakıldığında istasyon ortalamaları tüm periyotlar için dağılıma uygun olarak görülse de bazı istasyonların durumları kritik olarak görülmektedir. Ayrıca yukarıda bahsi geçen ve kritik olarak görülen istasyonların son dönemde kapalı olması sebebi ile günümüz ile net bir karşılaştırma yapılması da mümkün görülmemektedir.

3.2.15.2. Alt Havza Bazında SPI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları aynı olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup, SYGM tarafından yapılan "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi" Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km'lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılmıştır. Sonrasında her alt havzaya düşen gridlerin ortalaması alınarak ilgili alt havza için risk hesabı yapılmıştır. Bu kapsamda havza bünyesindeki tüm alt havzalar için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

Alt havza bazında sonuçlara bakıldığında tüm periyotlarda tüm alt havzaların bir çoğu birbirine yakın olasılıklar göstermektedir. Zira istasyonlardaki veriler alana IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtıldıktan sonra bazı uç veriler sönmümlenerek normal dağılıma daha uygun hale gelmiştir. Bununla birlikte tekil olarak periyotlar incelendiğinde, SPI 1 aylık periyot içerisinde Kuzey Kırklareli alt havzası %2-4'lük bir farkla diğer alt havzalardan öne çıkmaktadır. SPI 3 aylık periyoda gelince daha az bir fark ile Kuzey Çanakkale ve Gönen Çayı alt havzaları riskli olarak görülmektedir. SPI 6 ve 9 aylık periyotlarda ise Kuzey Çanakkale alt havzası %1'lik bir fark ile ön plana çıkmaktadır. SPI 12 ve 24 aylık periyotlara geldiğimizde ise Kuzey Çanakkale ve İznik Gölü alt havzaları diğer alt havzaların önüne geçmektedir. SPI 24 aylık periyot içerisinde İznik Gölü alt havzasının hafif kurak olma olasılığı durumu normal dağılımın dışına çıktığı da görülmektedir.

3.2.16. Palmer Kuraklık İndisleri

3.2.16.1. Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (scPDSI)

3.2.16.1.1. İstasyon Bazında scPDSI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları farklı olan 15 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup rapor kapsamında havza içi istasyonların durumları alt başlıklarda gösterilmektedir.

scPDSI indisine bakıldığında Sarıyer ve Çanakkale istasyonlarının toplamda en yüksek riske sahip oldukları görülmekle birlikte istasyon ortalamalarının alındığı durumda %15.76 oranında hafif kurak, %8.66 oranında orta şiddetli kurak ve %3.43 oranında ise şiddetli kurak olma durumları görülmektedir. Biga ve Kartal istasyonları ise en düşük riske sahip olan istasyonlar olarak öne çıkmaktadır. Çınarcık istasyonunda ise hafif kurak olma olasılığının yüksek olması sebebi ile şiddetli kurak olma riski çok düşük çıkmıştır.

Genel olarak bakıldığında istasyon ortalamaları tüm periyotlar için dağılıma uygun olarak görünse de bazı istasyonların durumları kritik olarak görülmektedir. Ayrıca yukarıda bahsi geçen ve kritik olarak görülen istasyonların son dönemde kapalı olması sebebi ile günümüz ile net bir karşılaştırma yapılması da mümkün görülmemektedir.

3.2.16.1.2. Alt Havza Bazında scPDSI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları aynı olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup, SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılmıştır. Sonrasında her alt havzaya düşen gridlerin ortalaması alınarak ilgili alt havza için risk hesabı yapılmıştır. Bu kapsamda havza bünyesindeki tüm alt havzalar için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir. Alt havza bazında sonuçlara bakıldığında tüm periyotlarda tüm alt havzaların bir çoğu birbirine yakın olasılıklar göstermektedir. Zira istasyonlardaki veriler alana IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtıldıktan sonra bazı uç veriler sönümlenerek normal dağılıma daha uygun hale gelmiştir. Bununla detaya indiğimizde Kuzey Çanakkale alt havzası %1-6 arası bir farkla diğer alt havzalardan öne çıkmaktadır. Ortalama değerlere bakıldığında ise %15.51 oranında hafif kurak, %8.27 oranında orta şiddetli kurak ve %3.17 oranında şiddetli kurak olma ihtimalleri görülmektedir. Alt havzaların toplam risk durumuna bakıldığında %23 ile %30 arası yüksek riskli değerler görülmektedir.

3.2.16.2. Kendinden Kalibreli Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (scPHDI)

3.2.16.3. İstasyon Bazında scPHDI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları farklı olan 15 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup rapor kapsamında havza içi istasyonların durumları alt başlıklarda gösterilmektedir.

scPHDI indisine bakıldığında Sarıyer ve Çanakkale istasyonlarının toplamda en yüksek riske sahip oldukları görülmekle birlikte istasyon ortalamalarının alındığı durumda %17.02 oranında hafif kurak, %9.57 oranında orta şiddetli kurak ve %3.80 oranında şiddetli kurak olma durumları görülmektedir. Biga ve Kartal istasyonları ise en düşük riske sahip olan istasyonlar olarak öne çıkmaktadır. Çınarcık istasyonunda ise hafif kurak olma olasılığının yüksek olması sebebi ile şiddetli kurak olma riski çok düşük çıkmıştır.

Genel olarak bakıldığında istasyon ortalamaları tüm periyotlar için dağılıma uygun olarak görülse de bazı istasyonların durumları kritik olarak görülmektedir. Ayrıca yukarıda bahsi geçen ve kritik olarak görülen istasyonların son dönemde kapalı olması sebebi ile günümüz ile net bir karşılaştırma yapılması da mümkün görülmemektedir.

3.2.16.3.1. Alt Havza Bazında scPHDI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları aynı olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup, SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılmıştır. Sonrasında her alt havzaya düşen gridlerin ortalaması alınarak ilgili alt havza için risk hesabı yapılmıştır. Bu kapsamda havza bünyesindeki tüm alt havzalar için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

Alt havza bazında sonuçlara bakıldığında tüm periyotlarda tüm alt havzaların bir çoğu birbirine yakın olasılıklar göstermektedir. Zira istasyonlardaki veriler alana IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtıldıktan sonra bazı uç veriler sönmülenererek normal dağılıma daha uygun hale gelmiştir. Bununla birlikte detaya indiğimizde Kuzey Çanakkale alt havzası %1-7 arası bir farkla diğer alt havzalardan öne çıkmaktadır. Ortalama değerlere bakıldığında ise %15.50 oranında hafif kurak, %8.27 oranında orta şiddetli kurak ve %3.17 oranında ise şiddetli kurak olma ihtimalleri görülmektedir. Alt havzaların toplam risk durumuna bakıldığında %23 ile %30 arası yüksek riskli değerler görülmektedir.

3.2.17. Standart Yağış-Buharlaştırma İndisi (SPEI)

3.2.17.1. İstasyon Bazında SPEI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları farklı olan 15 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup rapor kapsamında havza içi istasyonların durumları alt başlıklarda gösterilmektedir.

SPEI 1 aylık periyoda bakıldığında Çınarcık, Kocaeli ve Sarıyer istasyonlarının toplamda en yüksek riske sahip oldukları görülmekle birlikte istasyon ortalamaları alındığı durumda %11.20 oranında hafif kurak, %4.95 oranında orta şiddetli kurak ve %1.14 oranında ise şiddetli kurak olma durumu ile normal dağılımın biraz üzerinde dağılım göstermektedir. Özellikle hafif kurak olma riski yüksek iken şiddetli kurak olma riski düşük olarak çıkmıştır.

SPEI 3 aylık periyoda bakıldığında ise Çınarcık (%20.6) ve Kocaeli (%18.9) istasyonları değerleriyle toplamda en yüksek riske sahip istasyonlar olarak öne çıkmaktadır. SPEI 6 ve 9 aylık periyotlarında ise Kocaeli ve Çınarcık (%19.5 – %20.2) istasyonları aşırı bir fark ile normal dağılımın dışına çıkmaktadır. SPEI 12 aylık periyodunda İzmit ve Yalova istasyonlarında şiddetli kurak olma ihtimali 0'a yaklaşırken, Sarıyer istasyonunda şiddetli kurak olma ihtimali %13.3 gibi yüksek bir değer olarak dağılımın bir hayli dışına çıkmıştır. Sarıyer istasyonu genel toplamda da %20 gibi bir değer ile riskli bir istasyon olarak görülmektedir.

SPEI 24 aylık periyoda gelindiğinde ise Çınarcık, Kartal ve Kocaeli istasyonları risk durumlarını devam ettirerek en yüksek değerleri almıştır. Ayrıca Biga, İzmit ve Kocaeli istasyonlarının şiddetli kurak olma durumu 0 olarak çıkmıştır. SPEI 24 aylık periyotta ortalamalar %9.68 oranında hafif kurak, %6.38 oranında orta şiddetli kurak ve %1.79 oranında şiddetli kurak olarak hesaplanmıştır. Genel olarak istasyonlarda orta şiddetli kurak olma durumu bir hayli yüksek çıkmış olup İzmit istasyonunda hafif kurak olma durumunu geçmiştir.

Genel olarak bakıldığında istasyon ortalamaları tüm periyotlar için dağılıma uygun olarak görülse de bazı istasyonların durumları kritik olarak görülmektedir.

3.2.17.2. Alt Havza Bazında SPEI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları aynı olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup, SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılmıştır. Sonrasında her alt havzaya düşen gridlerin ortalaması alınarak ilgili alt havza için risk hesabı yapılmıştır. Bu kapsamda havza bünyesindeki tüm alt havzalar için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

Alt havza bazında sonuçlara bakıldığında tüm periyotlarda tüm alt havzaların bir çoğu birbirine yakın olasılıklar göstermektedir. Zira istasyonlardaki veriler alana IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtıldıktan sonra bazı uç veriler sönmülenererek normal dağılıma daha uygun hale gelmiştir. Bununla birlikte tekil olarak periyotları incelediğimizde, SPEI 1 aylık periyot içerisinde genel olarak tüm alt havzaların değerleri birbirine yakın olmakla birlikte Biga Çayı alt havzası %0.1-0.7 arası bir farkla diğer alt havzalardan öne çıkmaktadır. SPEI 3 aylık periyoda gelince benzer bir fark ile Körfez ve Kuzey Çanakkale alt havzaları riskli olarak görülmektedir. SPEI 6, 9 ve 12 aylık periyotlarda ise benzer bir şekilde Körfez ve Kuzey Çanakkale alt havzaları %0.3’lük bir fark ile ön plana çıkmaktadır. SPEI 24 aylık periyoda gelindiğinde ise Körfez, İznik Gölü ve Ağva Deresi alt havzaları diğer alt havzaların önüne geçmektedir. SPEI 24 aylık periyot içerisinde Kuzey Çanakkale alt havzasının şiddetli kurak olma olasılığı durumu normal dağılımın dışına çıktığı da görülmektedir.

3.2.18. Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI)

3.2.18.1. İstasyon Bazında PNPI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları farklı olan 15 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup rapor kapsamında havza içi istasyonların durumları alt başlıklarda gösterilmektedir.

İstasyon bazında sonuçlara bakıldığında alt havza risk analizlerine benzer bir sonuç ile karşılaşılmaktadır. Özellikle 1 ve 3 aylık periyotlara bakıldığında %28 ile %49 arasında değişen toplam risk oranları görülmektedir. Bu oranlarda da şiddetli kurak olma olasılığı %12 ile %40 arasında değişen oranlarla birinci sırayı almaktadır ki bu normal bir durum olarak görülmemesi gerekir. PNPI 6 aylık periyoda geldiğimizde toplam risk oranı %22 ile %31 arasına düşmekle birlikte hala İznik, Yalova ve Kocaeli istasyonlarında şiddetli kurak olma olasılığı diğer

oranlara göre yüksek görülmektedir. Bu periyotların grafikleri bilgi amacıyla aşağıda verilmektedir.

PNPI 9 aylık periyoda geldiğimizde daha normal dağılıma uygun bir sonuç ile karşılaşılmaktadır. Ortalama istasyon değerlerine bakıldığında %10.39 oranında hafif kurak, %6.67 oranında orta şiddetli kurak ve %7.01 oranında ise şiddetli kurak görülme ihtimalleri bulunmaktadır. Bu periyotta riskler birbirine yakın olmakla birlikte İznik (%29.80), Tekirdağ (%28.10) ve Çanakkale (%28.10) istasyonları riskli olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca Yalova ve Çanakkale istasyonlarında şiddetli kuraklık riski diğer riskleri geçerek belirgin hale gelmiştir.

PNPI 12 ve 24 aylık periyotlara baktığımızda ise İznik, Şile ve Çanakkale istasyonları riskli olarak ön planda bulunmaktadır. Her iki grafikte de Kocaeli ve Yalova istasyonlarında şiddetli kuraklık riski aşırı yüksek çıkmaya (%11-16) devam etmiştir. İstasyonların ortalama değerlerine bakıldığında ise %8.47 oranında hafif kuraklık, %2.27 oranında orta şiddetli kuraklık ve %2.72 oranında şiddetli kuraklık olma riski bulunmaktadır. Bu dağılıma bakıldığında orta şiddetli kuraklık riskinin düşük, şiddetli kuraklık riskinin ise yüksek olduğu sonucuna varılmaktadır.

3.2.18.2. Alt Havza Bazında PNPI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları aynı olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup bu SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılmıştır. Sonrasında her alt havzaya düşen gridlerin ortalaması alınarak ilgili alt havza için risk hesabı yapılmıştır. Bu kapsamda havza bünyesindeki tüm alt havzalar için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

Alt havza bazında sonuçlara bakıldığında istasyonlar kısmına benzer bir sonuç ile karşılaşılmaktadır. Özellikle 1 ve 3 aylık periyotlara bakıldığında %29 ile %48 arasında değişen toplam risk oranları görülmektedir. Bu oranlarda da şiddetli kurak olma olasılığı %15 ile %37 arasında değişen oranlarla birinci sırayı almaktadır ki bu normal bir durum olarak görülmemesi gerekir. PNPI 6 aylık periyoda geldiğimizde toplam risk oranı birbirine yakın değerlerde olup %24 ile %25 arasına düşmüştür. Fakat İznik Gölü alt havzasında şiddetli kurak olma olasılığı (%17.89) diğer oranlara göre aşırı yüksek görülmektedir. Bu periyotların grafikleri bilgi amacıyla aşağıda verilmektedir.

PNPI 9 aylık periyoda geldiğimizde şiddetli kurak olma durumu hariç diğer değerler normal dağılıma uygun bir sonuç vermektedir. Zira ortalama değerler %10.11 oranında hafif kurak, %6.36 oranında orta şiddetli kurak ve %9.21 oranında şiddetli kurak olarak verilmektedir. Grafikten de görüleceği üzere İznik Gölü ve Körfez alt havzalarında şiddetli kuraklık riski diğer riskleri geçmektedir. Bu periyotta toplam riskler birbirine yakın olmakla birlikte İznik Gölü (%28.10) ve Kuzey Çanakkale (%28.29) alt havzaları riskli olarak öne çıkmaktadır.

PNPI 12 ve 24 aylık periyotlara baktığımızda ise İznik Gölü ve Kuzey Çanakkale alt havzaları hala riskli olarak ön planda bulunmaktadır. Ortalama değerlere bakılınca her iki periyot için de şiddetli kurak olma riski orta şiddetli kurak olma riskini geçmektedir ki bu indisin sadece yüzdesel olarak hesaplanması sebebi ile ortaya çıkabilecek bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.2.19. Keşif Kuraklık İndisi (RDI)

3.2.19.1. İstasyon Bazında RDI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları farklı olan 15 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup rapor kapsamında havza içi istasyonların durumları alt başlıklarda gösterilmektedir.

RDI 1 aylık periyoda bakıldığında Çınarcık ve Sarıyer istasyonlarının toplamda en yüksek riske sahip oldukları görülmekle birlikte istasyon ortalamaları alındığı durumda %8.21 oranında hafif kurak, %3.38 oranında orta şiddetli kurak ve %1.49 oranında şiddetli kurak ile normal dağılıma bir hayli yakın bir dağılım göstermektedir. RDI 3 aylık periyoda bakıldığında ise Çınarcık (%16.1) ve Biga (%15.6) istasyonları toplamda en yüksek riske sahip istasyonlar olarak öne çıkmaktadır. Bu periyotta dağılımda bir sorun gözükmemektedir. Bu grafikte toplam riski en düşük istasyon ise Tekirdağ istasyonu olarak görülmektedir.

RDI 6 ve 9 aylık periyotlarda ise Çınarcık ve Kocaeli (%16.1 – %19.3) istasyonları aşırı bir fark ile normal dağılımın dışına çıkmaktadır. Ortalama değerlere bakıldığında ise RDI 9 aylık periyotta normal dağılım değerlerinden biraz daha fazla çıktığı görülmektedir. Özellikle Çınarcık istasyonunda şiddetli kuraklık riskinin orta şiddetli kuraklık riskini geçtiği de görülmektedir.

RDI 12 ve 24 aylık periyotlara gelince Çanakkale ve Çınarcık istasyonları diğer istasyonların toplam risk bakımından önüne geçmişlerdir. Her iki periyodun ortalama değerlerine bakınca yaklaşık olarak normal dağılım değerlerine yakın değerler verdikleri görülmektedir. En düşük riske sahip istasyonun ise her iki grafikte de Bahçeköy istasyonu olduğu görülmektedir. Risklerin kendi içerisindeki dağılımına bakınca da Çınarcık istasyonu hariç diğer istasyonların dağılımları uygun görülmektedir.

Genel olarak bakıldığında istasyon ortalamaları tüm periyotlar için dağılıma uygun olarak görülse de bazı istasyonların durumları kritik olarak görülmektedir. Ayrıca yukarıda bahsi geçen ve kritik olarak görülen istasyonların son dönemde kapalı olması sebebi ile günümüz ile net bir karşılaştırma yapılması da mümkün görülmemektedir.

3.2.19.2. Alt Havza Bazında RDI Risk Analizleri

Rapor kapsamında havza içindeki periyotları aynı olan 11 adet ve havza dışındaki 16 adet istasyonun risk hesapları yapılmış olup, SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi kapsamında oluşturulan 10x10 Km’lik gridlere IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtılmıştır. Sonrasında her alt havzaya düşen gridlerin ortalaması alınarak ilgili alt havza için risk hesabı yapılmıştır. Bu kapsamda havza bünyesindeki tüm alt havzalar için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

Alt havza bazında sonuçlara bakıldığında tüm periyotlarda tüm alt havzaların bir çoğu birbirine yakın olasılıklar göstermektedir. Zira istasyonlardaki veriler alana IDW interpolasyon yöntemi ile dağıtıldıktan sonra bazı uç veriler sönmülenererek normal dağılıma daha uygun hale gelmiştir. Bununla birlikte tekil olarak periyotları incelediğimizde, RDI 1 aylık periyot içerisinde Kuzey Kırklareli, Batı İstanbul ve Ağva Deresi alt havzaları % 1-1.5’luk bir farkla diğer alt havzalardan öne çıkmaktadır. RDI 3 aylık periyoda gelince benzer bir fark ile Biga Çayı ve Gönen Çayı alt havzaları riskli olarak görülmektedir. Her iki periyodun ortalama değerlerine bakılınca normal dağılıma uygun oldukları görülmektedir.

RDI 6 ve 9 aylık periyotlarda ise Biga Çayı ve Gönen Çayı alt havzaları önceki periyoda benzer bir şekilde riskli olarak öne çıkmaktadır. RDI 6 aylık periyotta ortalama değerler normal dağılıma yakın değerler vermekteyken, RDI 9 aylık periyotta orta şiddetli ve şiddetli kuraklık değerleri normal dağılım değerlerinin altına inmiştir. Her iki periyotta da en düşük riskli alt havza Kuzey Kırklareli alt havzası olarak görülmektedir.

RDI 12 ve 24 aylık periyotlara geldiğimizde ise en riskli alt havzalar hala Biga Çayı ve Gönen Çayı alt havzaları olarak görülmektedir. Ortalama değerlere bakılınca şiddetli kuraklık risk ortalaması bir hayli düşük değerleri göstermekle birlikte RDI 24 aylık periyot bazında şiddetli kuraklık riskinin düştüğünü de göstermektedir. Her iki periyottaki en düşük riskli alt havzalara bakacak olursak da Kuzey Kırklareli ve Batı İstanbul alt havzaları göze çarpmaktadır.

3.3. Kurak Dönemlerin Tespiti

Havza kapsamında yapılan bu çalışma için geçmiş kurak dönemleri tespit etmek amacıyla yenilikçi bir yaklaşım benimsenmiştir. Rapor kapsamında 7 farklı indis ve alt periyotları ile birlikte 27 farklı indis-periyot çıktısı verilmektedir. Hesaplanan 21 farklı indis-periyot ikilisi meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olmak üzere farklı kuraklık tiplerini göstermektedir. Fakat genel olarak yaklaşıldığında tip farketmeksizin “kurak ya da değil” ayrımının yapılması gerekmektedir. Bu sebeple özellikle Amerika’da kullanılan ABD Kuraklık İzleme sitesinin yaklaşımı benimsenmiştir (U.S. Drought Monitor, 2021). Bu web sitesinde oluşturulan kuraklık şiddet haritalarında 5 farklı girdi kullanılarak tek bir bütünleşik indis oluşturulmaktadır. Böylelikle herkesin anlayabileceği bir kuraklık kavramı üzerinden konuşulabilmektedir. Amerika’da kullanılan bu bütünleşik indiste PDSI, Toprak Nemi, Akım Verileri, SPI ve gene kendi içinde farklı indislerin dağılımını içeren “Kuraklık Karışımı (Drought Blends)” indisi kullanılmaktadır (Drought Blend Index, 2021)

Amerika’daki yaklaşıma benzer bir yaklaşımla çalışma kapsamında 6 farklı indis temel alınarak bütünleşik bir indis oluşturuldu ve bu indise göre kurak dönemler çıkartıldı. Kurak dönemlerin çıkartılması ile ilgili süreç aşağıda verilmektedir.

- a. İlk etapta Meteorolojik Kurak için Ondalıklar ve SPI-3; Tarımsal Kuraklık için PNPI-6 ve SPEI-9; Hidrolojik Kuraklık için ise SPI-12 ve scPDSI indisleri seçilmiştir.
- b. Seçilen bu indislere göre havza bazında bir ortalama bulmak amacıyla istasyon verileri SYGM tarafından yapılan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi çıktılarında olan 10x10 km’lik gridlere dağıtılmıştır. Burada istasyonlar arası uzaklıkların en az 17 km olmasından dolayı 10 km’lik gridler tercih edilmiştir. Zira bazı durumlarda istasyonlar arası uzaklık 70-80 km’lere kadar çıkabilmektedir. Bu durumda grid boyutunun küçük olması genel dağılımda çok bir fark oluşturmayacaktır. Ayrıca ilerleyen süreçte iklim

projeksiyonları ile kıyaslama yapılması durumunda bu hesaplamalar ekstra fayda da sağlayacaktır.

- c. Daha önceden seçilen ortak zaman aralığı olan 1980-2021 yılları arası için seçilen indisler alt alta eklenerek tablosal bir görünüm elde edilmiştir. Bu tablosal görünümün tüm indisler için olan sürümüne Tablo 3-31 ile Tablo 3-32 arasından erişilebilir. Bu tabloda indisleri ortak olarak karşılaştırmak için indis açıklamalarında belirtilen 4'lü aralık (Normal, Hafif Kurak, Orta Şiddetli Kurak, Şiddetli Kurak) tercih edilmiştir.
- d. Her ay için 6 indisin “Şiddetli Kurak”, “Orta Şiddetli Kurak” ve “Hafif Kurak” olma sayıları toplanmış ve “Şiddetli Kurak” olma sayısı 2 ve daha fazla ise o ay “Şiddetli Kurak”, “Orta Şiddetli Kurak” olma sayısı 2 ve daha büyük veya “Şiddetli Kurak” olma sayısı 1 veya daha büyük ise o ay “Orta Şiddetli Kurak” olarak belirlenmiştir. Eğer “Hafif Kurak” veya “Orta Şiddetli Kurak” olma olasılıkları 1’den büyük ise de o ay “Hafif Kurak” olarak nitelendirilmiştir. Kalan tüm aylar ise “Normal” olarak etiketlenmiştir. Durum ile ilgili detaylı açıklama aşağıda verilen Tablo 3.29’da mevcuttur.

Tablo 3.29 Bütünleşik indis için hesaplama durumu

	Çok Şid. Kurak	Orta Şid. Kurak	Hafif Kurak
Toplam Adet	2 veya daha fazla	2 veya daha fazla	1 veya daha fazla
Alternatif	1 adet ise	1 adet ise	-
Sonuç	Çok Şid. Kurak	Orta Şid. Kurak	Hafif Kurak
Alternatif Sonuç	Orta Şid. Kurak	Hafif Kurak	-

- e. Bu yaklaşım ile farklı indislerin kurak olarak nitelendirdiği ayları tek bir indiste birleştirilmesi hedeflenmiştir. Farklı kuraklık dönemleri (meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik) için seçilen indisler ile genel olarak bir kurak dönem seçimi yapılmıştır. Böylelikle bütünleşik bir indis oluşturulmuştur.

- f. Bütünleşik indis zaman serisi üzerinden ilerleyerek öncelikle arka arkaya 2 ayın “Normal” olma durumuna göre parçalara bölünür. Kalan parçalardan başta ve sonda “Normal” olma durumuna göre tekrar bir filtreleme yapılır. Çünkü kurak dönem incelemesinde SYGM ile çıkartılan metodolojide kurak dönem içerisinde 2 ay ve daha fazla bir süre normal olması kurak dönemin bittiği anlamına gelmektedir.
- g. Kalan listemizde içinde tekil olan “Normal” durumların arasında en az 6 aylık bir kuraklık durumunun olması ve içerisinde en fazla 2 tane “Normal” durum olması filtrelenerek kurak dönem listeleri oluşturulur.
- h. Bu listelerde en az 6 aylık dönemler baz alındığı için kurak dönemler 6 ay ve daha uzun dönemlerden oluşmaktadır.

Yukarıda bahsedilen iş akışı (algoritma) sonucu havza geneli için elde edilen kurak dönemler listesi Tablo 3-31’de verilmiştir.

Tablo 3-31’de kurak dönemlere ek olarak ay bazında toplam süre ve meteorolojik (SPI-3), tarımsal (PNPI-6 ve SPEI-9) ve hidrolojik kuraklık (SPI-12 ve scPDSI) için Zekai Şen tarafından kullanılan metodoloji de uygulanarak kurak dönemin toplam şiddetleri hesaplanmıştır (Şen, 2009). Bu hesaplamada seçilen indislerin kurak dönem içerisinde kalan tüm indis değerleri toplanarak “Toplam Şiddet” değeri bulunmuştur. Bu süreçte hem negatif hem de pozitif (eğer varsa) değerler toplanarak nihai bir değer bulunur. Örneğin SPI-3 için Mayıs 1984 ile Aralık 1984 döneminde yapılan hesaplama tablosu (Tablo 3.30) aşağıdadır. Görüldüğü üzere kurak dönem olarak belirlenen aralıktaki indis değerlerinin hepsi, negatif ya da pozitif olduğuna bakılmaksızın toplanmakta, bu duruma kuraklığın bu dönemdeki toplam şiddetini ortaya koymaktadır. Bu toplam aynı zamanda çizilen grafiğin altında kalan olarak da bilinmektedir.

Tablo 3.30 SPI-3 için 1984 kurak dönemi toplam şiddet hesabı

Ay	Yıl	SPI-3 Değeri
5	1984	0.613
6	1984	-0.232
7	1984	-1.344

8	1984	-0.394
9	1984	-0.228
10	1984	-2.381
11	1984	-1.304
12	1984	-1.891
Toplam		-7.16

Tablo 3-31’de hesaplanan toplam şiddet değerleri kurak dönemleri birbiri ile karşılaştırmak açısından en uygun çözüm olarak görülmektedir. Zira uzun dönem süren bir kuraklık şiddet açısından az olması sebebi ile etkisi az olmuş olabilir. Diğer yandan kısa sürüp de çok şiddetli olan bir kuraklığın etkisi ise uzun süren başka bir döneme göre daha ağır olabilir. Bu karşılaştırmayı yapmak için hesaplanan toplam şiddet değerleri aynı kolondaki en büyük rakama bölünerek normalize edilmiş ve karşılaştırılabilir olmuştur. Normalizasyon ile farklı aralıklara sahip olabilen bu indisler 0 ile 1 arasındaki ortak bir aralığa çekilerek birbiri ile karşılaştırma fırsatını veriyor olacaktır. Nitekim bu hesaplama ile kurak dönemleri sıralama imkânı ortaya çıkmıştır. Çıkan sonuçlara Tablo 3-32’den erişilebilmektedir. İlgili tablolarda koyu sarı olan renk en şiddetli dönemi, açık sarı olan renk ise 2. sıradaki şiddetli dönemi göstermektedir.

Etki analizi tablosundan görüleceği üzere havza genelinde en etkili kurak dönem 10/2019’de başlayıp raporun hazırlandığı dönem olan 04/2021’e kadar devam etmekte olan bir dönemdir. Gerek süre gerekse şiddet bakımından önemli bir kurak dönem olduğu normalize edilmiş indis değerlerinin yüksek olmasından anlaşılmaktadır. Diğer bir önemli kuraklığın ise 01/1989 ile 08/1990 arasında olduğu görülmektedir.

Rapor kapsamında bulunan kurak dönemlerden seçilen en önemli 2 kurak dönem ile ilgili kuraklık şiddet haritalarına bir sonraki bölümden detaylı olarak erişebilirsiniz.

Tablo 3-31 Havzada 1980-2021 yılları arasında görülen kurak dönemler listesi

Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Toplam Süre (ay)	Toplam Şiddet (SPI-3)	Toplam Şiddet (PNPI-6)	Toplam Şiddet (SPEI-9)	Toplam Şiddet (SPI-12)	Toplam Şiddet (scPDSI)
9/1982	6/1983	10 Ay	-6.91	804.86	-6.36	-4.67	0.59
9/1984	12/1985	16 Ay	-11.04	1223.56	-10.65	-15.55	-18.80
8/1986	2/1987	7 Ay	-3.48	539.07	-4.69	-3.90	-10.19
1/1989	8/1990	20 Ay	-12.09	1653.87	-12.53	-16.23	-43.56
7/1993	9/1994	15 Ay	-7.75	1191.91	-13.50	-18.15	-35.61
11/2000	10/2001	12 Ay	-6.53	993.53	-15.92	-11.51	-19.82
12/2006	2/2008	15 Ay	-8.69	1285.88	-17.01	-15.75	-39.60
12/2013	5/2014	6 Ay	-4.72	419.57	-8.89	-6.73	-11.86
5/2016	12/2016	8 Ay	-3.25	694.64	-9.96	-3.80	-16.34
10/2019	4/2021	19 Ay	-9.97	1515.33	-27.51	-19.34	-36.71

Tablo 3-32 Havzada 1980-2021 yılları arasında görülen kurak dönemler etki analizi

Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Etki (SPI-3)	Etki (PNPI-6)	Etki (SPEI-9)	Etki (SPI-12)	Etki (scPDSI)
9/1982	6/1983	0.57	0.49	0.23	0.24	0.01
9/1984	12/1985	0.91	0.74	0.39	0.8	0.43
8/1986	2/1987	0.29	0.33	0.17	0.2	0.23
1/1989	8/1990	1	1	0.46	0.84	1
7/1993	9/1994	0.64	0.72	0.49	0.94	0.82
11/2000	10/2001	0.54	0.6	0.58	0.59	0.45

12/2006	2/2008	0.72	0.78	0.62	0.81	0.91
12/2013	5/2014	0.39	0.25	0.32	0.35	0.27
5/2016	12/2016	0.27	0.42	0.36	0.20	0.38
10/2019	4/2021	0.82	0.92	1	1	0.84

3.4. Kuraklık Şiddet Haritaları

Giriş kısmında da belirtildiği üzere kuraklığın gelişim sürecini 3 farklı kısımda inceleyebiliriz. Bu sebeple kuraklık şiddet haritalarını da benzer bir format ile oluşturmanın uygun olacağı öngörülmüştür. Bu kısımda öncelikle “Meteorolojik” kuraklık incelenecektir. Sonrasında ise “Tarımsal” ve “Hidrolojik” kuraklık incelemeleri ile devam edecektir. Her kısmı farklı indisler ile irdeleyerek kurak dönemlerden en şiddetli geçen 2’sini rapor kapsamında incelenecektir.

Tablo 3-33 Havza kapsamında 1980-2021 arasında görülen en kurak dönemler listesi

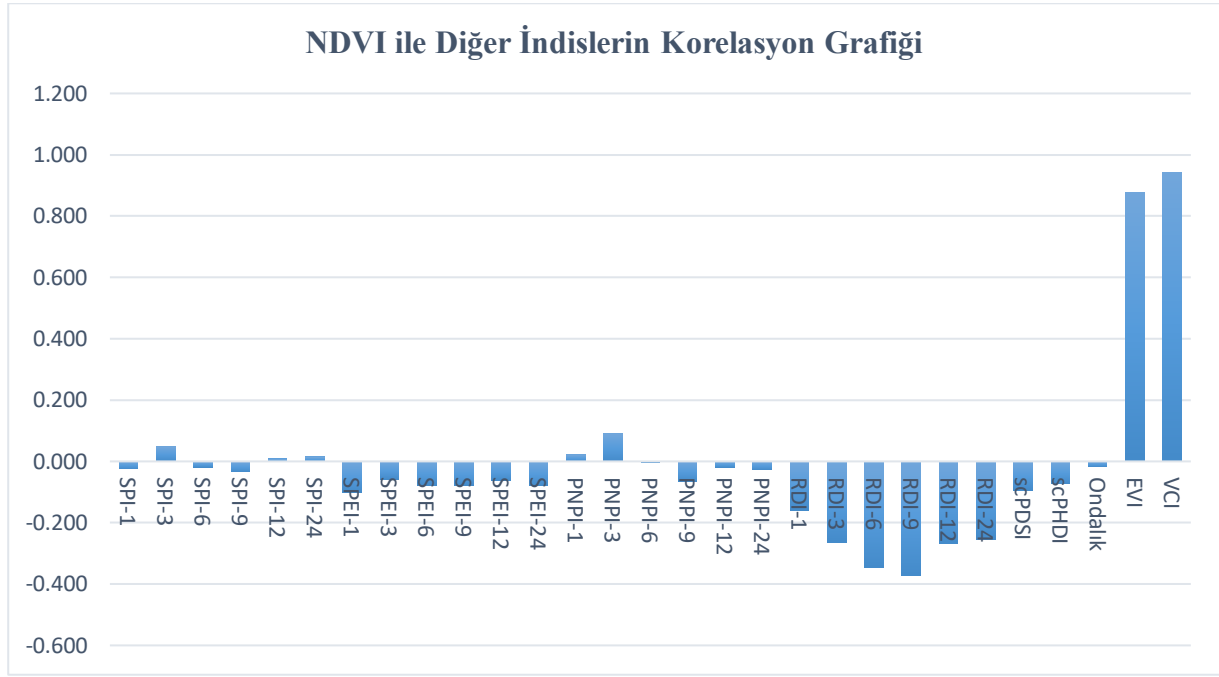
Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Toplam Süre (ay)	Toplam Şiddet (SPI-3)	Toplam Şiddet (PNPI-6)	Toplam Şiddet (SPEI-9)	Toplam Şiddet (SPI-12)	Toplam Şiddet (scPDSI)
1/1989	8/1990	20 Ay	-12.09	1653.87	-12.53	-16.23	-43.56
10/2019	4/2021	19 Ay	-9.97	1515.33	-27.51	-19.34	-36.71

Bu kısımda 3 farklı kuraklık tiplerinde yapılacak olan incelemelerde tercih edilen indis ve periyotlar havza kapsamında yapılan zaman serileri ile NDVI, EVI ve VCI zaman serilerinin korelasyonlarına göre seçmek için öncelikle NDVI, EVI ve VCI indekslerinin tüm seriler ile olan korelasyonları hesaplanmıştır. Hesaplanan korelasyonlara Tablo 3-34, Tablo 3-35, Tablo 3-36 tablolarından ve Şekil 3.122, Şekil 3.123, Şekil 3.124 bar grafiklerinden ulaşılabilmektedir. Bu kısımda hesaplanan NDVI, EVI ve VCI indeksleri için CORINE veritabanındaki “Tarımsal Alanlar” ana başlığındaki “211-Sulanmayan Ekilebilir Alan” kategorisi altına düşen alanların aylık ortalaması alınmıştır. Zira kuraklığın diğer alanlardaki

etkisinin fazla olmayacağı Moğolistan (Çin)'da yapılan bir karşılaştırmada ortaya çıkmıştır (Wang, Zhang, Meng, Bourque, & Zhang, 2020). Bu makale kapsamında orman alanları ve bozkırlar meteorolojik indisler ile NDVI karşılaştırmasına dahil edilmiş olup, bozkır ve meraların korelasyonları daha iyi çıkmıştır. Diğer bir makale kapsamında ise yarı-kurak ve geçiş iklimli alanlarda NDVI ile SPI'nin nispeten bir korelasyon yakaladığından bahsedilmekle birlikte diğer alanlarda farklı davranışlar gösterebileceği belirtilmektedir (Dutta, Kundu, & Patel, 2013). Ayrıca CORINE verisinin genel olarak uzaktan algılama temelli olarak üretildiği ve yersel doğrulama noktalarının az olmasından kaynaklı doğruluk payında hata olabileceği de unutulmamalıdır. Tablolardan görüleceği üzere meteorolojik olarak hesaplanan indisler ile uzaktan algılama temelli indisler arasındaki korelasyon maksimum **0.089** olarak hesaplanmış olup bilimsel olarak karşılaştırılması uygun görülmemektedir. Sonuç olarak istasyon, alt havza ve havza bazındaki indis şiddet grafikleri incelenerek en uygun olan indisler seçilmiştir.

Tablo 3-34 NDVI ile diğer indislerin korelasyon durumları

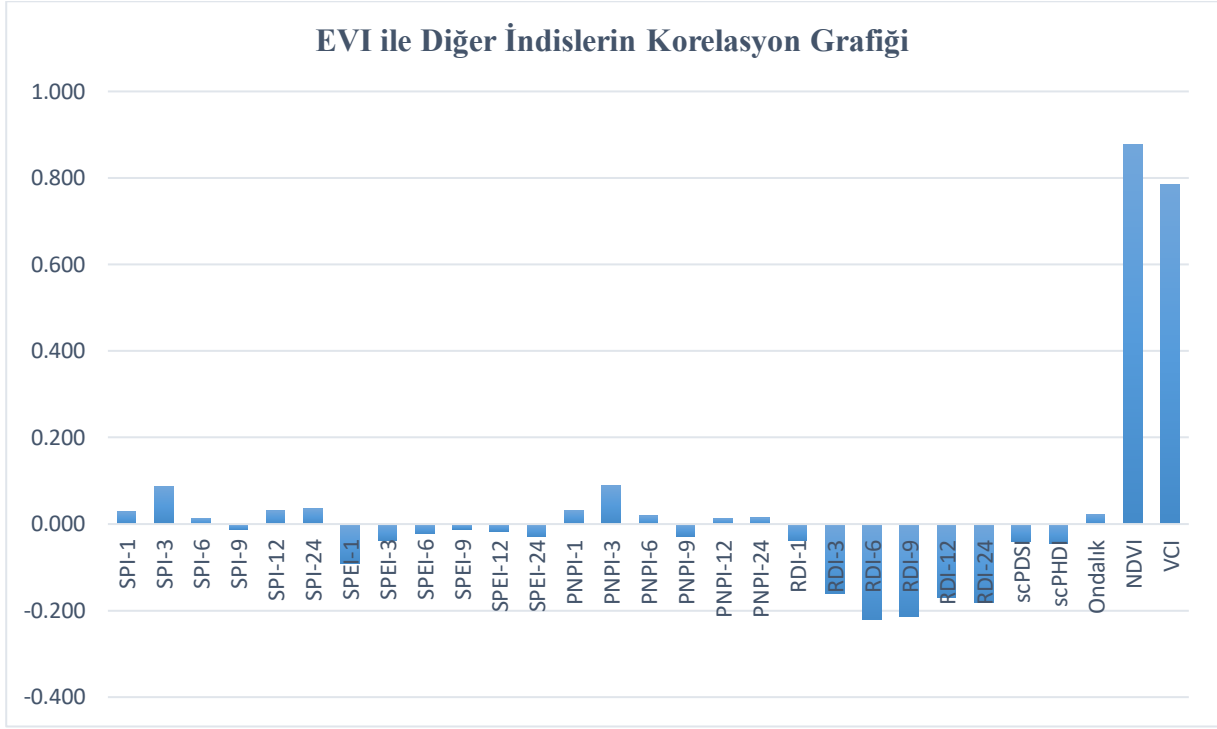
	SPI-1	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12	SPI-24
NDVI	-0.024	0.048	-0.019	-0.034	0.008	0.015
	SPEI-1	SPEI-3	SPEI-6	SPEI-9	SPEI-12	SPEI-24
NDVI	-0.100	-0.058	-0.078	-0.080	-0.063	-0.080
	PNPI-1	PNPI-3	PNPI-6	PNPI-9	PNPI-12	PNPI-24
NDVI	0.022	0.089	-0.003	-0.065	-0.019	-0.026
	RDI-1	RDI-3	RDI-6	RDI-9	RDI-12	RDI-24
NDVI	-0.160	-0.264	-0.347	-0.372	-0.267	-0.254
	scPDSI	scPHDI	Ondalık	EVI	VCI	
NDVI	-0.094	-0.072	-0.017	0.877	0.943	



Şekil 3.122 NDVI ile Diğer İndislerin Korelasyon Grafiği

Tablo 3-35 EVI ile diğer indislerin korelasyon durumları

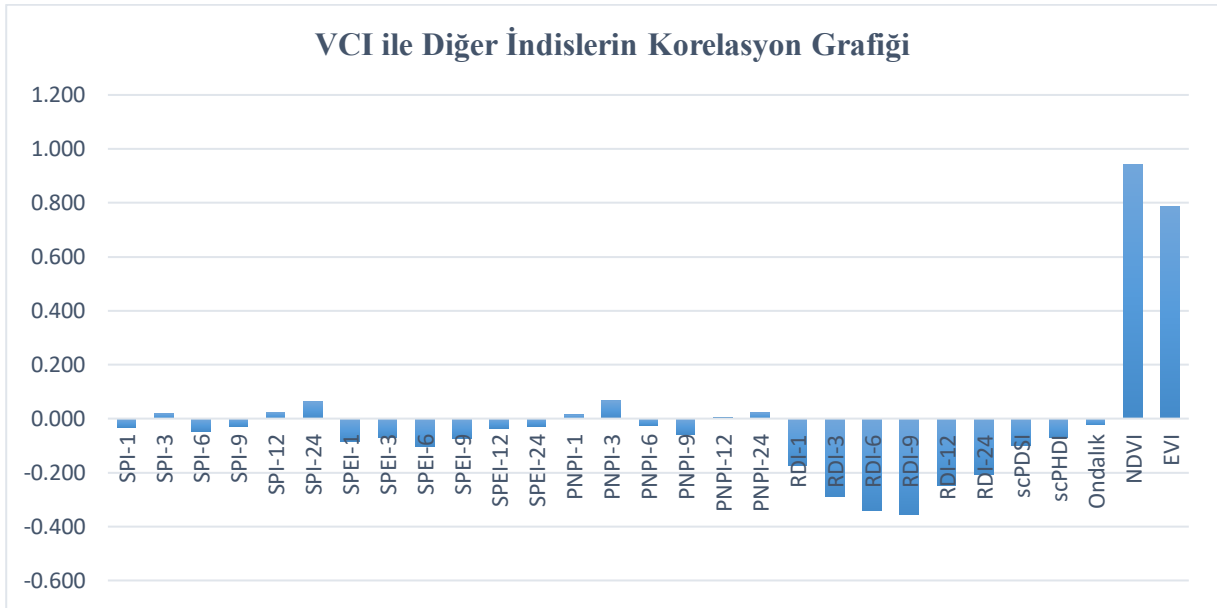
	SPI-1	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12	SPI-24
EVI	0.029	0.087	0.014	-0.012	0.031	0.036
	SPEI-1	SPEI-3	SPEI-6	SPEI-9	SPEI-12	SPEI-24
EVI	-0.091	-0.038	-0.022	-0.012	-0.016	-0.029
	PNPI-1	PNPI-3	PNPI-6	PNPI-9	PNPI-12	PNPI-24
EVI	0.032	0.089	0.020	-0.029	0.014	0.015
	RDI-1	RDI-3	RDI-6	RDI-9	RDI-12	RDI-24
EVI	-0.038	-0.161	-0.221	-0.213	-0.169	-0.182
	scPDSI	scPHDI	Ondalık	NDVI	VCI	
EVI	-0.039	-0.045	0.023	0.877	0.785	



Şekil 3.123 EVI ile Diğer İndislerin Korelasyon Grafiği

Tablo 3-36 VCI ile diğer indislerin korelasyon durumları

	SPI-1	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12	SPI-24
VCI	-0.034	0.020	-0.047	-0.029	0.024	0.063
	SPEI-1	SPEI-3	SPEI-6	SPEI-9	SPEI-12	SPEI-24
VCI	-0.083	-0.071	-0.103	-0.073	-0.037	-0.028
	PNPI-1	PNPI-3	PNPI-6	PNPI-9	PNPI-12	PNPI-24
VCI	0.014	0.066	-0.026	-0.058	0.001	0.023
	RDI-1	RDI-3	RDI-6	RDI-9	RDI-12	RDI-24
VCI	-0.175	-0.290	-0.341	-0.355	-0.247	-0.208
	scPDSI	scPHDI	Ondalık	NDVI	EVI	
VCI	-0.098	-0.071	-0.023	0.943	0.785	



Şekil 3.124 VCI ile Diğer İndislerin Korelasyon Grafiği

3.4.1. Meteorolojik Kuraklık Şiddet Haritaları

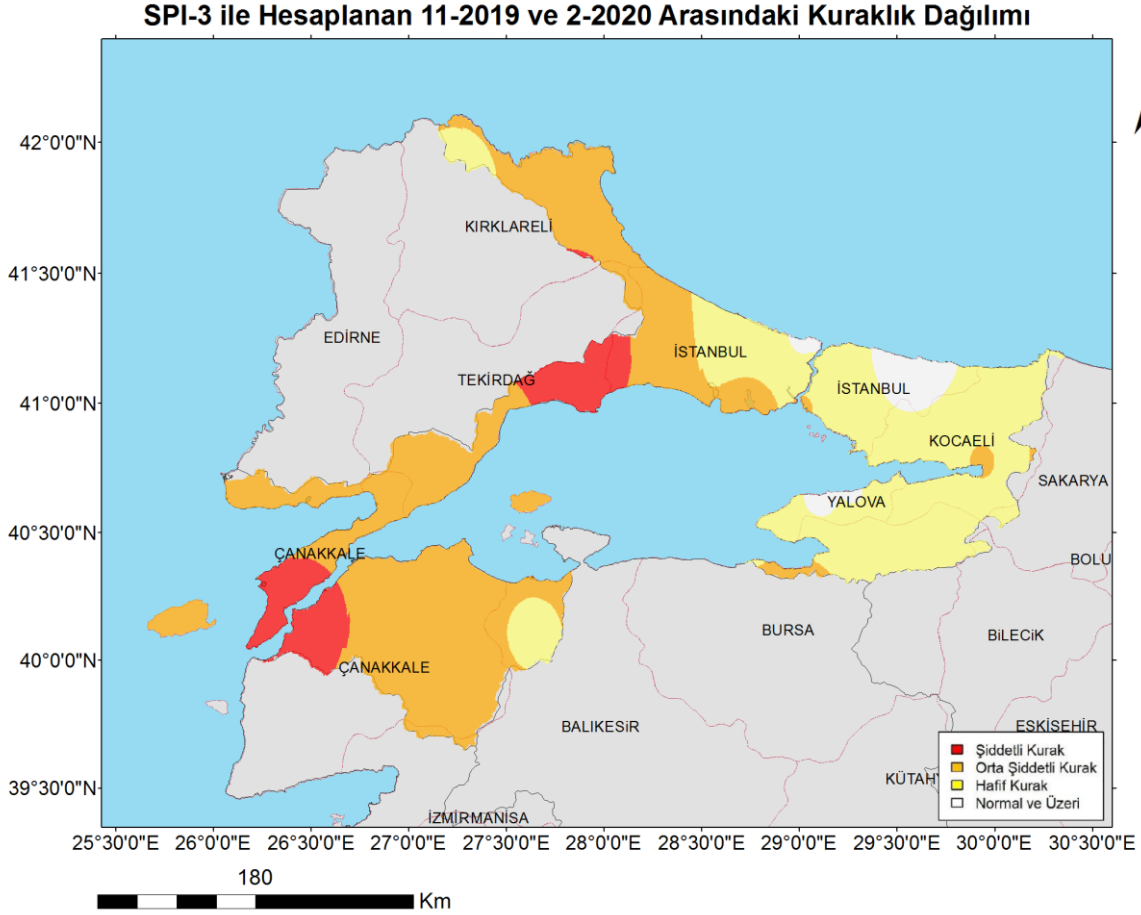
Meteorolojik kuraklığın daha kısa sürmesi ve etkisinin nispeten az olması sebebi ile daha düşük periyotlu indisler bu kısımdaki analizler için daha uygun olarak görülmektedir. Bu kapsamda 1 aylık ve 3 aylık periyotlara sahip indisler ile ondalıklar indisi bu kısım için uygun olmakla birlikte PNPI indisinin 1 ve 3 aylık sonuçlarının tutarlı olmaması, ondalıklar indisinin harita üzerinde benzer sonuçlar verdiği için SPI 3 aylık ve SPEI 3 aylık indisler bu kısımdaki analizler için tercih edilmiştir.

3.4.1.1. SPI 3 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.1.1.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPI 3 aylık indise göre en kurak ayları olan 11/2019 ile 02/2020 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi neredeyse havzanın tamamında hissedilmiştir. Özellikle Batı İstanbul, Kuzey Çanakkale ve Biga Çayı alt havzalarında şiddetli kuraklık görülmüştür. Havzanın kalan kısmında ise orta şiddetli kuraklık baskın olmak suretiyle hafif kuraklık ile birlikte görülmektedir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %37.45 oranında hafif kurak, %49.13 oranında orta şiddetli kurak ve %9.58 oranında şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 3 aylık indisin ortalama değeri ise orta şiddetli kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı -1.59 olarak hesaplanmıştır.

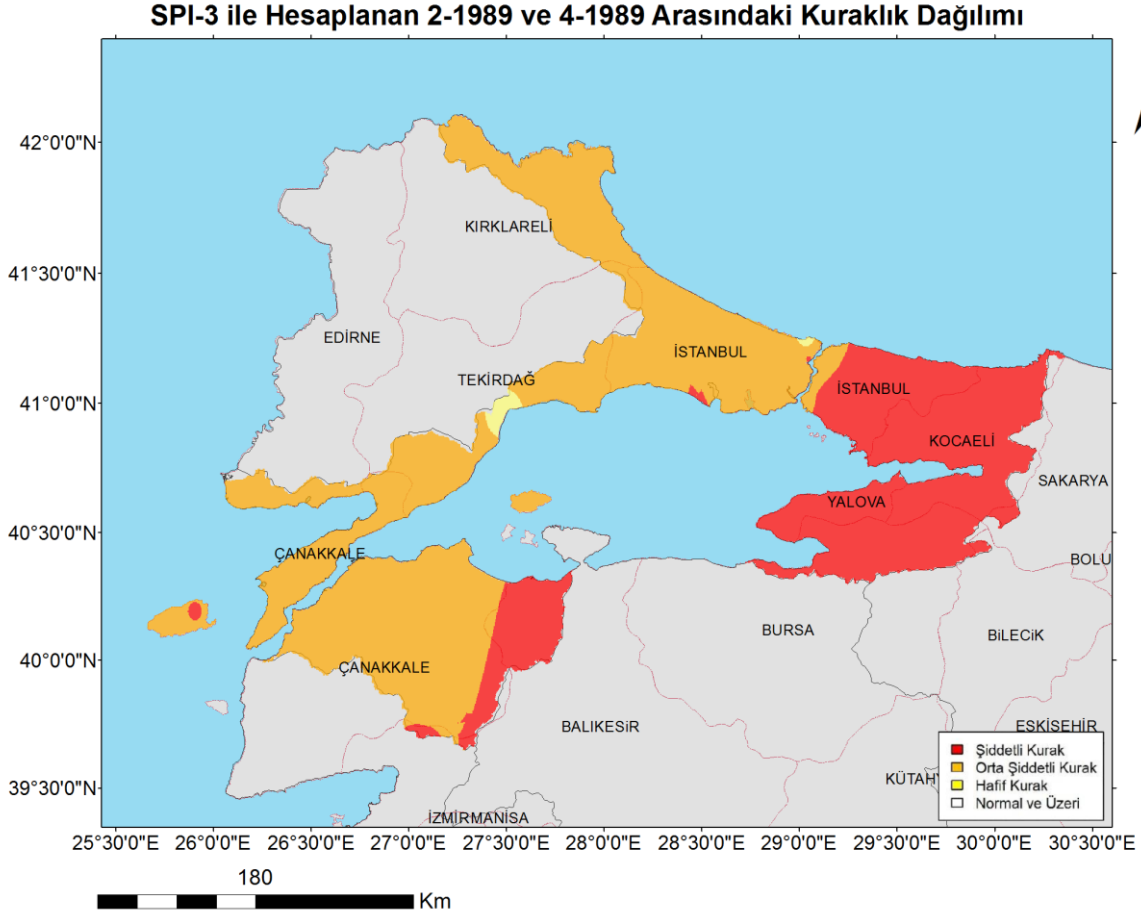


Şekil 3.125 SPI-3 ile hesaplanan 09/1993 ile 11/1993 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.1.1.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPI 3 aylık indise göre en kurak ayları olan 02/1989 ile 04/1989 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın tamamında hissedilmiştir. Özellikle havzanın doğu kesimlerinde şiddetli kurak olma durumu görülmüştür. Havzanın batı kesiminde ise orta şiddetli kuraklık görülmektedir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %0.64 oranında hafif kurak, %61.24 oranında orta şiddetli kurak ve %38.12 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 3 aylık indisin ortalama değeri ise orta şiddetli kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -2.08 olarak hesaplanmıştır.



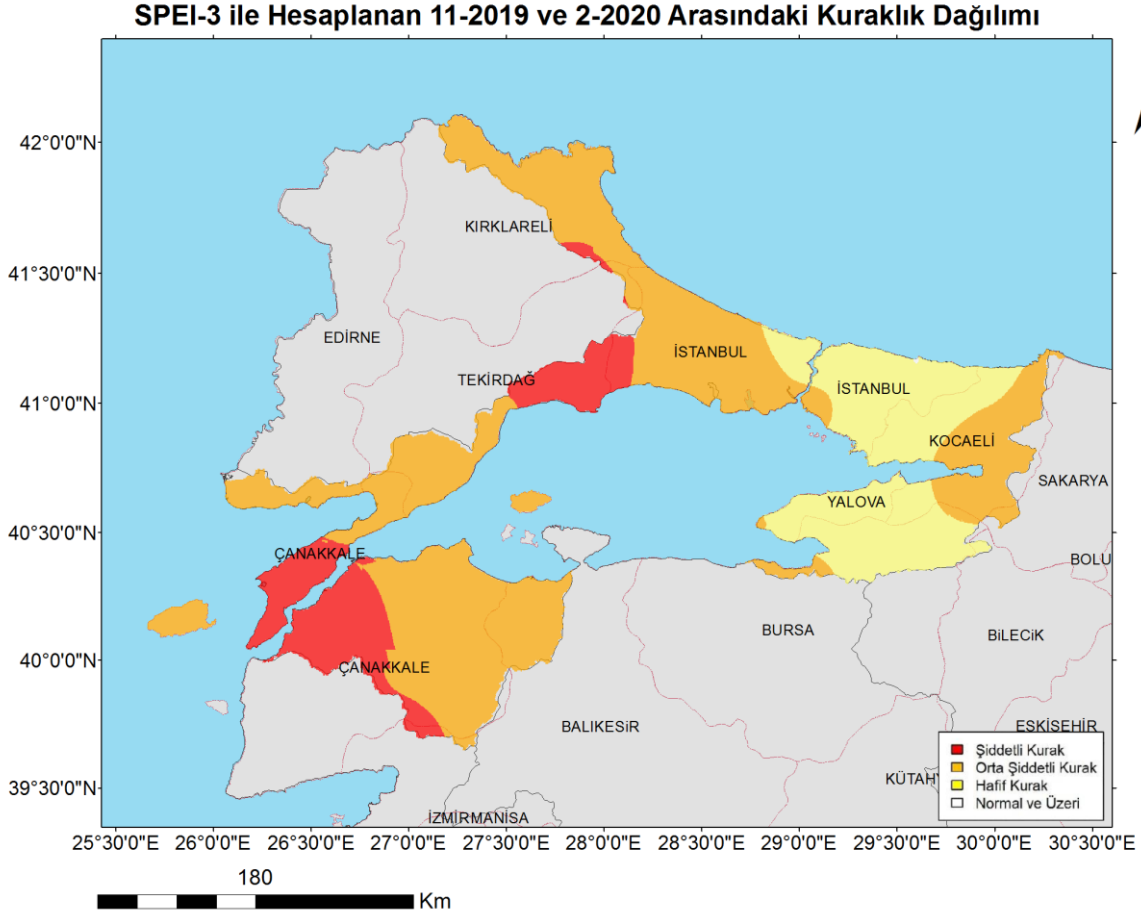
Şekil 3.126 SPI-3 ile hesaplanan 02/1989 ile 04/1989 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.1.2. SPEI 3 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.1.2.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPEI 3 aylık indise göre en kurak ayları olan 11/2019 ile 02/2020 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın tamamında hissedilmiştir. Özellikle Batı İstanbul, Kuzey Çanakkale ve Biga Çayı alt havzalarında şiddetli kuraklık görülmüştür. Ağva Deresi, Körfez ve İznik Gölü alt havzaları ise kuraklığın en az hissedildiği alt havzalar olarak görülmektedir. Bu dönemde kuraklığın havzanın daha çok batı kesiminde hissedildiği haritadan anlaşılmaktadır. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %24.78 oranında hafif kurak, %59.74 oranında orta şiddetli kurak ve %15.46 oranında şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPEI 3 aylık indisin ortalama değeri ise orta şiddetli kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -1.74 olarak hesaplanmıştır.

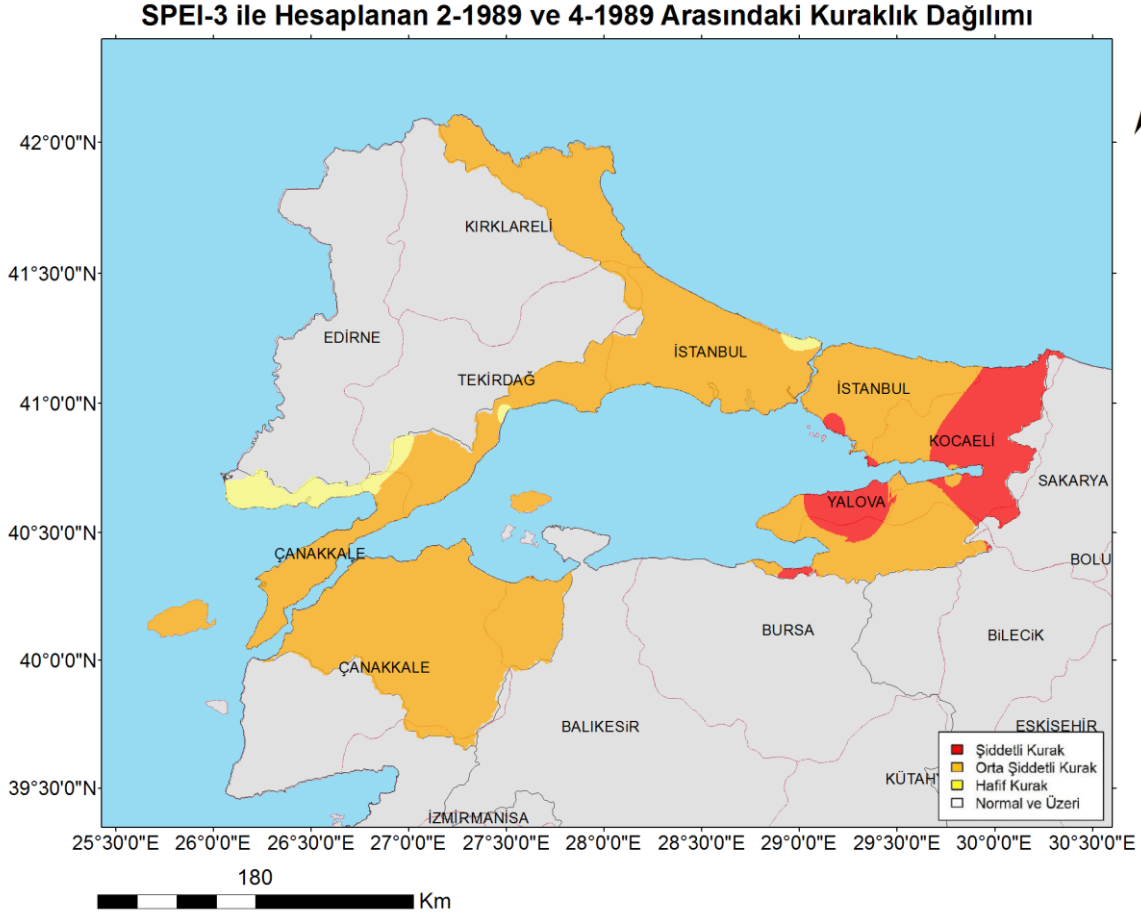


Şekil 3.127 SPEI-3 ile hesaplanan 11/2019 ile 02/2020 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.1.2.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPEI 3 aylık indise göre en kurak ayları olan 05/1994 ile 09/1994 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın tamamında hissedilmiştir. Özellikle havzanın doğu kesimlerinde şiddetli kurak olma durumu görülmüştür. Havzanın kalan kısmında ise orta şiddetli kuraklık baskın olarak görülmektedir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %3.64 oranında hafif kurak, %83.72 oranında orta şiddetli kurak ve %12.64 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPEI 3 aylık indisin ortalama değeri ise orta şiddetli kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -1.76 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.128 SPEI-3 ile hesaplanan 02/1989 ile 04/1989 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.2. Tarımsal Kuraklık Şiddet Haritaları

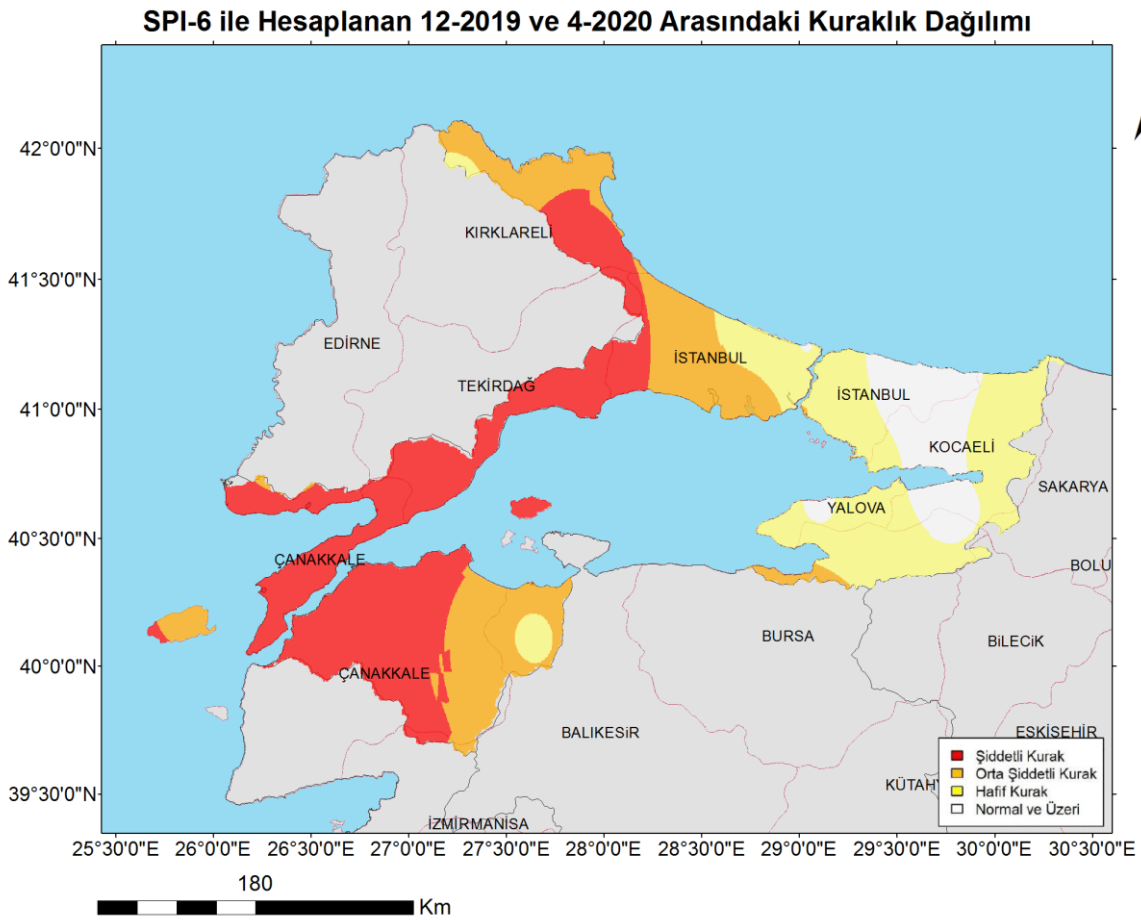
Tarımsal kuraklığın meteorolojik kuraklığa göre daha uzun sürmesi ve etkisinin nispeten fazla olması sebebi ile orta periyotlu indisler bu kısımdaki analizler için daha uygun olarak görülmektedir. Bu kapsamda 6 aylık ve 9 aylık periyotlara sahip indislerden SPI 6 aylık, SPEI 6 aylık, SPEI 9 aylık ve PNPI 9 aylık indisler bu kısımdaki analizler için tercih edilmiştir.

3.4.2.1. SPI 6 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.2.1.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPI 6 aylık indise göre en kurak ayları olan 12/2019 ile 04/2020 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın kuzey doğu kesimindeki küçük bir alan hariç havzanın tamamında hissedilmiştir. Kuraklığın hissedilmediği alan Ağva Deresi ve Körfez alt havzalarının olduğu kesime denk gelmektedir. Özellikle havzanın batı kesiminde orta şiddetli ve şiddetli kuraklık baskın olarak görülmüştür. Havzanın doğu kesiminde ise kuraklık genel olarak hafif kuraklık olarak görülmüştür. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %37.45 oranında hafif kurak, %49.13 oranında orta şiddetli kurak ve %9.58 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 6 aylık indisin ortalama değeri ise hafif ve orta şiddetli kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı -1.59 olarak hesaplanmıştır.

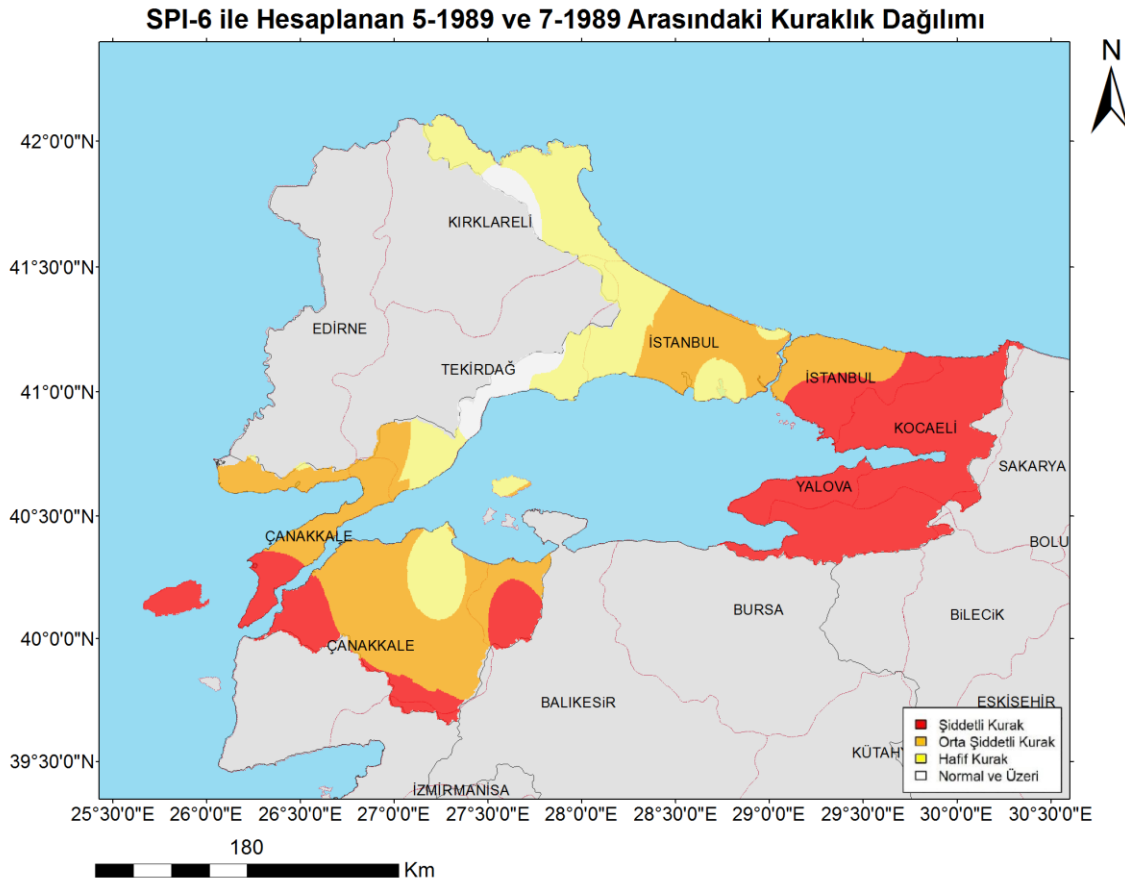


Şekil 3.129 SPI-6 ile hesaplanan 12/2019 ile 04/2020 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.2.1.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPI 6 aylık indise göre en kurak ayları olan 05/1989 ile 07/1989 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi neredeyse havzanın tamamında hissedilmiştir. Özellikle havzanın doğu ve güney kesimlerinde şiddetli kurak olma durumu görülmüştür. Havzanın kalan kısmında ise hafif ve orta şiddetli kuraklık görülmektedir. Ağva Deresi, Körfez ve İznik Gölü alt havzaları şiddetli kuraklığa yoğun olarak maruz kalan alt havzalardandır. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %22.65 oranında hafif kurak, %34.70 oranında orta şiddetli kurak ve %38.86 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 6 aylık indisin ortalama değeri ise orta ve şiddetli kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı -1.83 olarak hesaplanmıştır.



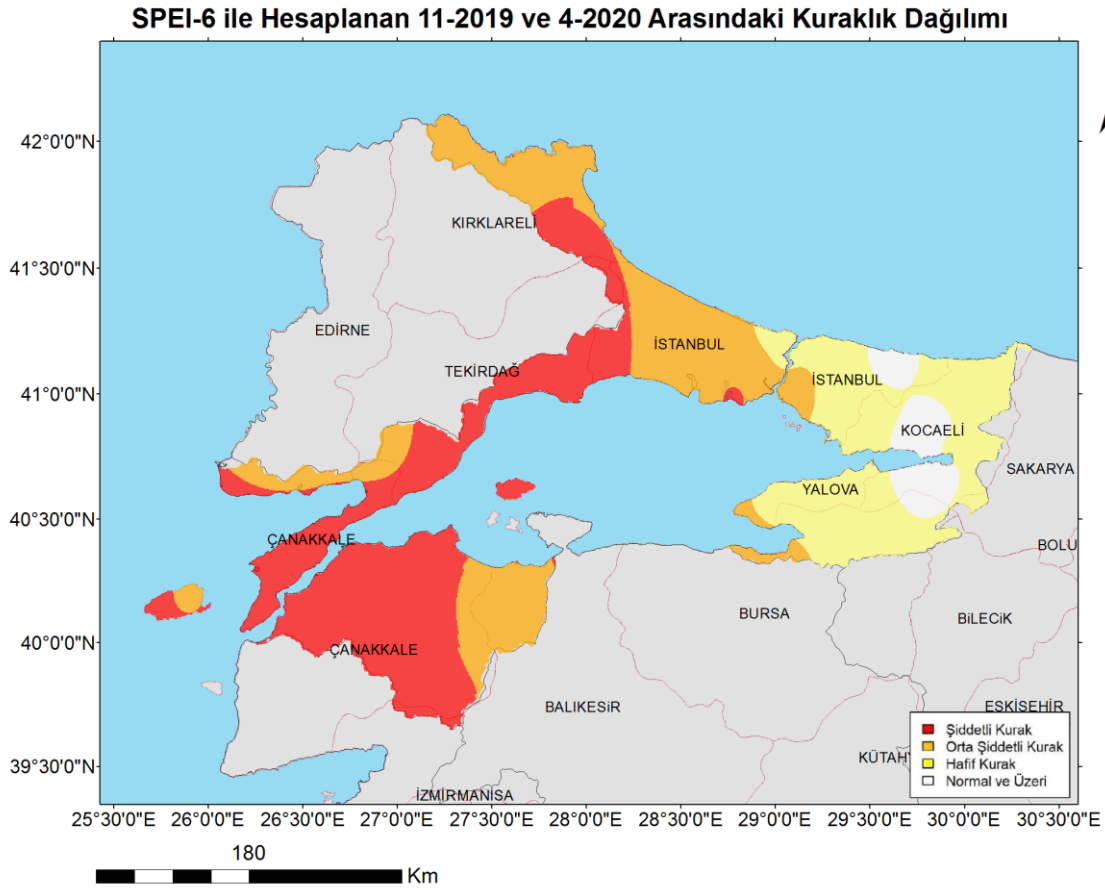
Şekil 3.130 SPI-6 ile hesaplanan 05/1989 ile 07/1989 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.2.2. SPEI 6 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.2.2.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPEI 6 aylık indise göre en kurak ayları olan 11/2019 ile 04/2020 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi SPI 6 aylık periyot kapsamındaki benzer bir şekilde havzanın kuzey doğu kesimindeki küçük bir alan hariç havzanın tamamında hissedilmiştir. Fakat SPEI 6 aylık periyotta şiddetli kuraklık oranı daha fazla çıkmıştır. Kuraklığın hissedilmediği alan Ağva Deresi ve Körfez alt havzalarının olduğu kesime denk gelmektedir. Özellikle havzanın batı kesiminde orta şiddetli ve şiddetli kuraklık baskın olarak görülmüştür. Havzanın doğu kesiminde ise kuraklık genel olarak hafif kuraklık olarak görülmüştür. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %25.02 oranında hafif kurak, %30.06 oranında orta şiddetli kurak ve %38.76 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPEI 6 aylık indisin ortalama değeri ise orta ve şiddetli kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı -1.76 olarak hesaplanmıştır.

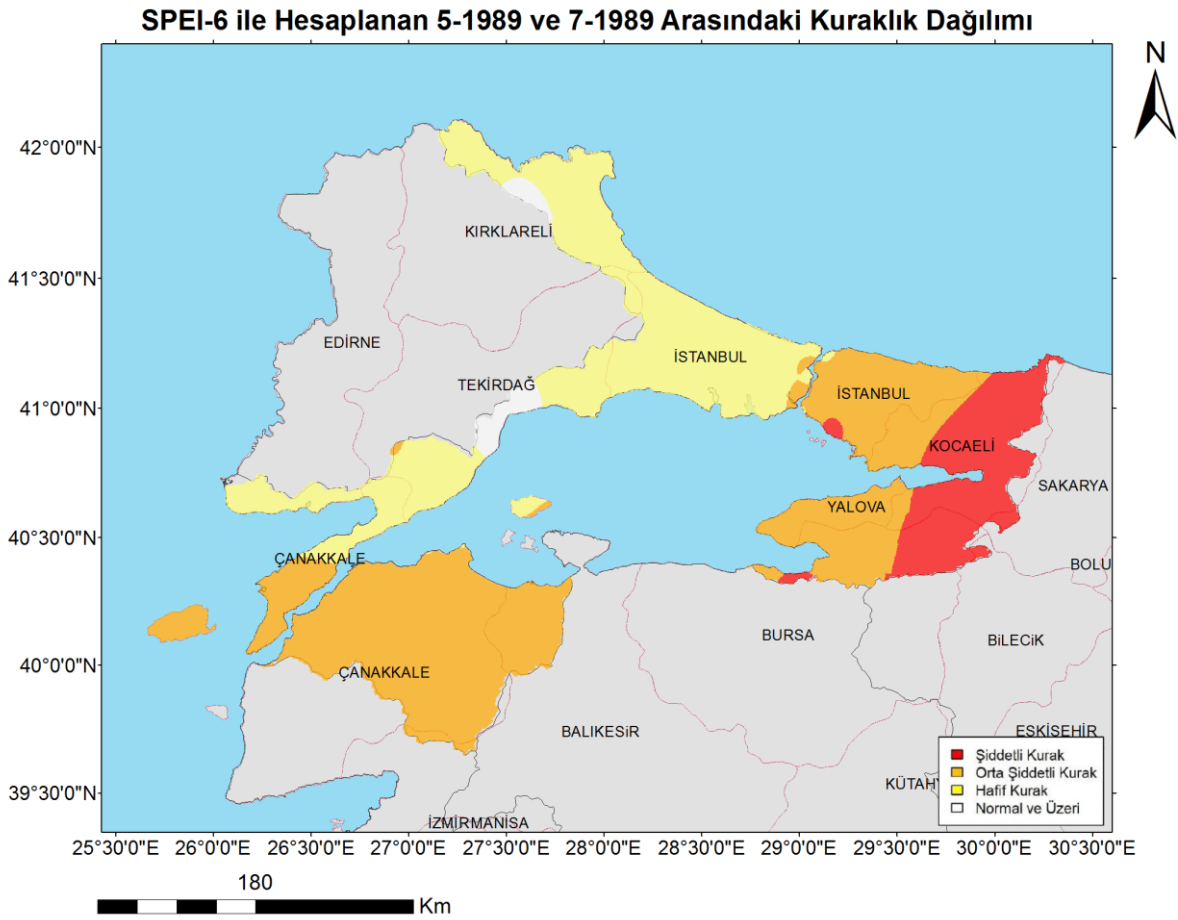


Şekil 3.131 SPEI-6 ile hesaplanan 11/2019 ile 04/2020 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.2.2.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPEI 6 aylık indise göre en kurak ayları olan 05/1989 ile 07/1989 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda (Şekil 3.132) verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın büyük bir kısmını (%97.68) etkilemiştir. Özellikle havzanın doğu uç kesimleri şiddetli kuraklığa maruz kalmıştır. Havzanın kalan kısımlarında ise hafif ve orta şiddetli kuraklık görülmektedir. Havzanın Avrupa kıtasındaki kesimleri genel olarak hafif kuraklığa maruz kalmıştır. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %33.93 oranında hafif kurak, %49.60 oranında orta şiddetli ve %14.15 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPEI 6 aylık indisin ortalama değeri ise hafif ve orta şiddetli kurak olma durumlarının yüksek olmasından dolayı -1.60 olarak hesaplanmıştır.

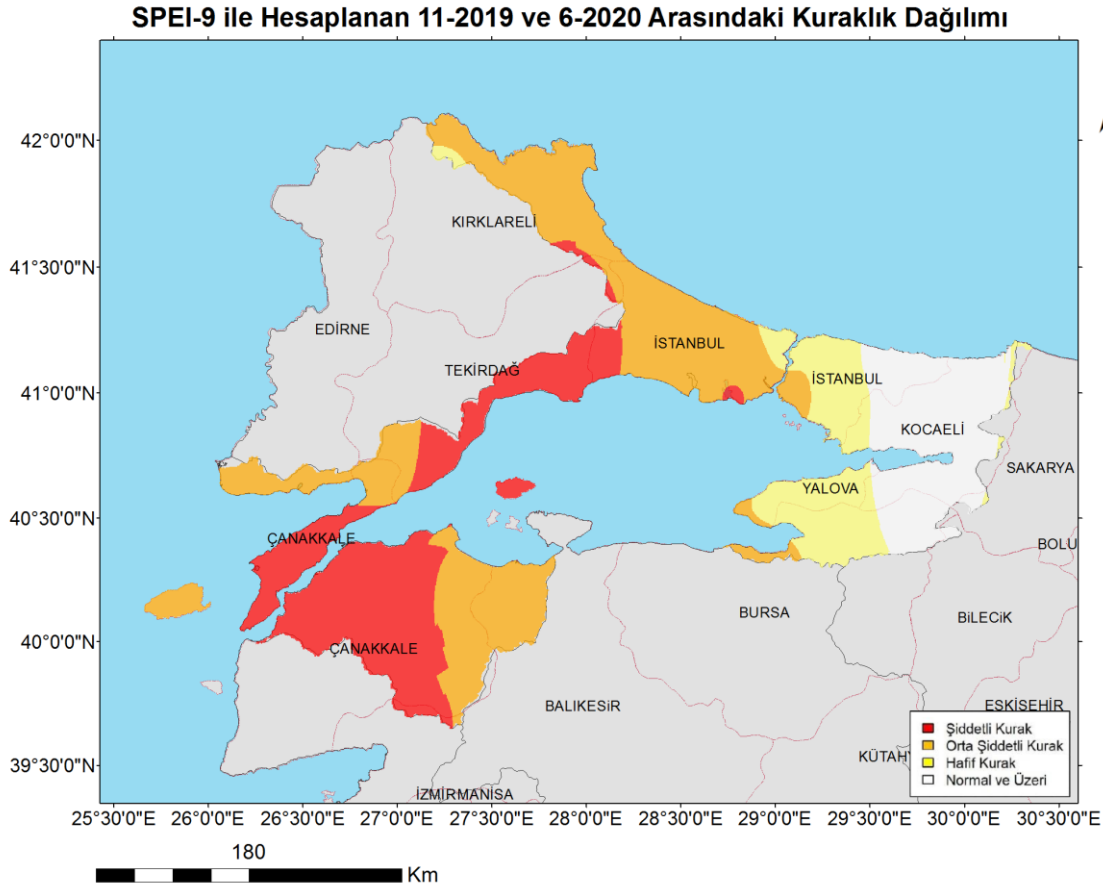


Şekil 3.132 SPEI-6 ile hesaplanan 05/1989 ile 07/1989 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.2.3. SPEI 9 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.2.3.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPEI 9 aylık indise göre en kurak ayları olan 11/2019 ile 06/2020 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.



Şekil 3.133 SPEI-9 ile hesaplanan 11/2019 ile 06/2020 arası kuraklık dağılım haritası

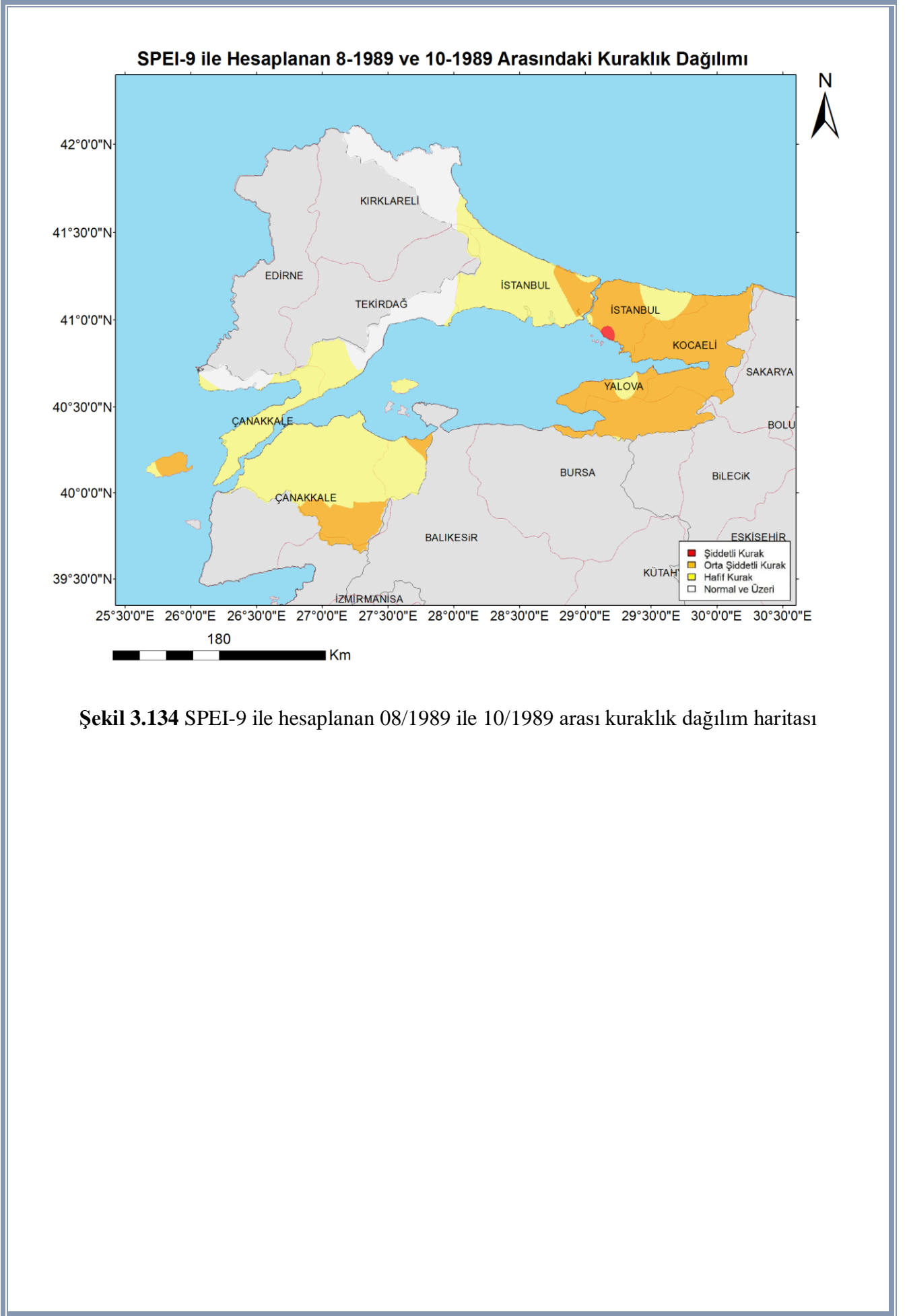
Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın kuzey doğu kesimindeki bir alan hariç havzanın tamamında (%82.30) hissedilmiştir. Kuraklığın hissedilmediği alan Ağva Deresi ve Körfez alt havzalarının büyük bir kısmı ile İznik Gölü alt havzasının küçük bir kısmına denk gelmektedir. Özellikle havzanın batı kesiminde orta şiddetli ve şiddetli kuraklık baskın olarak görülmüştür. Havzanın doğu kesiminde ise kuraklık genel olarak hafif kuraklık olarak görülmüştür. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %14.23 oranında hafif kurak, %39.32 oranında orta şiddetli kurak ve %28.74 oranında ise

şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPEI 9 aylık indisin ortalama değeri ise orta ve şiddetli kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı -1.65 olarak hesaplanmıştır.

3.4.2.3.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPEI 9 aylık indise göre en kurak ayları olan 08/1989 ile 10/1989 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın önemli kısmını (%85.21) etkilemiştir. Özellikle havzanın doğu ve güney uç kesimleri orta şiddetli kuraklığa maruz kalmıştır. Havzanın kalan kısımlarında ise genel olarak hafif ve orta şiddetli kuraklık görülmektedir. Bu dönemde kuraklıktan en az Kuzey Kırklareli ve Kuzey Çanakkale alt havzaları etkilenmiştir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %47.13 oranında hafif kurak, %37.83 oranında orta şiddetli ve %0.25 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPEI 9 aylık indisin ortalama değeri ise hafif kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -1.37 olarak hesaplanmıştır.

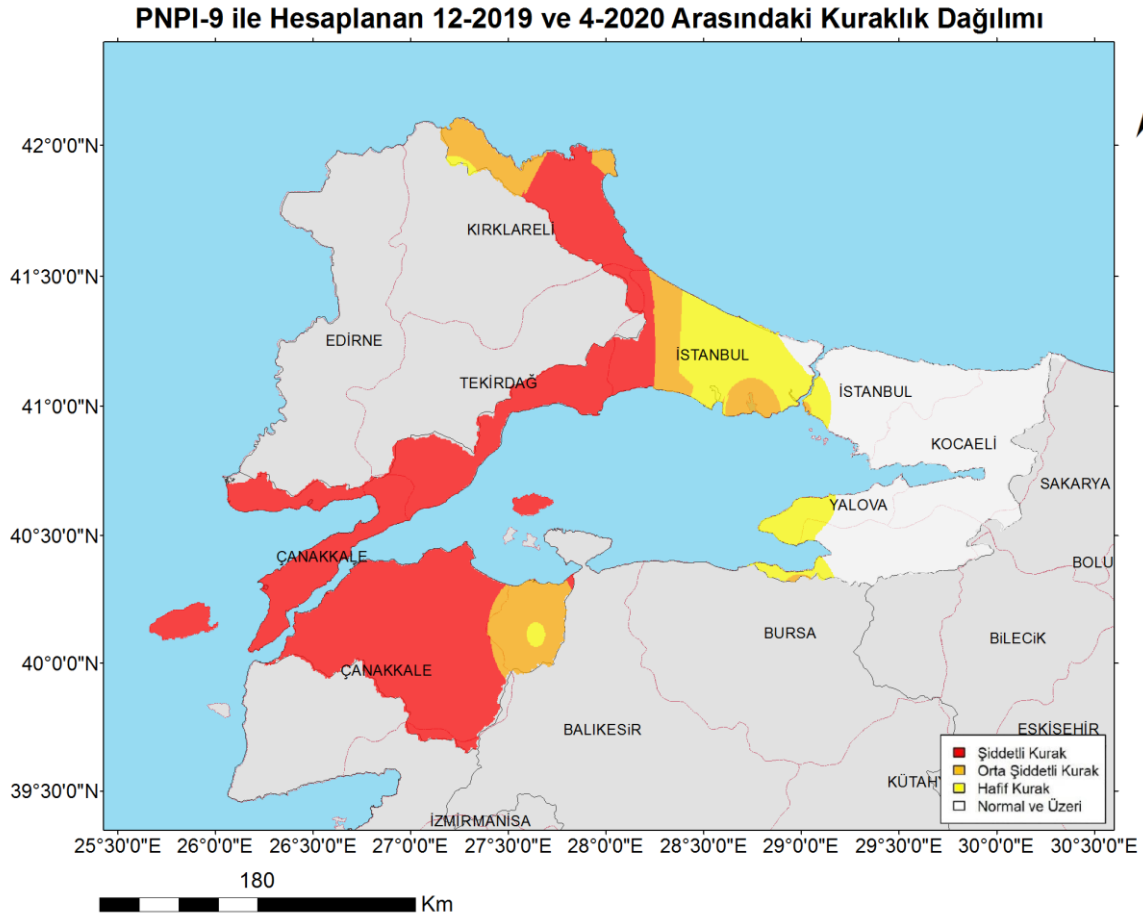


Şekil 3.134 SPEI-9 ile hesaplanan 08/1989 ile 10/1989 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.2.4. PNPI 9 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.2.4.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin PNPI 9 aylık indise göre en kurak ayları olan 12/2019 ile 04/2020 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.



Şekil 3.135 PNPI-9 ile hesaplanan 12/2019 ile 04/2020 arası kuraklık dağılım haritası

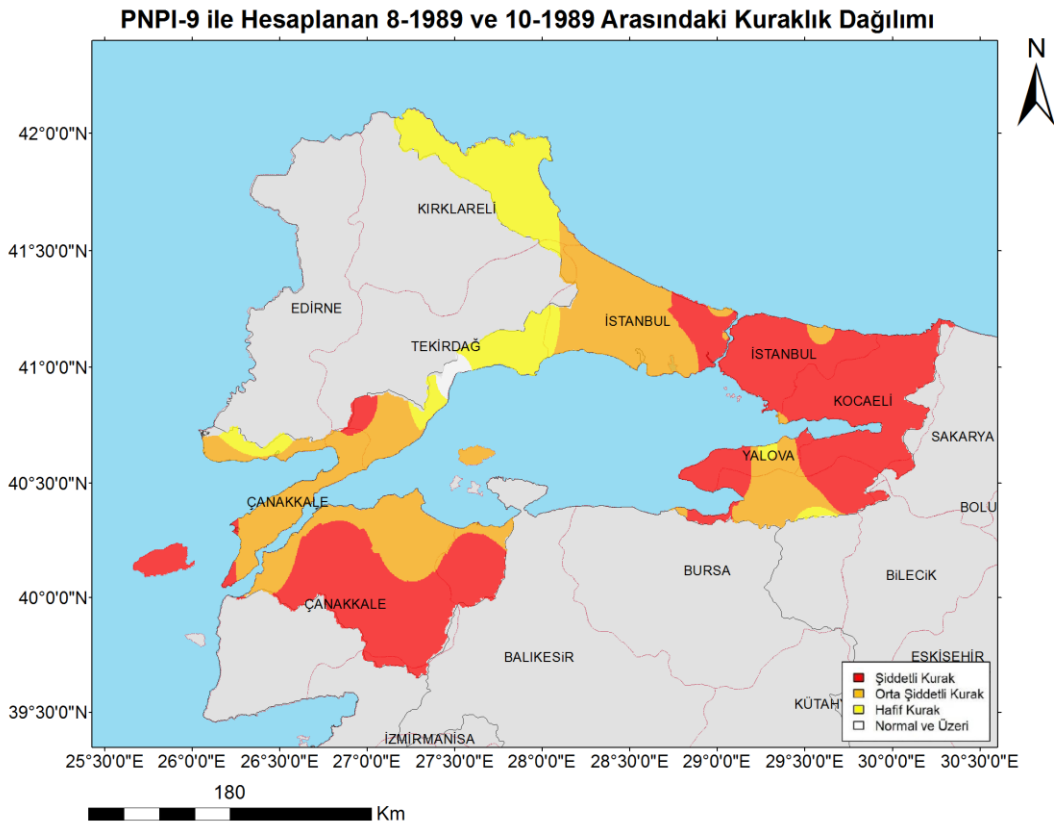
Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın kuzey doğu kesimindeki bir alan hariç havzanın tamamında hissedilmiştir. (%69.96) Kuraklığın hissedilmediği alan Ağva Deresi ve Körfez alt havzalarının büyük bir kısmı ile İznik Gölü alt havzasının küçük bir kısmına denk gelmektedir. Özellikle havzanın batı kesiminde şiddetli kuraklık baskın olarak görülmüştür. Havzanın orta kesiminde ise kuraklık genel olarak hafif ve orta şiddetli kuraklık görülmüştür. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %10.71 oranında hafif kurak, %11.16 oranında orta şiddetli kurak ve %48.09 oranında ise şiddetli kurak

olma durumu görülmektedir. PNPI 9 aylık indisin ortalama değeri ise şiddetli kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı 74.50 olarak hesaplanmıştır.

3.4.2.4.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin PNPI 9 aylık indise göre en kurak ayları olan 08/1989 ile 10/1989 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

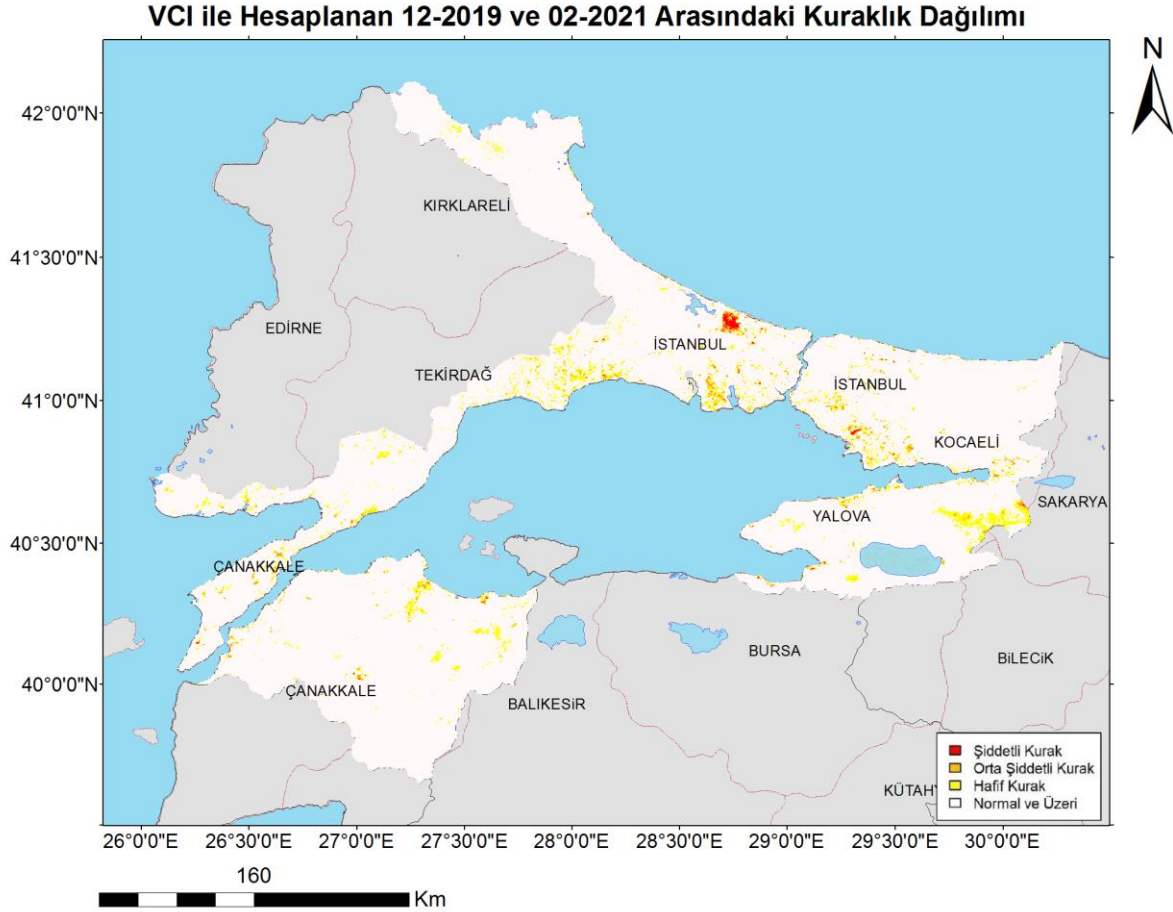
Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın neredeyse tamamını etkilemiştir. Havzanın özellikle doğu ve güney kesimleri şiddetli kuraklığa maruz kalmıştır. Havzanın genel olarak Avrupa kıtasındaki kesimleri kuraklığa hafif ve orta şiddetli olarak daha az maruz kalmıştır. Özellikle Ağva Deresi, Körfez ve Gönen Çayı alt havzaları kuraklığın en yoğun yaşandığı bölgeler olmuştur. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %14.91 oranında hafif kurak, %34.83 oranında orta şiddetli kurak ve %49.60 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. PNPI 9 aylık indisin ortalama değeri ise orta şiddetli ve çok şiddetli kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı 63.50 olarak hesaplanmıştır.



3.4.2.5. VCI ile Hazırlanmış Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.2.5.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin VCI indeksine göre en kurak ayları olan 12/2019 ile 02/2021 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.



Şekil 3.137 VCI ile hesaplanan 12/2019 ile 02/2021 arası kuraklık dağılım haritası

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi Batı İstanbul, Körfez ve Gönen Çayı alt havzalarında az da olsa hissedilmiştir. VCI indisinin çözünürlüğünün 250 m olması sebebi ile dağılım diğer indislere göre daha farklı özellikler göstermektedir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %4.36 oranında hafif kurak, %1.34 oranında orta şiddetli kurak ve %0.22 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. VCI indeksinin ortalama değeri ise normal durumun baskın olmasından dolayı 61.48 olarak hesaplanmıştır.

3.4.3. Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları

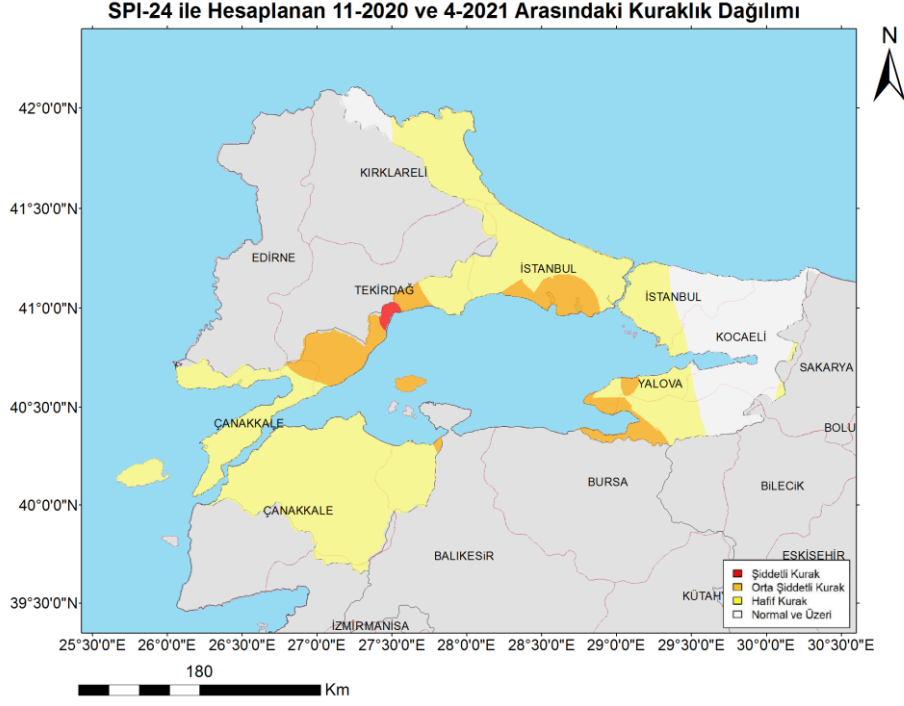
Hidrolojik kuraklığın meteorolojik ve tarımsal kuraklığa göre daha uzun sürmesi ve etkisinin diğerlerine oranla daha fazla olması sebebi ile yüksek periyotlu indisler ile Palmer indisleri bu kısımdaki analizler için daha uygun olarak görülmektedir. Bu kapsamda 12 aylık ve 24 aylık periyotlara sahip indislerden SPI 24 aylık, SPEI 12 aylık indisler ile scPDSI ve scPHDI Palmer indisleri bu kısımdaki analizler için tercih edilmiştir.

3.4.3.1. SPI 24 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.3.1.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPI 24 aylık indise göre en kurak ayları olan 11/2020 ile 04/2021 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

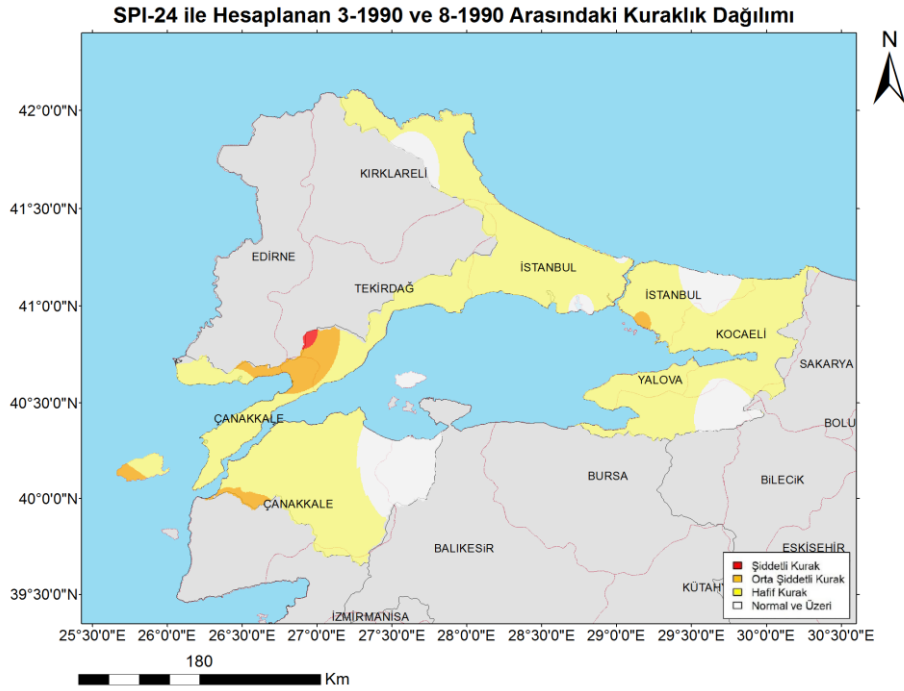
Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın kuzey doğu ve kuzey batı kesimlerindeki alanlar hariç havzanın tamamında (%78.91) hissedilmiştir. Kuraklığın hissedilmediği alan Ağva Deresi ve Körfez alt havzalarının büyük bir kısmı, İznik Gölü ve Kuzey Kırklareli alt havzalarının küçük bir kısmına denk gelmektedir. Özellikle havzanın batı ve orta kesimlerinde baskın olarak hafif kuraklık görülse de bazı yerlerde orta şiddetli ve şiddetli kuraklık da görülmüştür. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %66.58 oranında hafif kurak, %11.92 oranında orta şiddetli kurak ve %0.42 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 24 aylık indisin ortalama değeri ise hafif kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı -1.23 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.138 SPI-24 ile hesaplanan 11/2020 ile 04/2021 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.3.1.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPI 24 aylık indise göre en kurak ayları olan 03/1990 ile 08/1990 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.



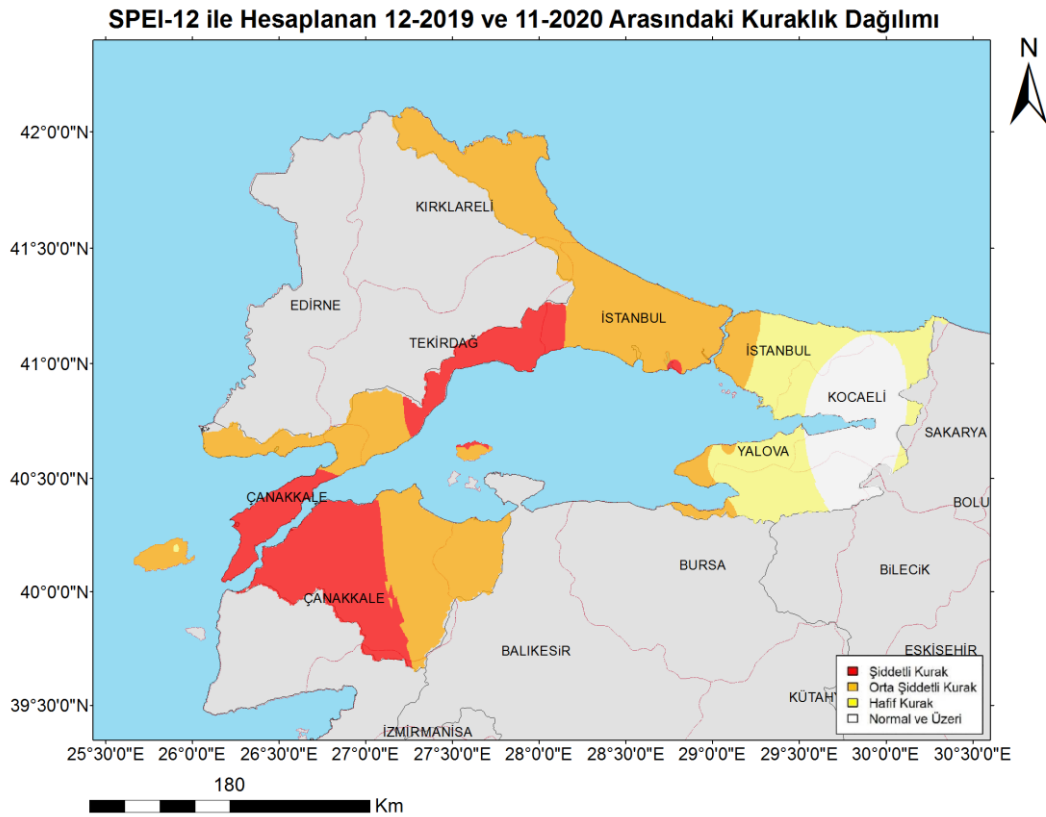
Şekil 3.139 SPI-24 ile hesaplanan 03/1990 ile 08/1990 arası kuraklık dağılım haritası

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın büyük bir kısmını (%84.25) etkilemiştir. Kuraklıktan etkilenmeyen kesimler havzada dağınık olarak bulunmaktadır. Bu dönemde çok küçük bir alanda orta şiddetli ve şiddetli kuraklık görülmüş olup, kalan kesimlerin tamamında hafif kuraklık görülmektedir. Bu kurak dönemde en fazla etkilenen alt havza Kuzey Çanakkale alt havzası olarak görülmektedir. En az etkilenen alt havzanın ise Gönen Çayı alt havzası olduğu bilinmektedir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %79.10 oranında hafif kurak, %4.88 oranında orta şiddetli kurak ve %0.27 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 24 aylık indisin ortalama değeri ise hafif kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -1.18 olarak hesaplanmıştır.

3.4.3.2. SPEI 12 Aylık Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.3.2.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPEI 12 aylık indise göre en kurak ayları olan 12/2019 ile 11/2020 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.



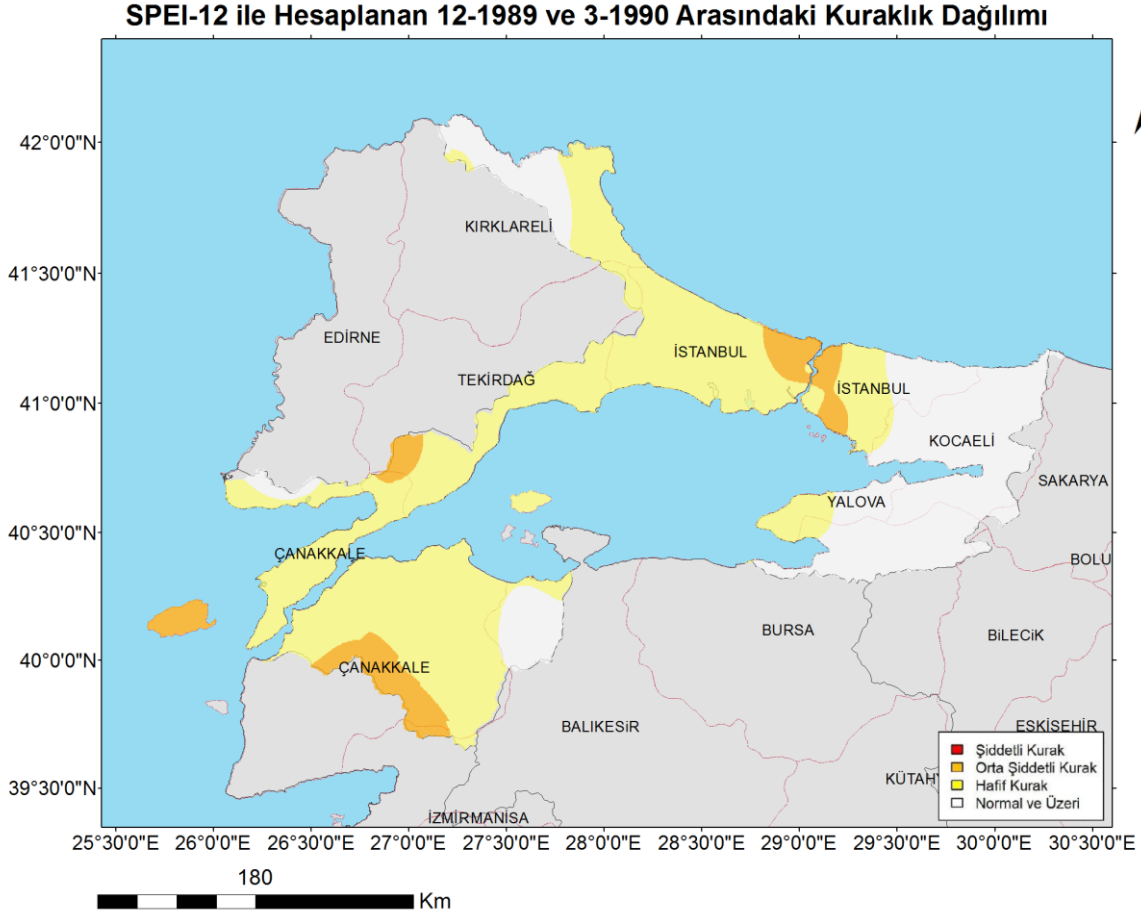
Şekil 3.140 SPEI-12 ile hesaplanan 12/2019 ile 11/2020 arası kuraklık dağılım haritası

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın kuzey doğu kesimindeki bir alan hariç havzanın tamamında (%87.96) hissedilmiştir. Kuraklığın hissedilmediği alan Ağva Deresi ve Körfez alt havzalarının büyük bir kısmı ile İznik Gölü alt havzasının küçük bir kısmına denk gelmektedir. Özellikle havzanın batı kesiminde orta ve şiddetli kuraklık baskın olarak görülmüştür. Havzanın orta kesiminde ise kuraklık genel olarak hafif ve orta şiddetli kuraklık görülmüştür. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %16.38 oranında hafif kurak, %47.58 oranında orta şiddetli kurak ve %23.55 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPEI 12 aylık indisin ortalama değeri ise orta şiddetli kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -1.67 olarak hesaplanmıştır.

3.4.3.2.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin SPEI 12 aylık indise göre en kurak ayları olan 12/1989 ile 03/1990 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın önemli bir kısmını (%66.36) etkilemiştir. Sadece havzanın doğu ve kuzey batı kısımlarında kuraklığın etkisi hissedilmemektedir. Özellikle Biga Çayı, Gönen Çayı ve Batı İstanbul alt havzaları hafif kuraklık ile birlikte orta şiddetli kuraklığa da maruz kalmıştır. Havzanın kalan kesimlerinde ise hafif kuraklık baskın olarak görülmektedir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %57.18 oranında hafif kurak ve %9.18 oranında ise orta şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. Bu dönemde havzada şiddetli kurak olma durumuna rastlanılmamıştır. SPEI 12 aylık indisin ortalama değeri ise hafif kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -1.12 olarak hesaplanmıştır.



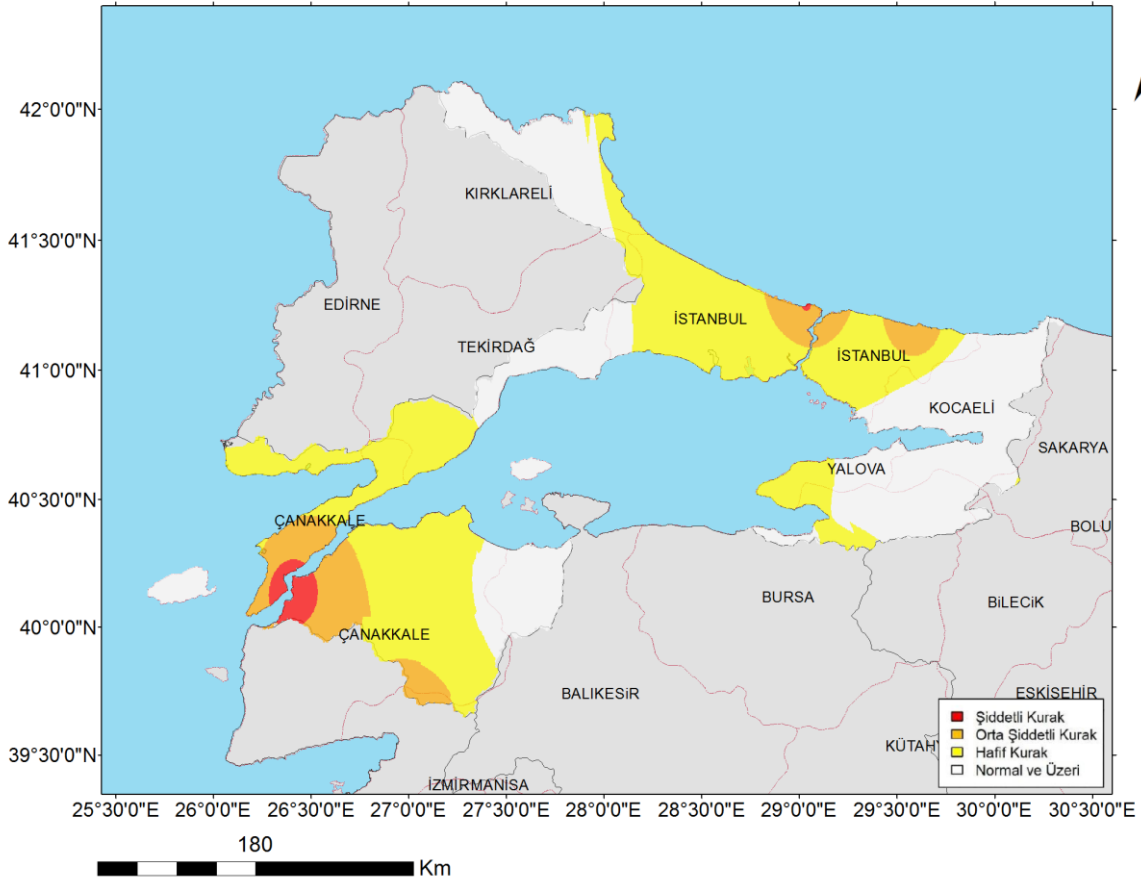
Şekil 3.141 SPEI-12 ile hesaplanan 12/1989 ile 03/1990 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.3.3. scPDSI Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.3.3.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin scPDSI indisine göre en kurak ayları olan 09/2020 ile 02/2021 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

scPDSI ile Hesaplanan 9-2020 ve 2-2021 Arasındaki Kuraklık Dağılımı



Şekil 3.142 scPDSI ile hesaplanan 09/2020 ile 02/2021 arası kuraklık dağılım haritası

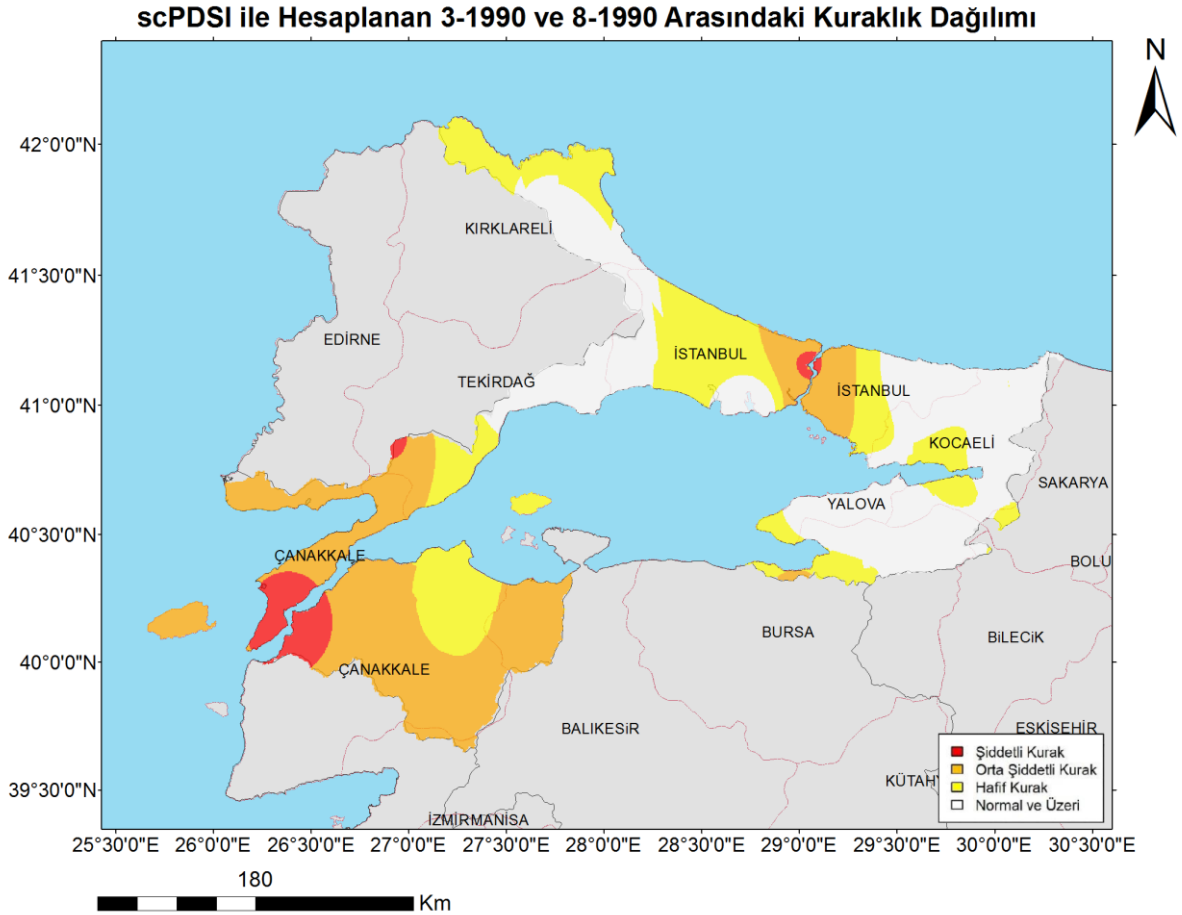
Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın neredeyse yarısında (%42.58) hissedilmemiştir. Kuraklığın yoğun olarak hissedildiği yerler Batı İstanbul, Kuzey Çanakkale, Biga Çayı ve Ağva Deresi alt havzaları olarak görülmektedir. Kuraklık bu bölgelerde genel olarak hafif kuraklık olarak hissedilmiştir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %46.05 oranında hafif kurak, %9.82 oranında orta şiddetli kurak ve %1.55 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. scPDSI indisinin ortalama değeri ise hafif kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı -2.07 olarak hesaplanmıştır.

3.4.3.3.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin scPDSI indisine göre en kurak ayları olan 03/1990 ile 08/1990 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın önemli bir kısmını (%64.99) etkilemiştir. Sadece havzanın doğu ve kuzey batı kısımlarında kuraklığın etkisi

hissedilmemektedir. Özellikle Biga Çayı, Gönen Çayı, Kuzey Çanakkale ve Batı İstanbul alt havzaları orta şiddetli kuraklık ile birlikte şiddetli kuraklığa da maruz kalmıştır. Havzanın kalan kesimlerinde ise hafif kuraklık görülmektedir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %28.08 oranında hafif kurak, %32.74 oranında orta şiddetli kurak ve %4.17 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. scPDSI indisinin ortalama değeri ise hafif ve orta şiddetli kurak olma durumlarının yüksek olmasından dolayı -2.55 olarak hesaplanmıştır.

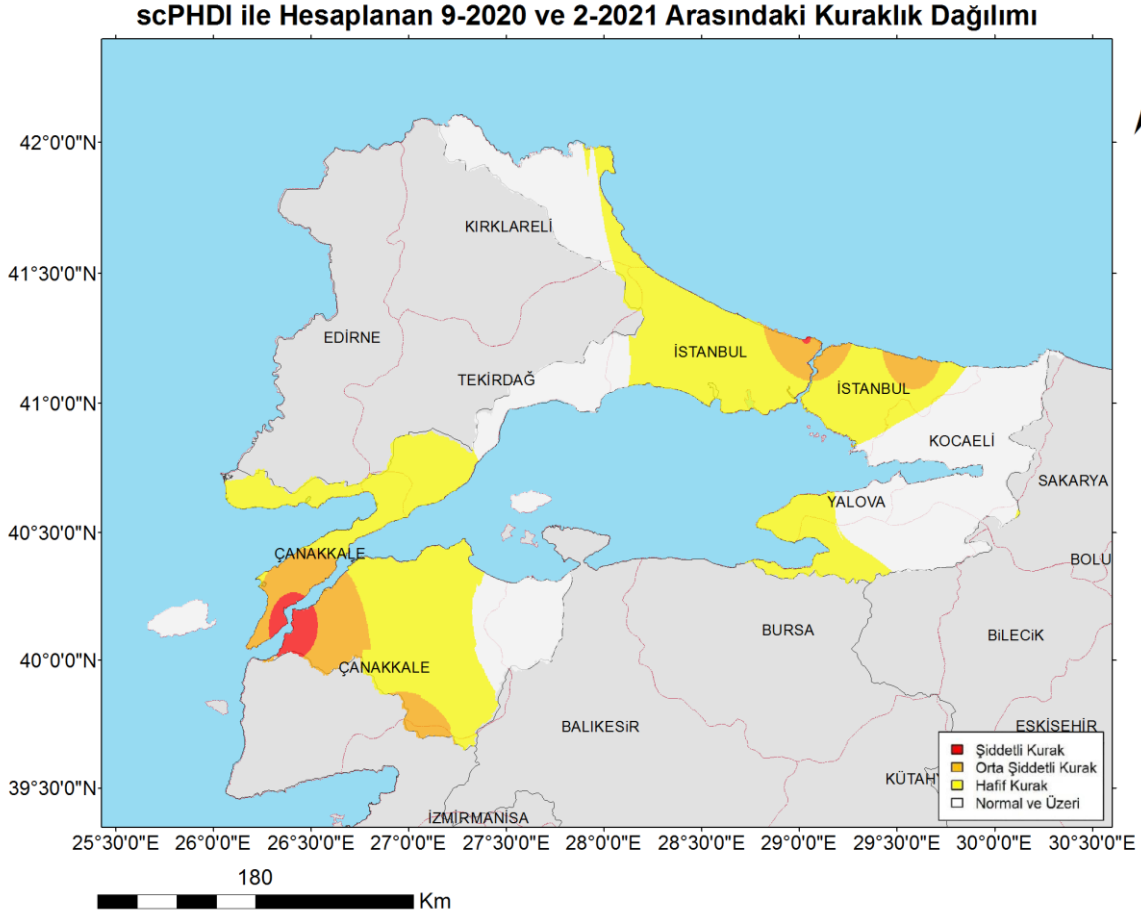


Şekil 3.143 scPDSI ile hesaplanan 03/1990 ile 08/1990 arası kuraklık dağılım haritası

3.4.3.4. scPHDI Kuraklık Şiddet Haritaları

3.4.3.4.1. 10/2019 ile 04/2021 Arası Kurak Dönem

10/2019 ile 04/2021 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin scPHDI indisine göre en kurak ayları olan 05/2007 ile 12/2008 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.



Şekil 3.144 scPHDI ile hesaplanan 09/2020 ile 02/2021 arası kuraklık dağılım haritası

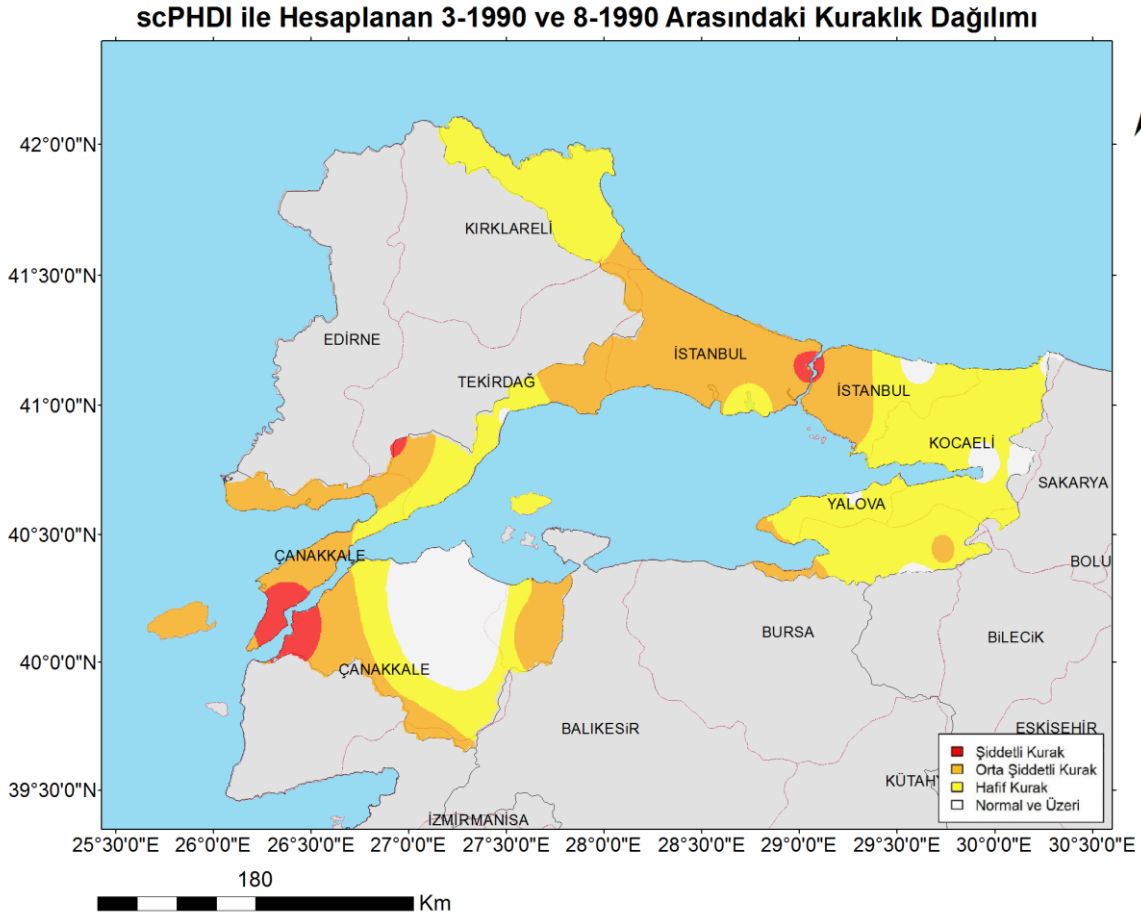
Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın neredeyse yarısında (%41.07) hissedilmemiştir. Kuraklığın yoğun olarak hissedildiği yerler Batı İstanbul, Kuzey Çanakkale, Biga Çayı ve Ağva Deresi alt havzaları olarak görülmektedir. Kuraklık bu bölgelerde genel olarak hafif kuraklık olarak hissedilmiştir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %47.49 oranında hafif kurak, %9.89 oranında orta şiddetli kurak ve %1.55 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. scPHDI indisin ortalama değeri ise hafif kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -2.09 olarak hesaplanmıştır.

3.4.3.4.2. 01/1989 ile 08/1990 Arası Kurak Dönem

01/1989 ile 08/1990 tarihleri arasında yaşanan 2. en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin scPHDI indisine göre en kurak ayları olan 03/1990 ile 08/1990 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın büyük bir kısmını (%87.34) etkilemiştir. Kuraklığın etkili olmadığı alan büyük oranda Biga Çayı ve Gönen Çayı

alt havzaları içerisinde kalmaktadır. Havzanın kalan kısmında hafif ve orta şiddetli kuraklık etkisini göstermiştir. Bu dönemde Kuzey Çanakkale ve Batı İstanbul alt havzaları kuraklığın en yoğun geçtiği alanlar olarak görülmektedir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %47.11 oranında hafif kurak, %37.04 oranında orta şiddetli kurak ve %3.19 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. scPHDI indisinin ortalama değeri ise hafif kurak ve orta şiddetli kurak olma durumlarının baskın olmasından dolayı -2.61 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.145 scPHDI ile hesaplanan 03/1990 ile 08/1990 arası kuraklık dağılım haritası

3.5. Kuraklık Risk Haritaları

Daha önceki bölümlerde Kuraklık Risk Analizleri istasyon ve alt havza bazında yapılarak tablosal ve grafiksel olarak verilmiştir. Bu hesaplamaları havza bazında görmek için ise bu verilere dayanılarak IDW interpolasyon tekniği ile istasyon bazındaki verileri havzaya dağıtmak suretiyle bir analiz yapılmıştır. Haritalar “Hafif Kurak”, “Orta Şiddetli Kurak”, “Şiddetli Kurak” ve “Hepsinin Toplamı” olacak şekilde hazırlanarak sunulmaktadır.

Hazırlanan her harita kendi içinde yeşilden kırmızıya değişen bir renk skalasında değerlendirilmektedir. Her harita kendi içerisinde ayrımı kolaylaştırmak için kendi skalasını oluşturmaktadır. Eğer tek bir skala kullanılsaydı değişimin az olduğu dönem ya da indislerde riskli alanların renkleri birbirine yakın olacağı için ayrım yapılması da zor olacaktı. Bu sebeple tek bir renk skalası yerine değişen renk skalaları tercih edildi. Böylelikle her haritanın kendi içerisinde okunabilirliği artırılmış oldu.

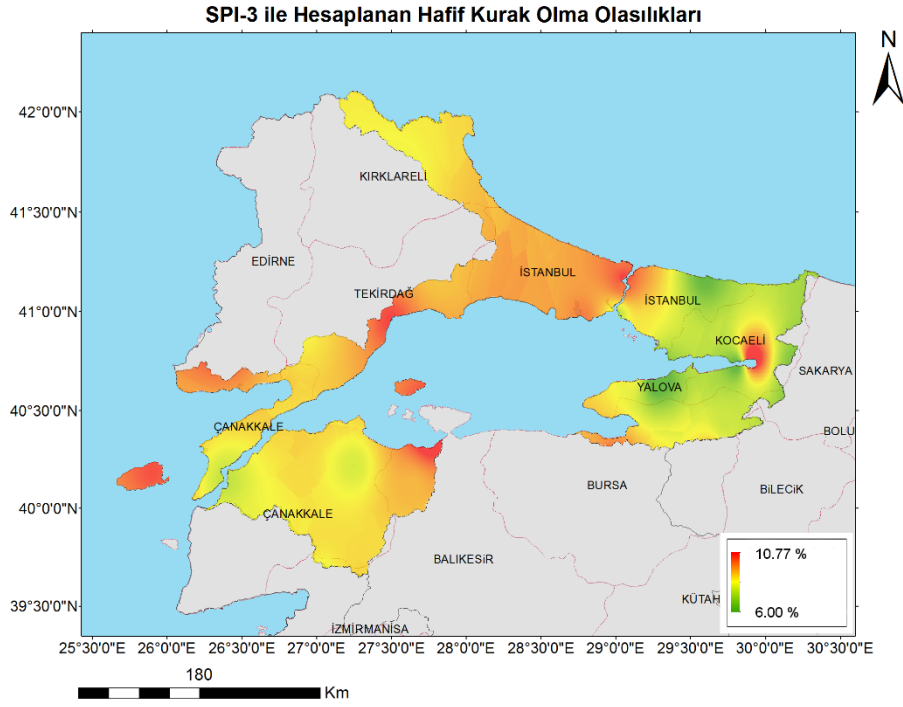
Yeşil renkli alanlar hesaplanan indise göre kuraklık riskinin az olduğu, kırmızı alanlar ise kuraklık riskinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Sarı rengin hâkim olduğu alanlar ise kuraklık riskinin orta durumda olduğunu göstermektedir.

Haritalar üzerinde yapılan değerlendirmede daha önceden belirtilen kuraklık risk analizlerindeki alt havza bazındaki değerlendirmelerin ile birebir olarak örtüştüğü teyit edilmiştir. Bar grafikte en yoğun hafif kuraklık riskinin Çorlu ve Vize alt havzalarında olduğu, İpsala-Keşan ve Havsa alt havzalarında ise daha az hafif kuraklık riski olduğu görülmektedir ki haritaya bakıldığında en yeşil alanların bu alt havzalara dahil olduğu görülmektedir.

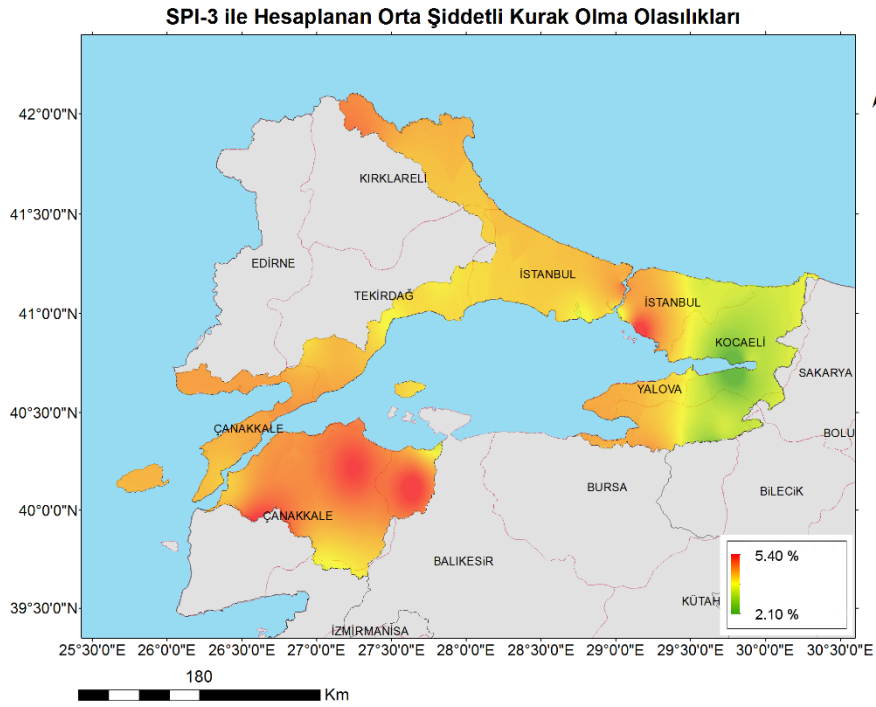
Daha önceki kısımlarda da belirtildiği üzere rapor kapsamında hesaplanan indislerin NDVI ile korelasyonları daha önceki konularda incelenmiş olup çok düşük korelasyon katsayıları ile karşılaşılmıştır. Ayrıca Ji ve Peters’in 2003 yılında hazırladıkları makale kapsamında NDVI ile SPI korelasyonları incelenmiş olup korelasyonun aylar arasında ve toprağın su tutma kapasitesine göre değişkenlik gösterdiği ortaya çıkmıştır (Ji & Peters, 2003). Bu sebeple havza genelinde NDVI korelasyon yaklaşımı ile en uygun indislerin gösterilmesi risk bakımından uygun görülmemiş ve şiddet haritaları için seçilen indislerin risk haritaları gösterilmiştir.

3.5.1. Meteorolojik Kuraklık Şiddet Haritaları

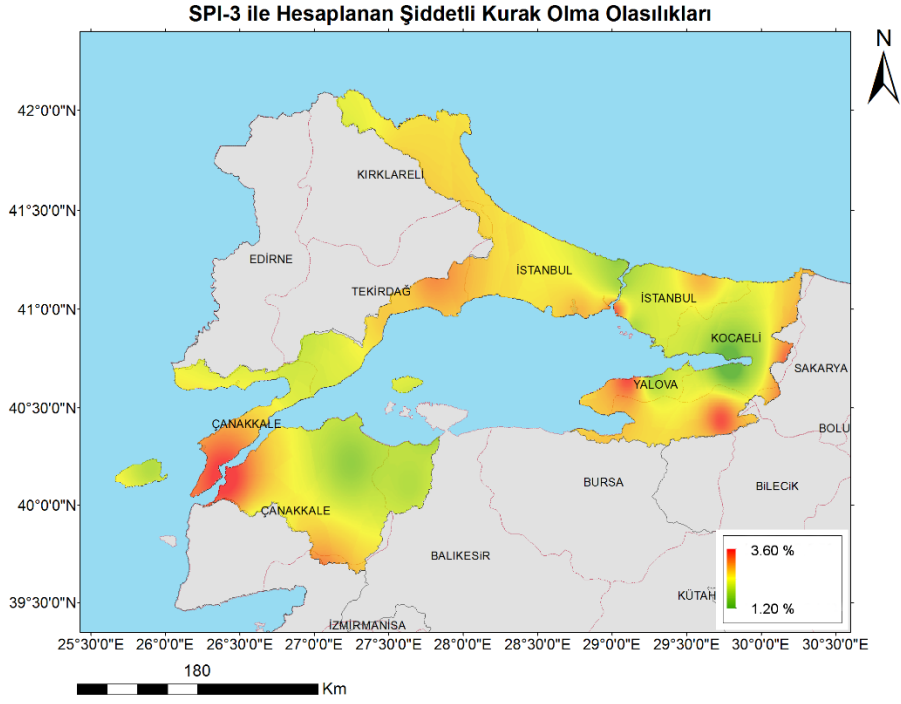
3.5.1.1. SPI 3 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



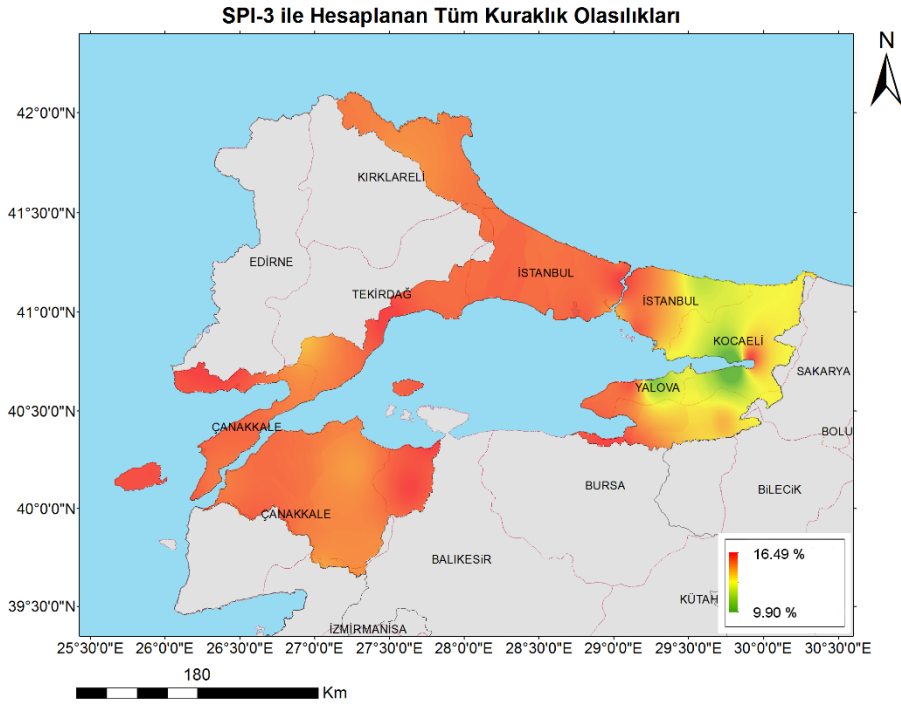
Şekil 3.146 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.147 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

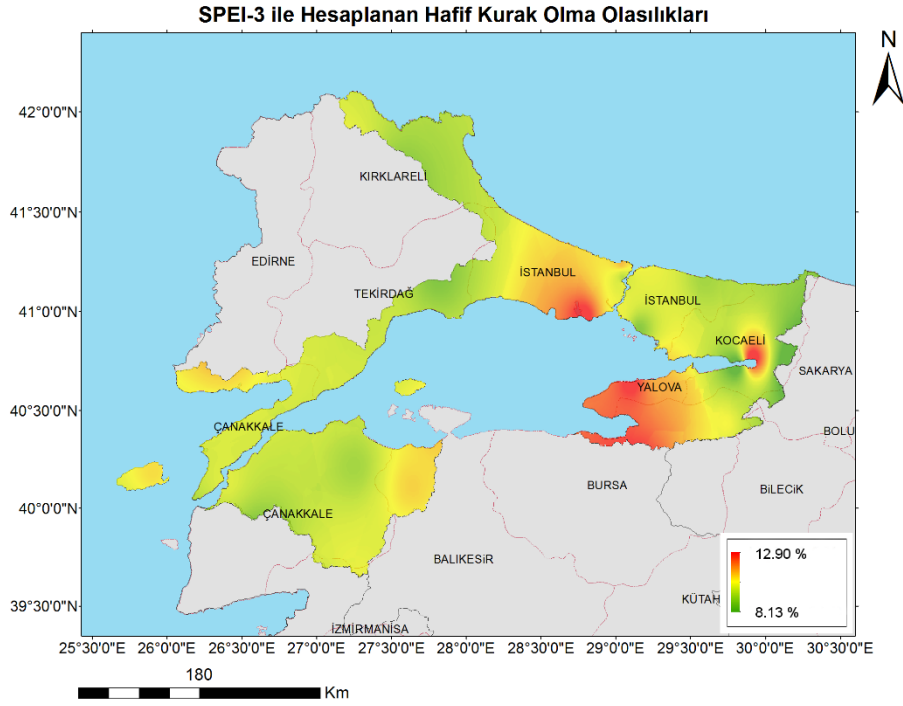


Şekil 3.148 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

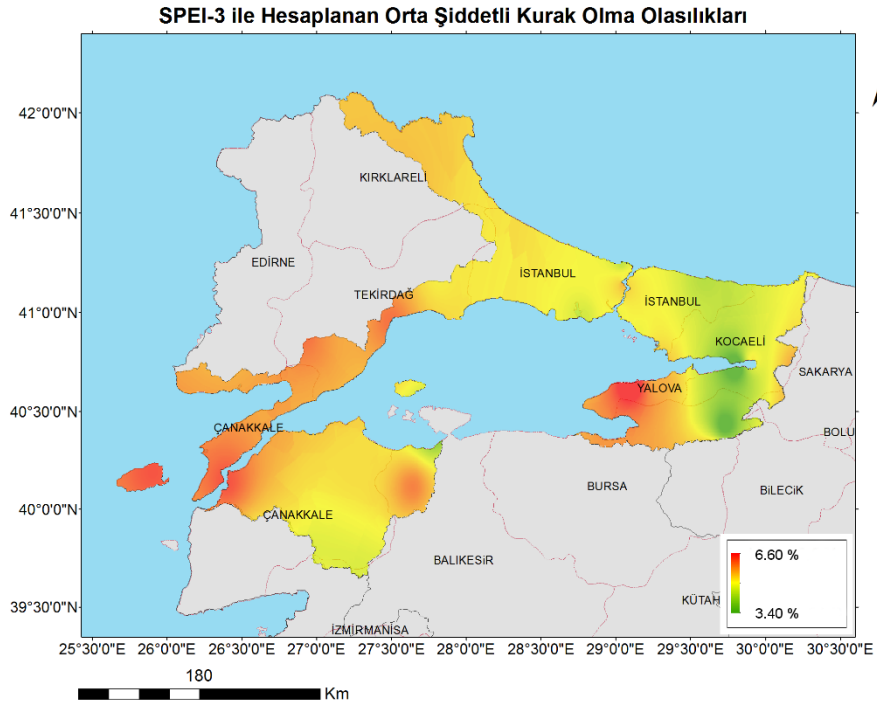


Şekil 3.149 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

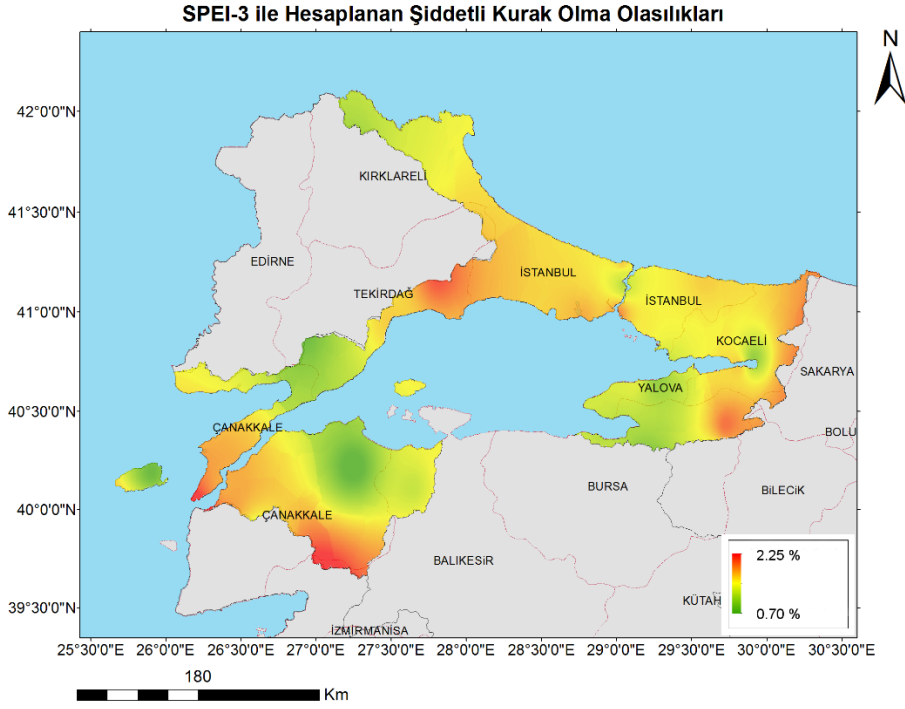
3.5.1.2. SPEI 3 Aylık Periyot Kuraklık Risk Haritaları



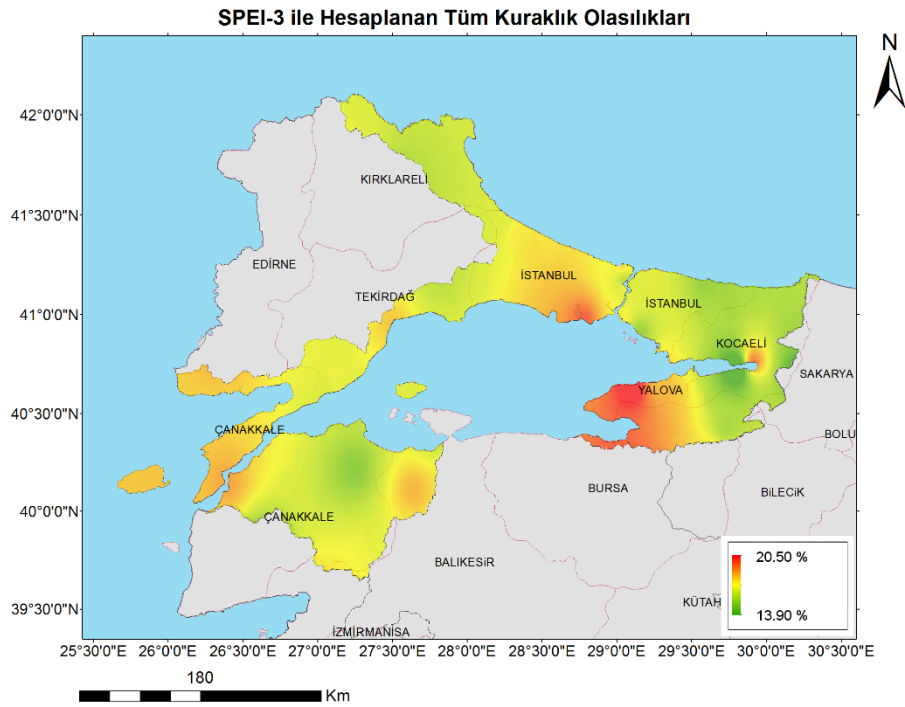
Şekil 3.150 SPEI 3 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.151 SPEI 3 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası



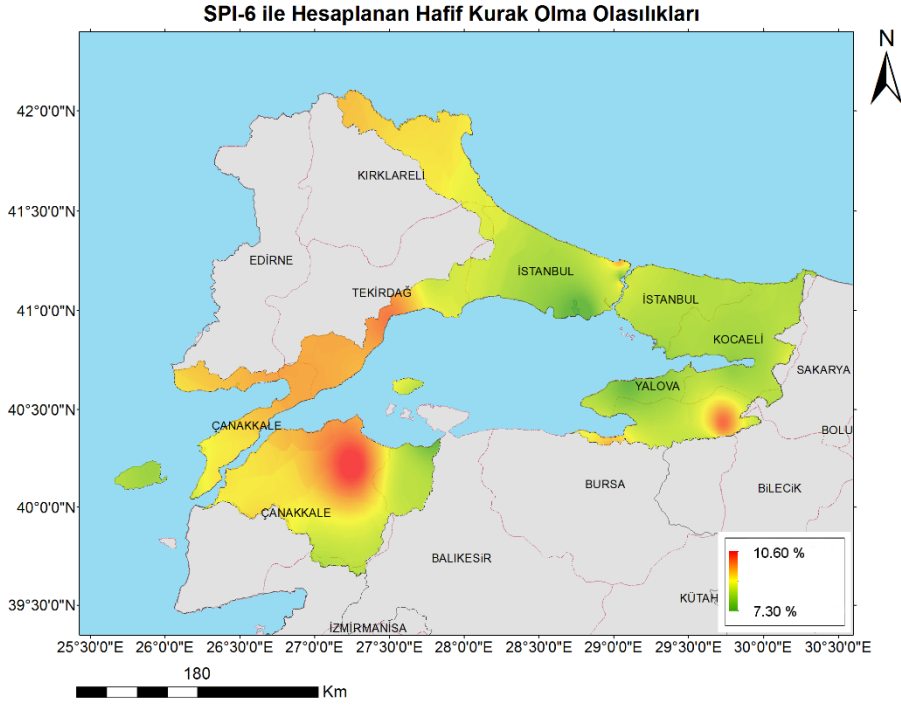
Şekil 3.152 SPEI 3 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası



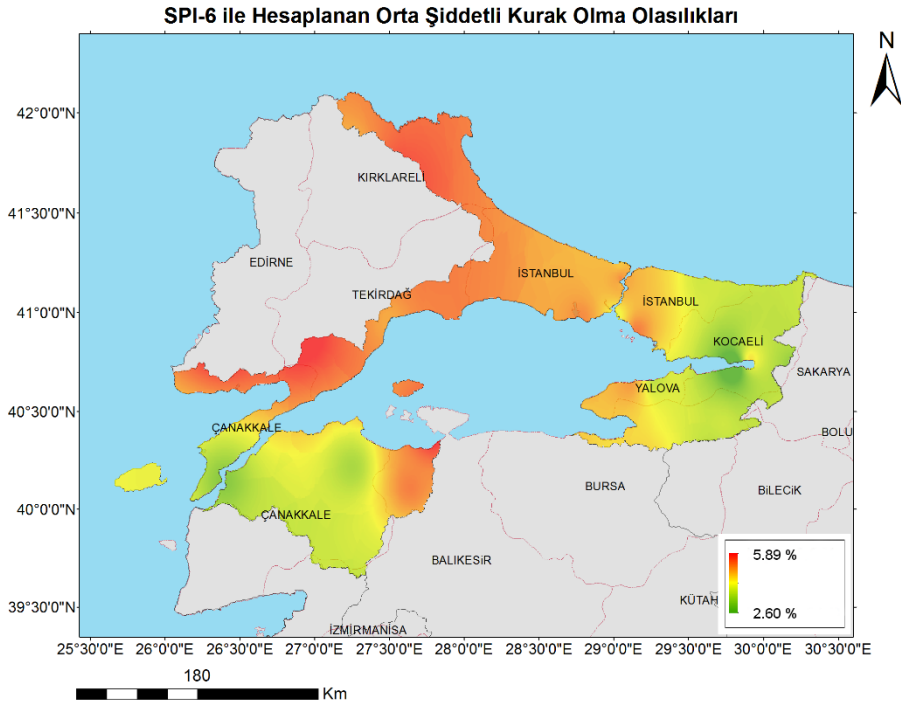
Şekil 3.153 SPEI 3 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

3.5.2. Tarımsal Kuraklık Şiddet Haritaları

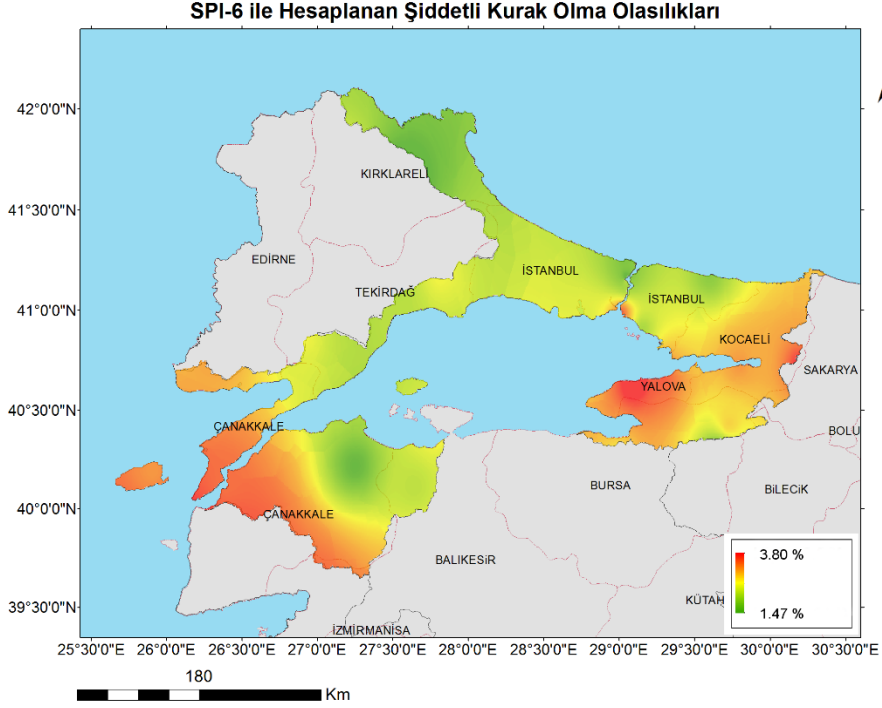
3.5.2.1. SPI 6 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



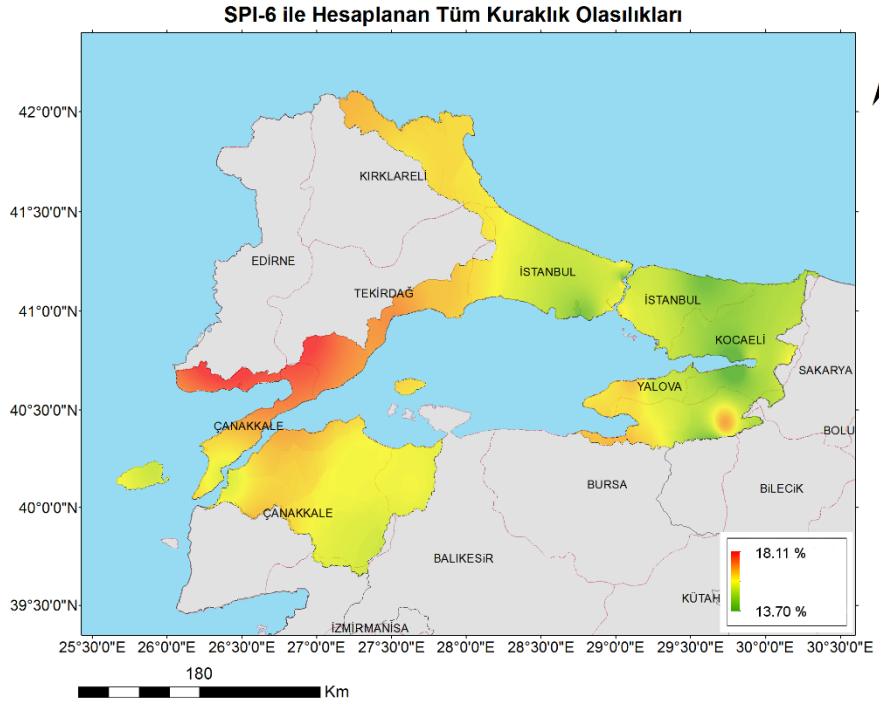
Şekil 3.154 SPI 6 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.155 SPI 6 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

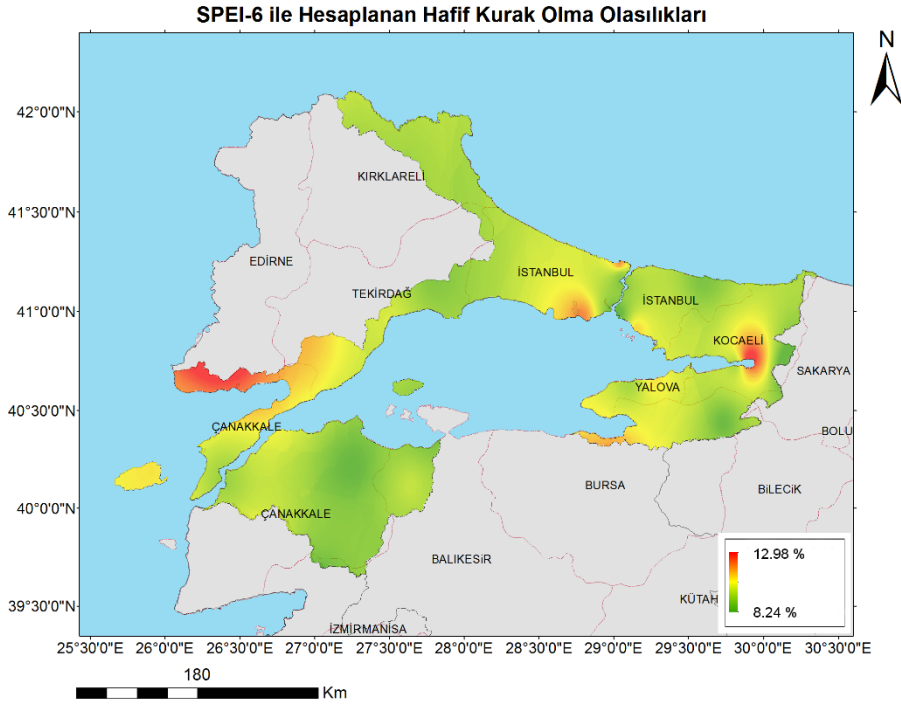


Şekil 3.156 SPI 6 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

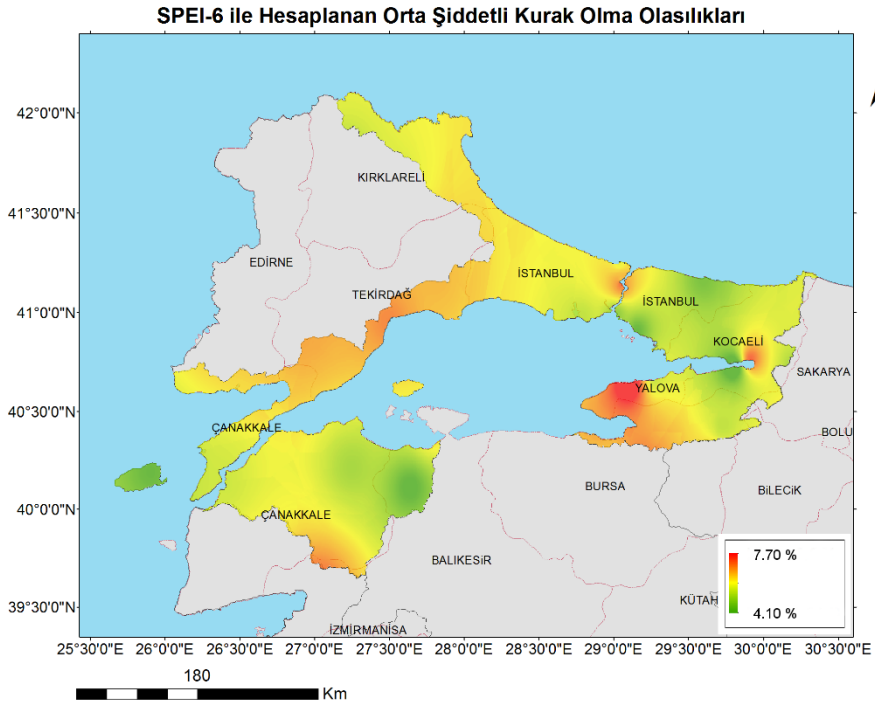


Şekil 3.157 SPI 6 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

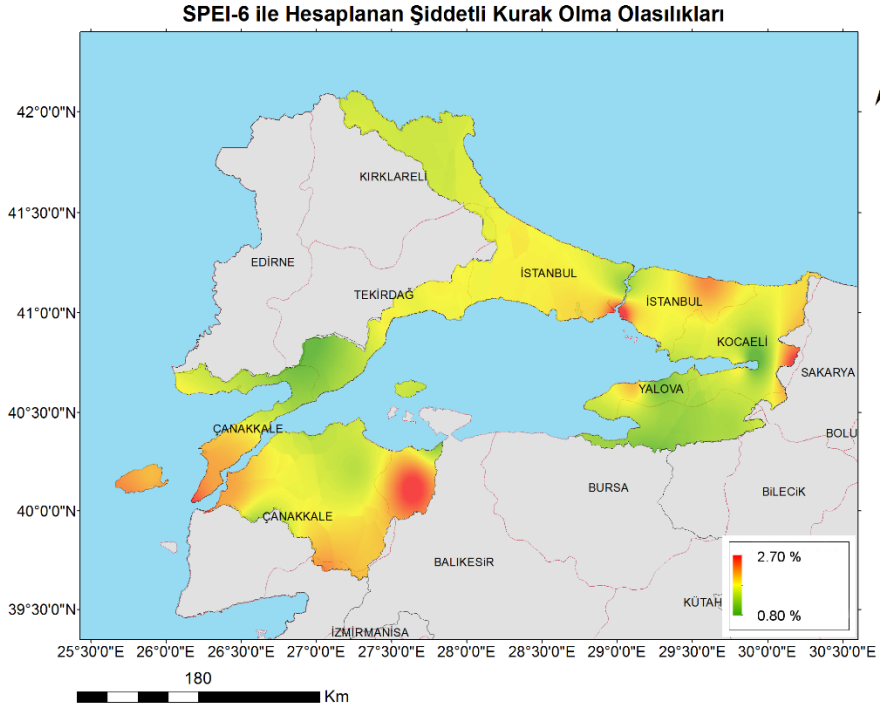
3.5.2.2. SPEI 6 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



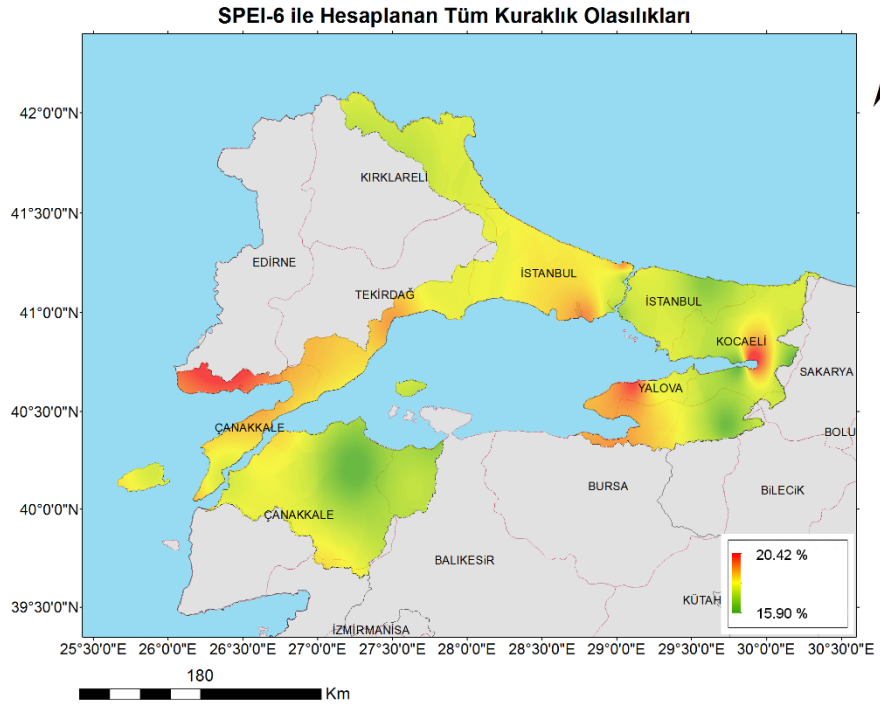
Şekil 3.158 SPEI 6 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.159 SPEI 6 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

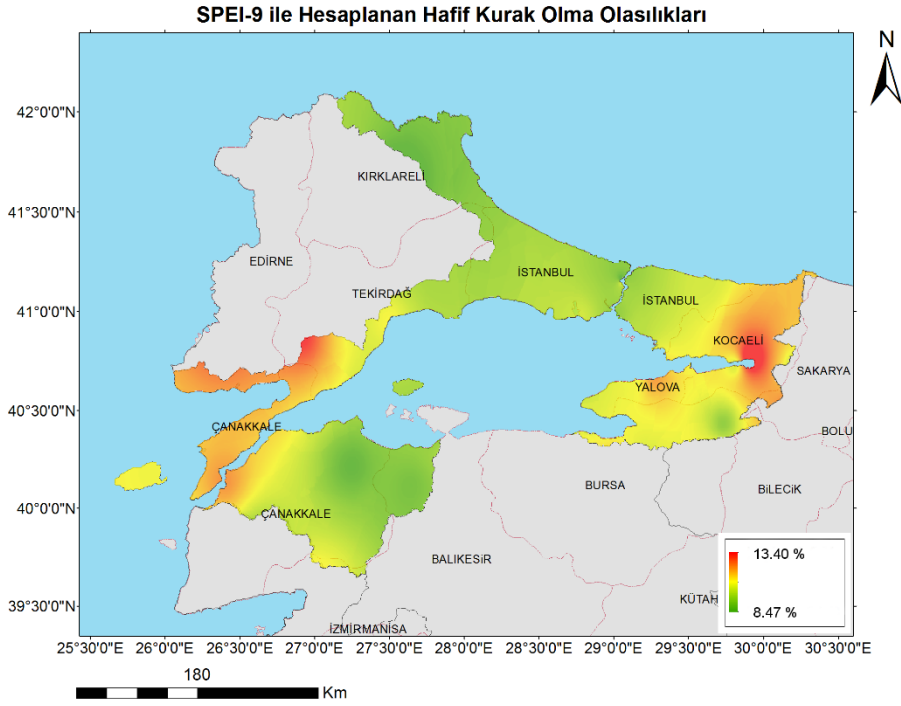


Şekil 3.160 SPEI 6 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

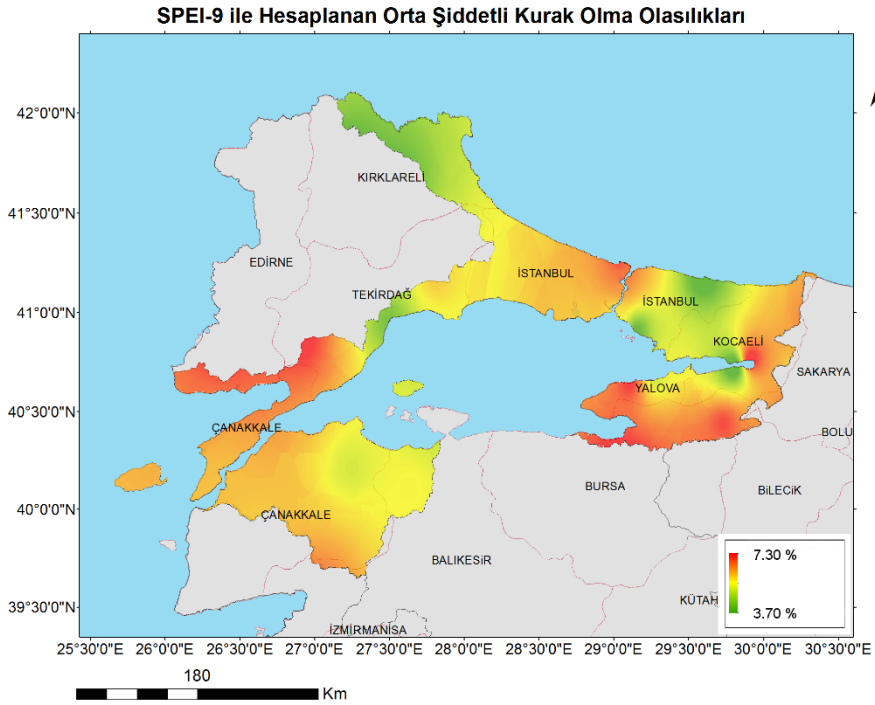


Şekil 3.161 SPEI 6 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

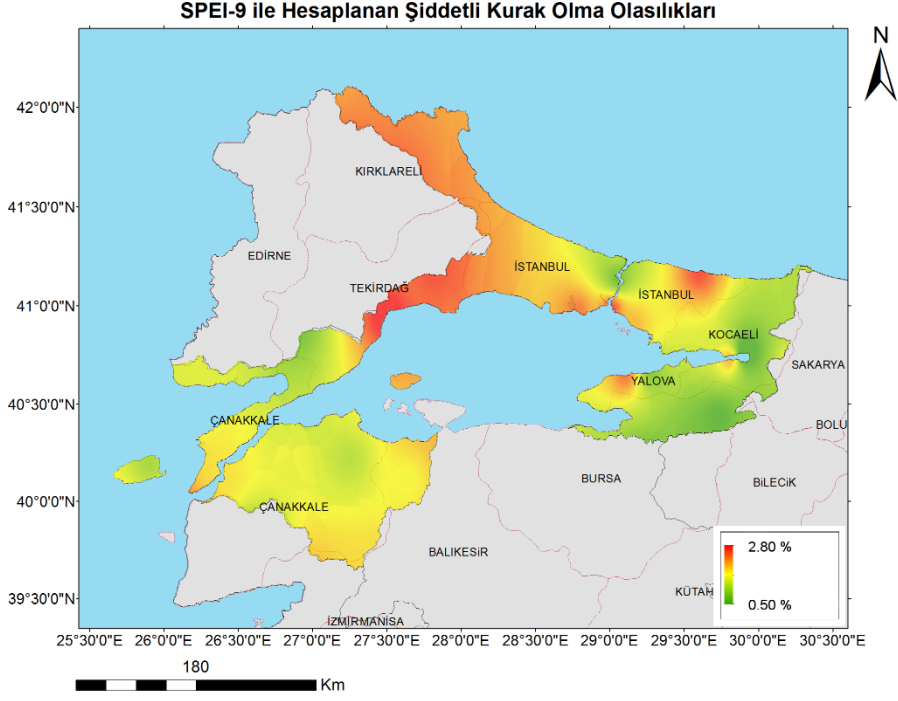
3.5.2.3. SPEI 9 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



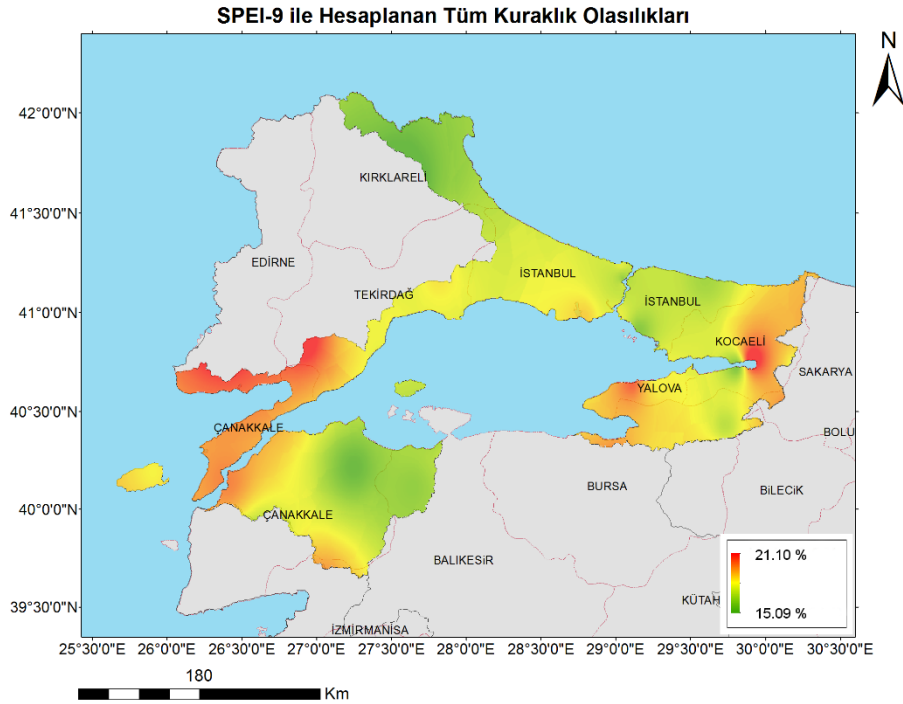
Şekil 3.162 SPEI 9 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.163 SPEI 9 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

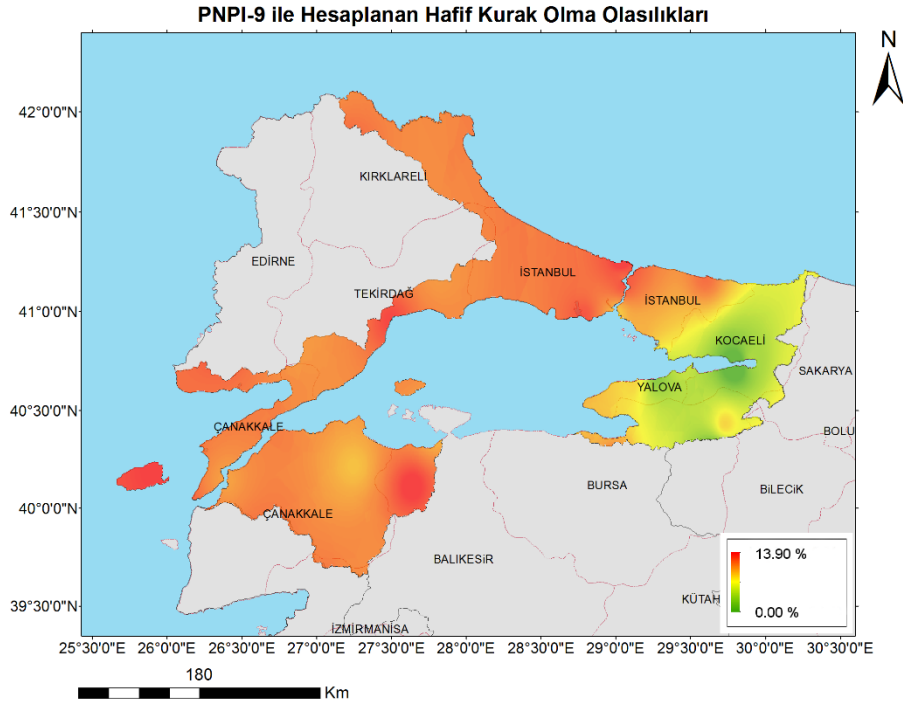


Şekil 3.164 SPEI 9 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

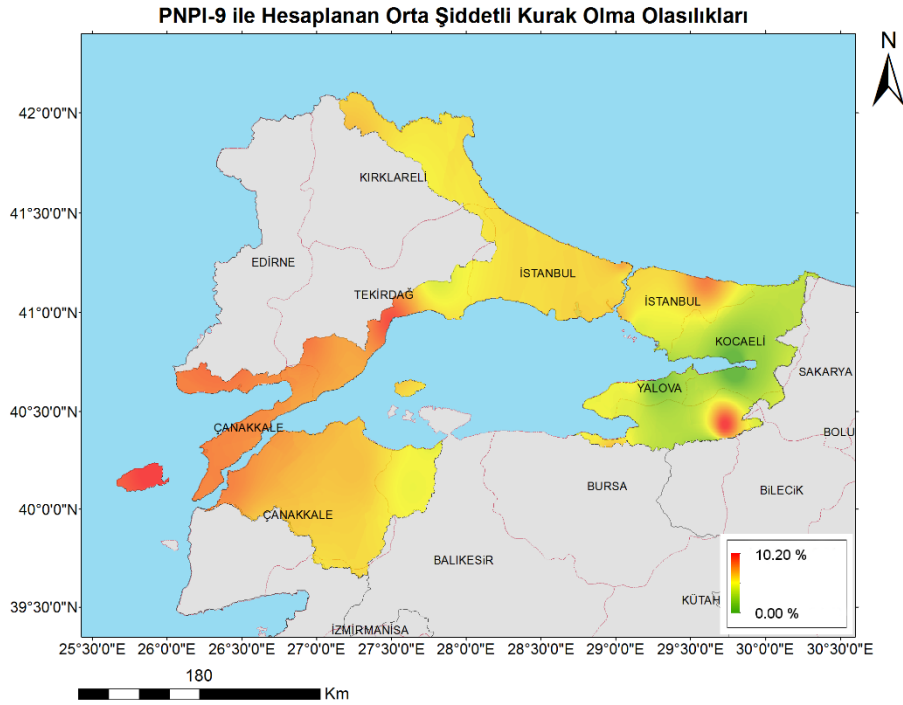


Şekil 3.165 SPEI 9 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

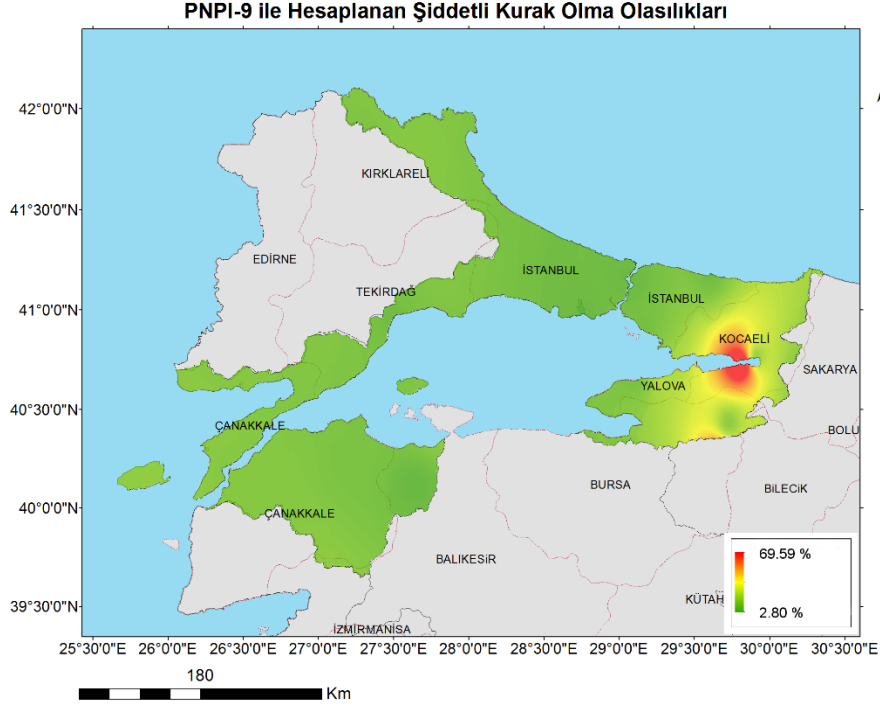
3.5.2.4. PNPI 9 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



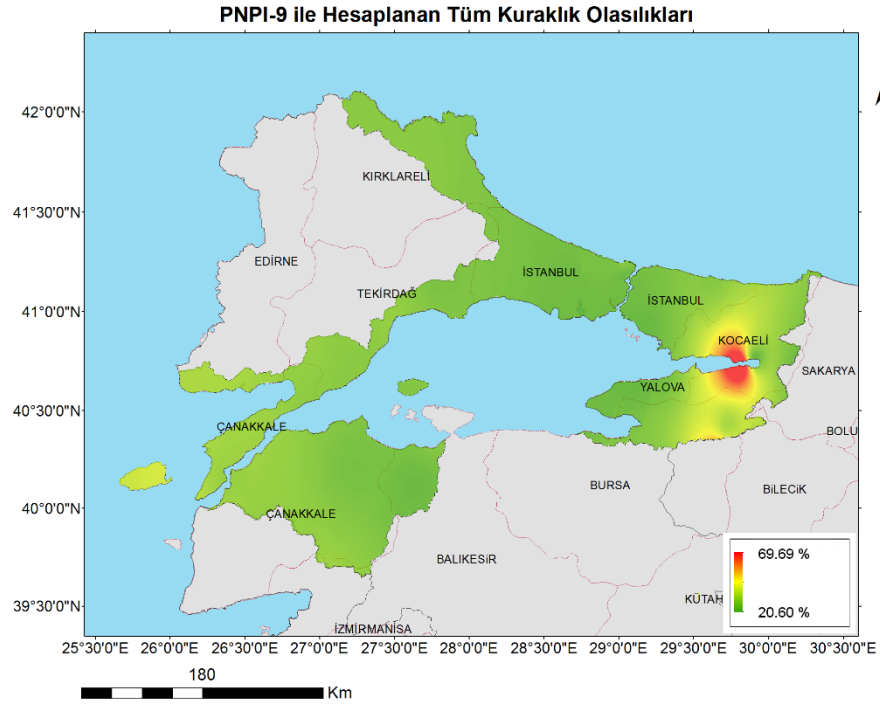
Şekil 3.166 PNPI 9 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.167 PNPI 9 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası



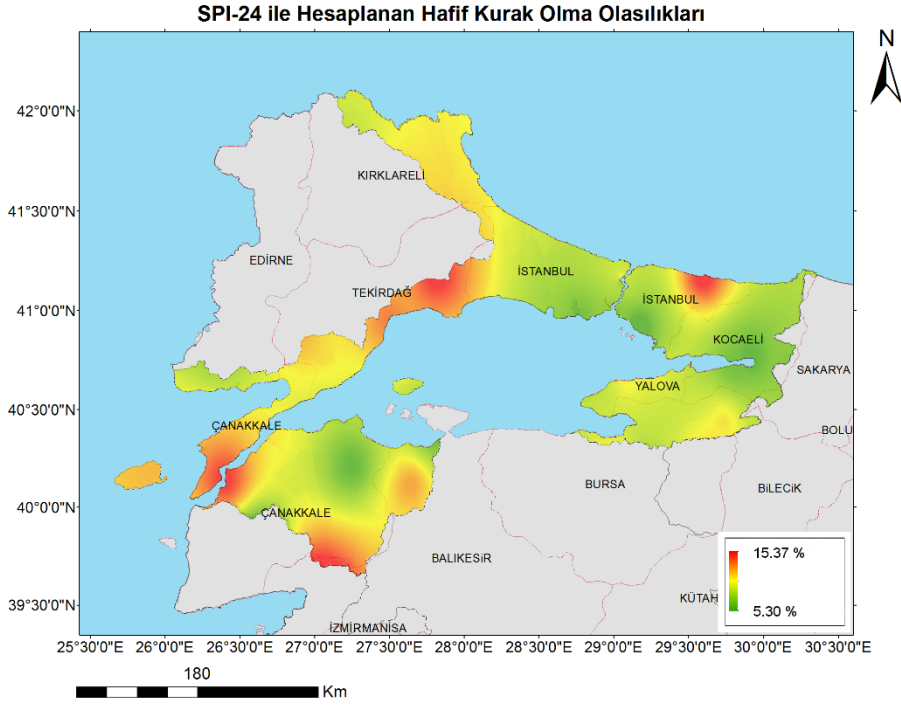
Şekil 3.168 PNPI 9 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası



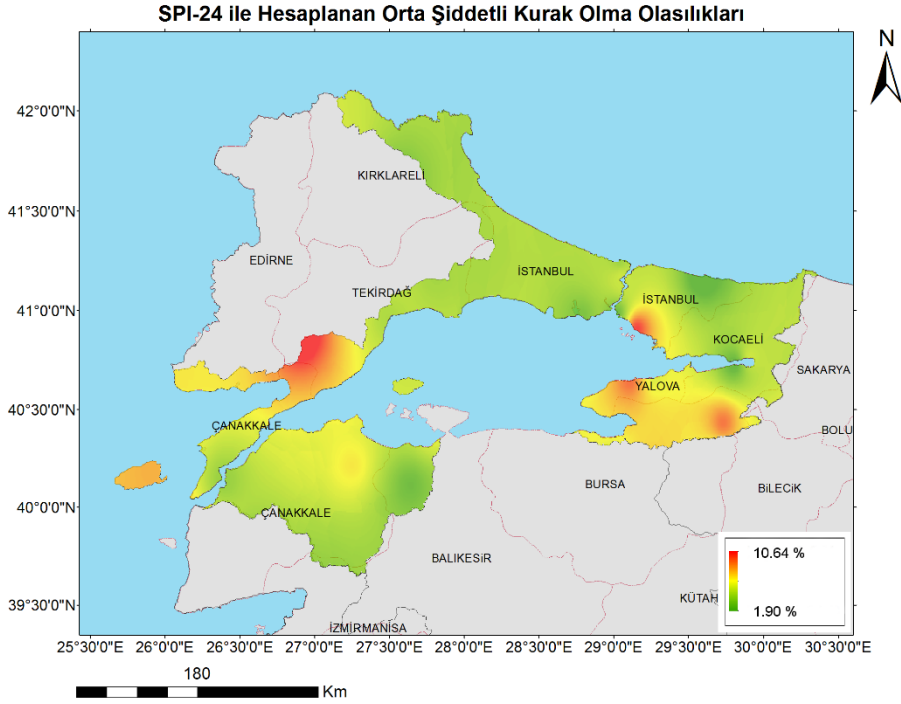
Şekil 3.169 PNPI 9 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

3.5.3. Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları

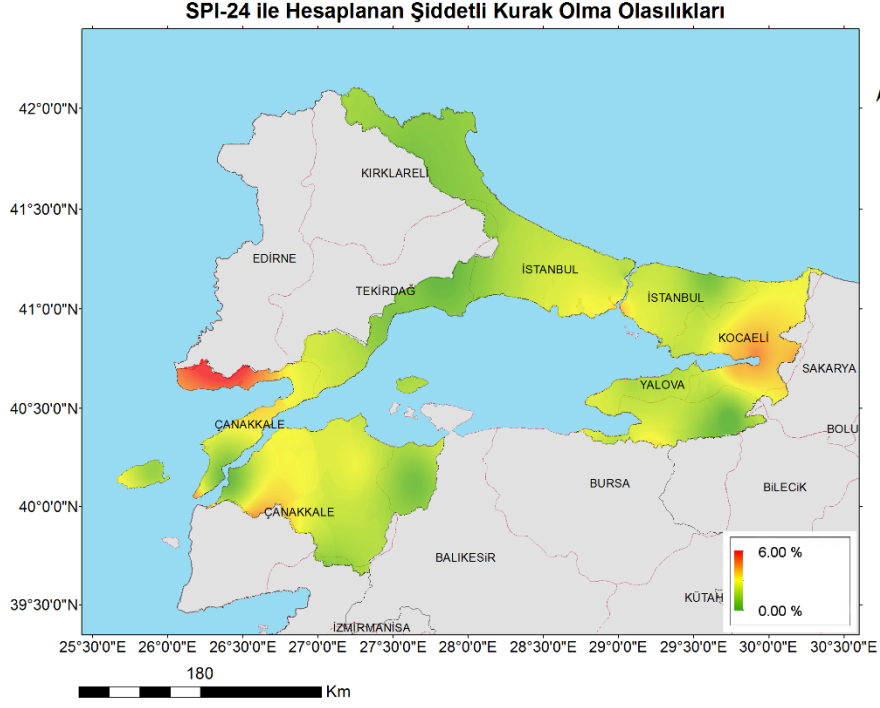
3.5.3.1. SPI 24 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



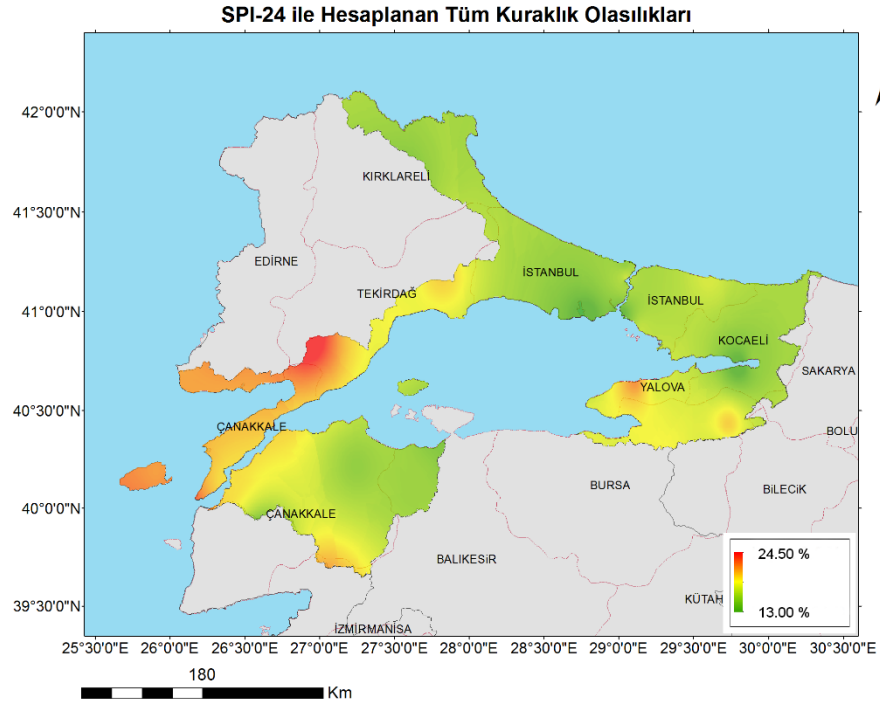
Şekil 3.170 SPI 24 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.171 SPI 24 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

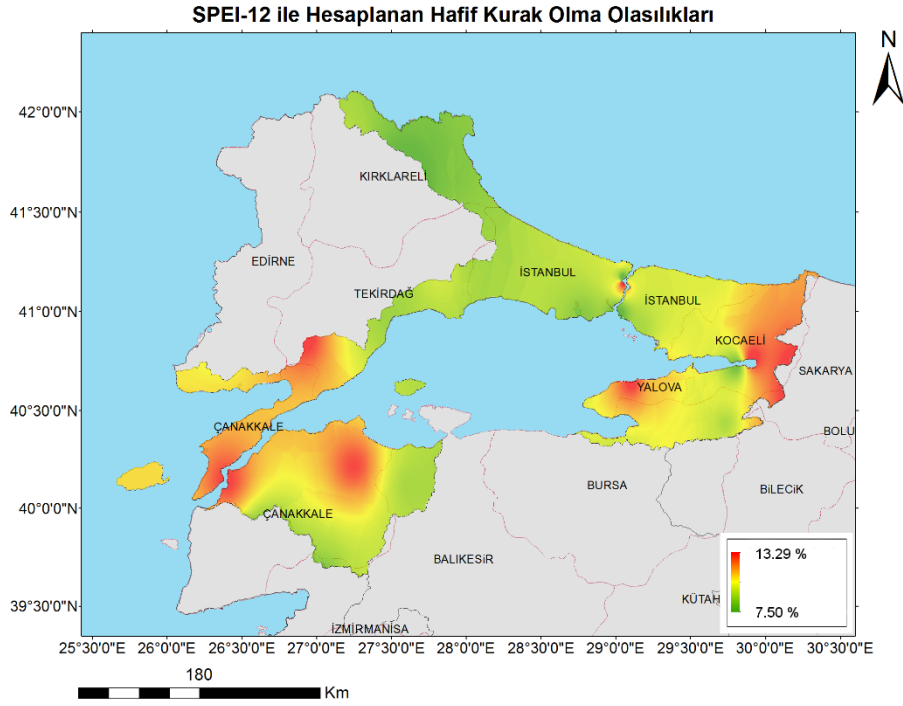


Şekil 3.172 SPI 24 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

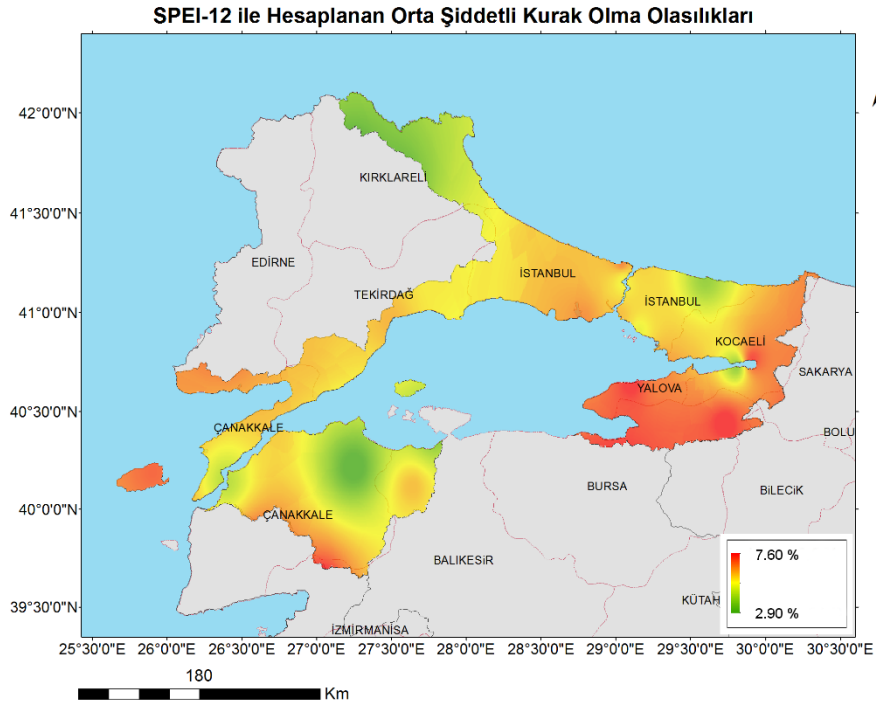


Şekil 3.173 SPI 24 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

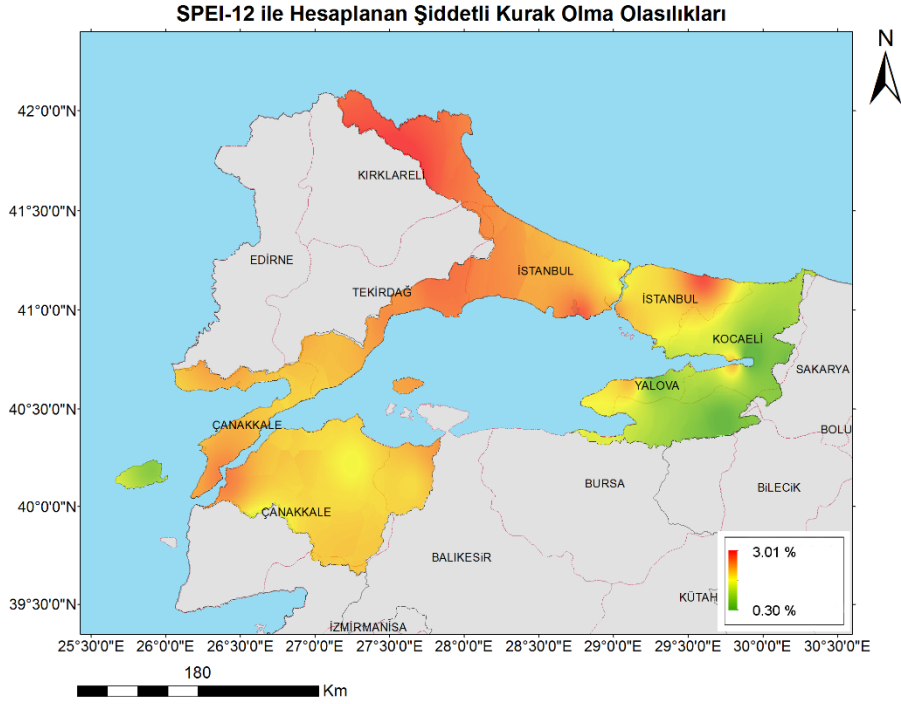
3.5.3.2. SPEI 12 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



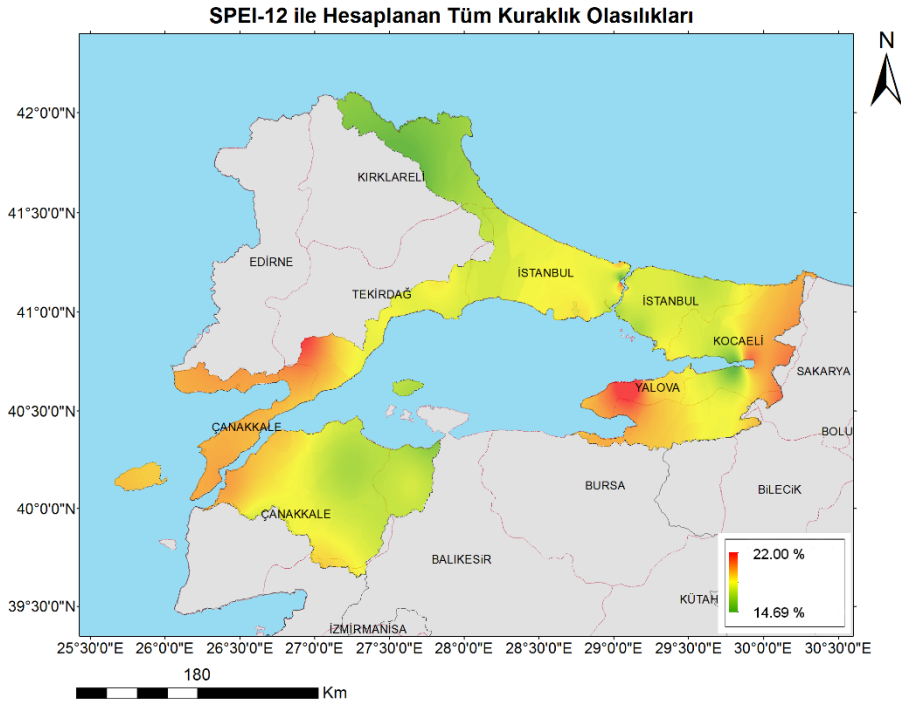
Şekil 3.174 SPEI 12 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.175 SPEI 12 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

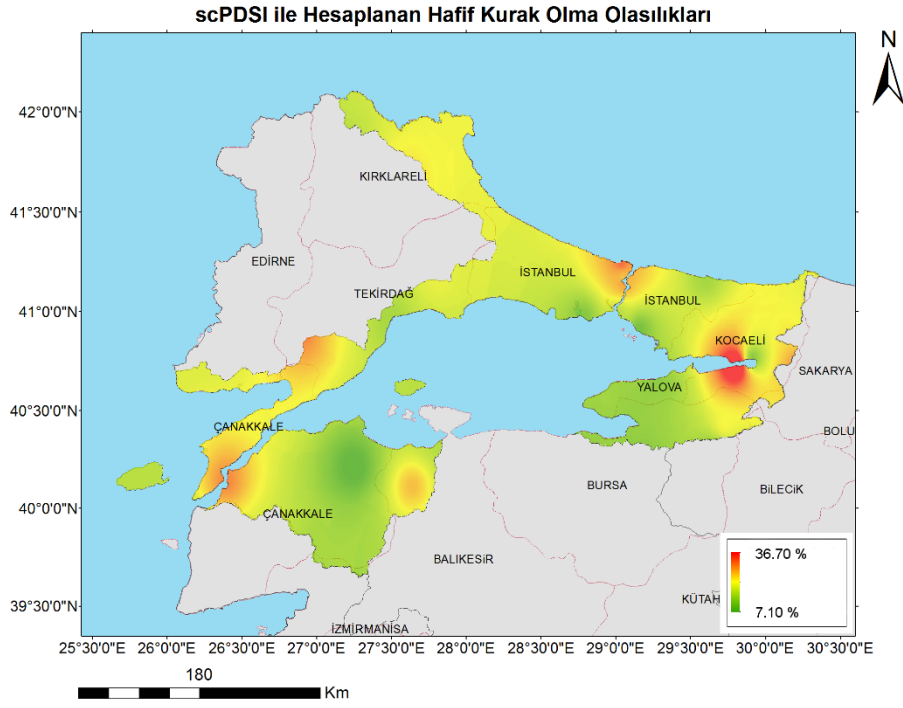


Şekil 3.176 SPEI 12 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

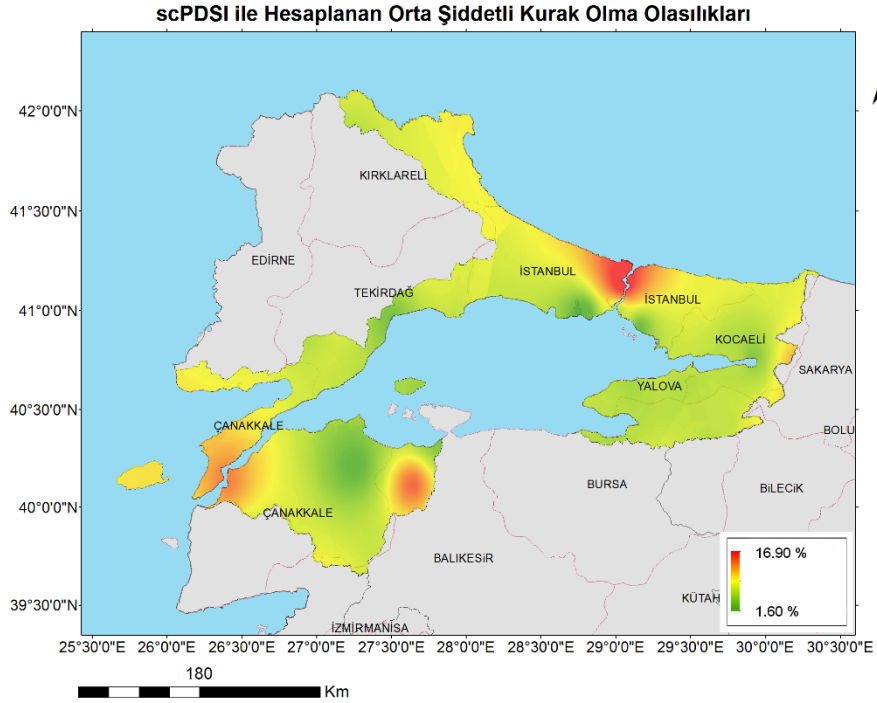


Şekil 3.177 SPEI 12 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

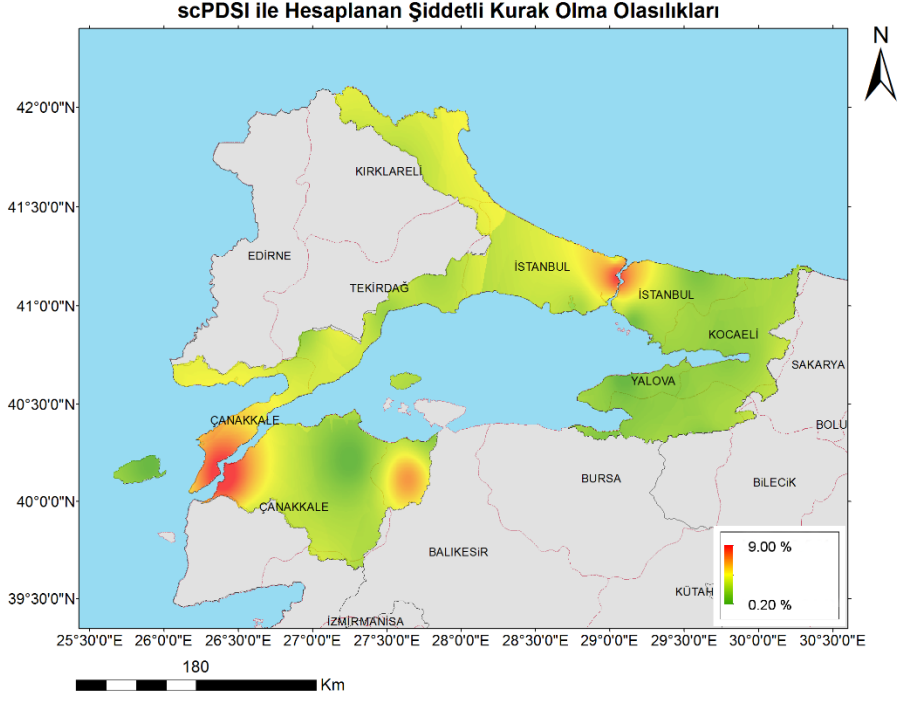
3.5.3.3. scPDSI Kuraklık Risk Haritaları



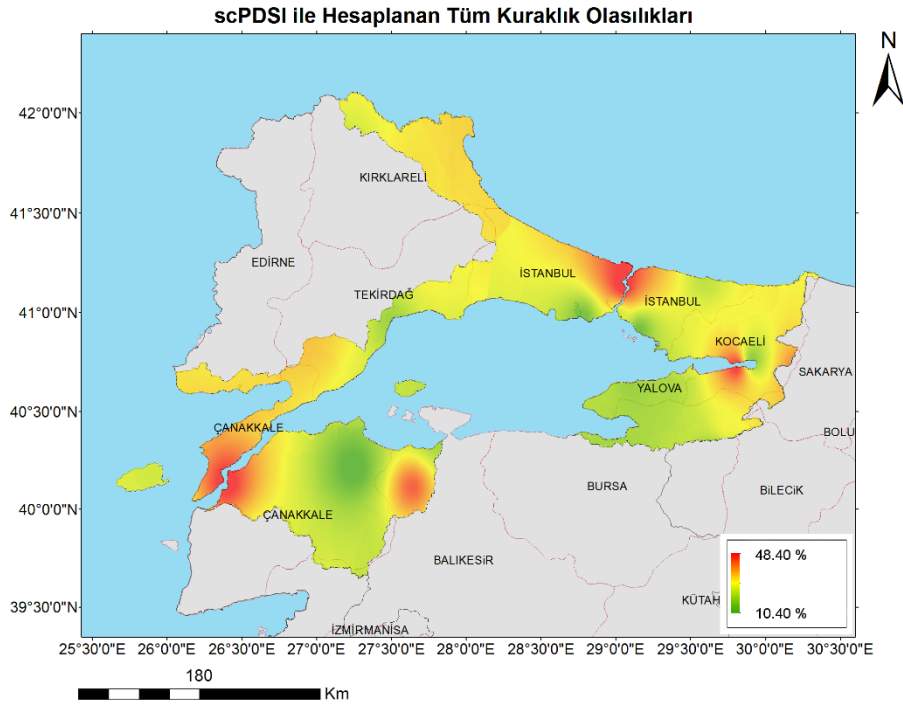
Şekil 3.178 scPDSI ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.179 scPDSI ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

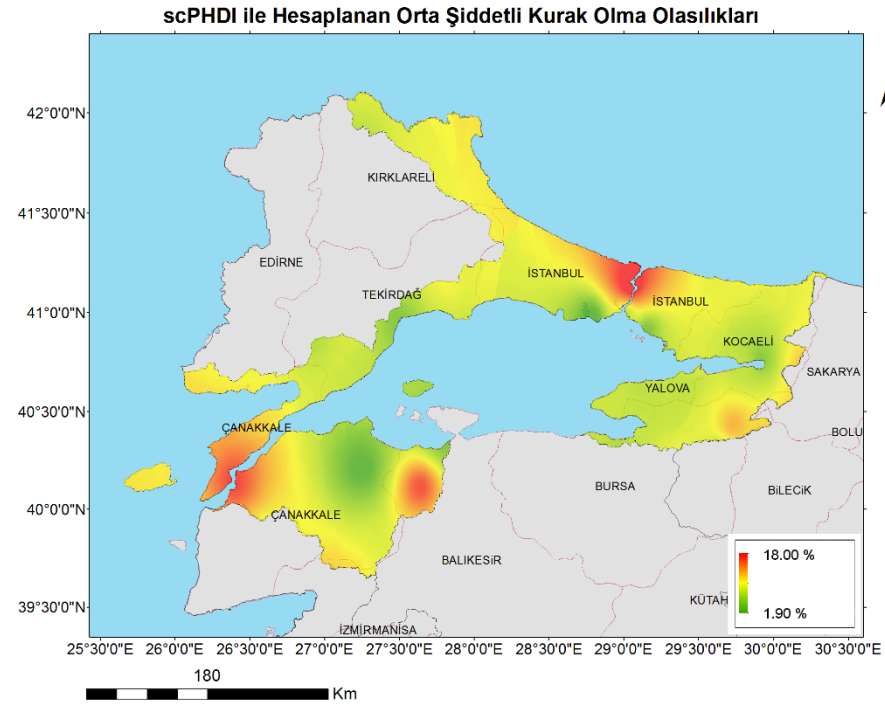
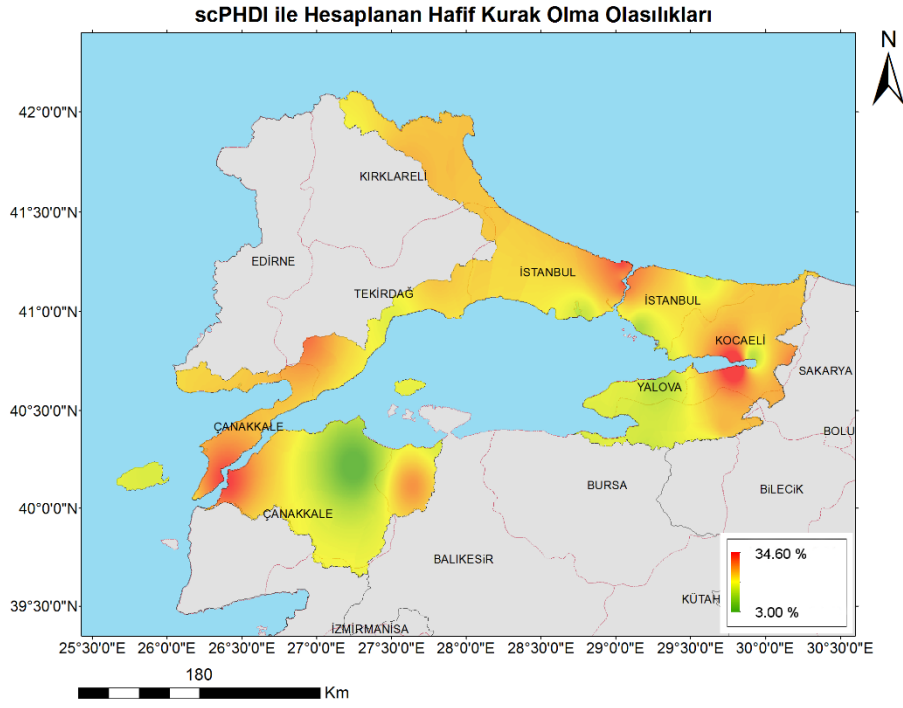


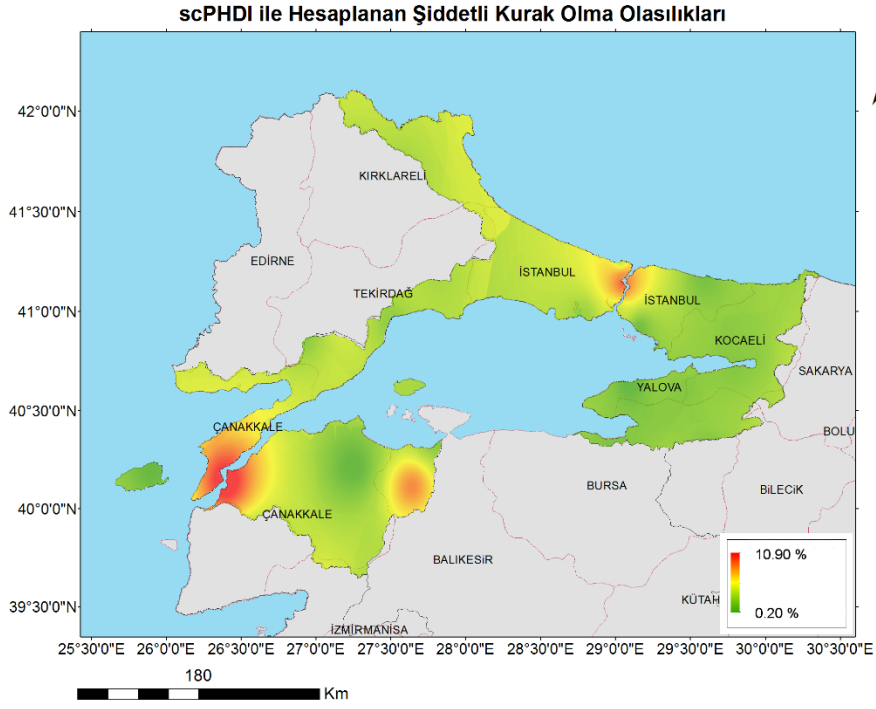
Şekil 3.180 scPDSI ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası



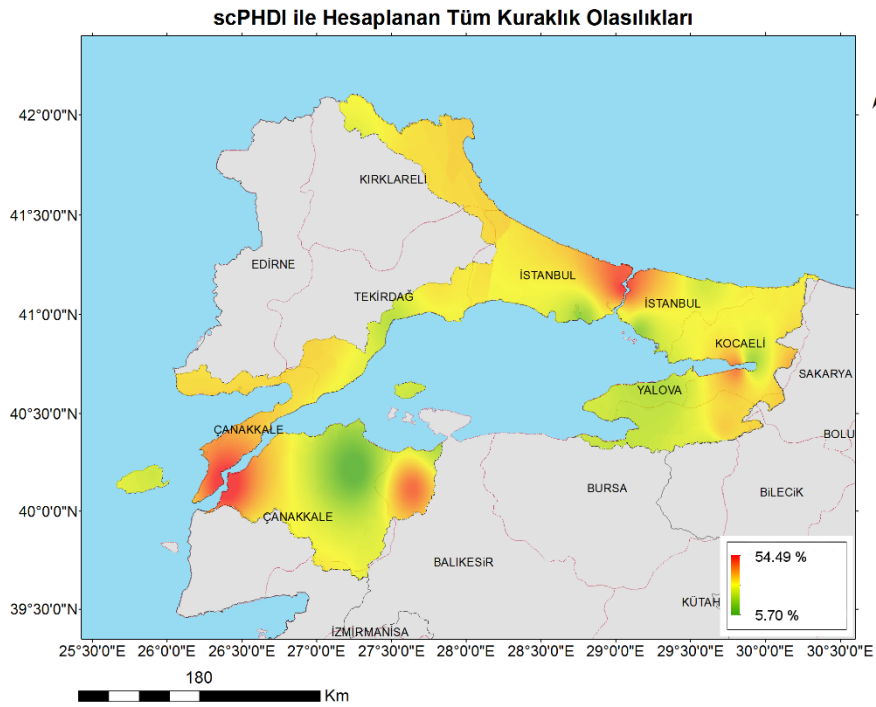
Şekil 3.181 scPDSI ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

3.5.3.4. scPHDI Kuraklık Risk Haritaları





Şekil 3.184 scPHDI ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 3.185 scPHDI ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

3.6. Maruziyet İndeksi Hesaplanması

Daha önceki bölümlerde kuraklık ile ilgili şiddet ve risk hesaplamaları yapılarak kurak dönemler bulunmuştur. Bu bilgilerin ışığında kurak dönemlere ait ortalama şiddet haritaları çıkartılmıştır. Fakat tüm bu yapılan çalışmalar ile kuraklığın havza içerisindeki etkilediği alt havzalar ve bu alt havzaların kurak dönemlerden nasıl etkilendiği konusunda bir bilgi edinilememiştir. Bu sebeple alt havza bazında yapılan indis hesapları kullanılarak bir maruziyet indeksi hesaplanması yapılmıştır.

Maruziyet indeksi için öncelikle farklı indisler seçilerek kuraklığın farklı senaryolarını temsil etmesi sağlanmıştır. Bu kapsamda SPI-3, PNPI-6, SPEI-9, SPI-12 ve scPDSI indisleri seçilmiştir. Bu indislerin alt havza bazında hesaplanan değerlerinden tüm kurak olma durumları incelenmiş ve bu dönemlerdeki toplam sayıları ile toplam indis değerleri hesaplanmıştır. Örneğin Ağva Deresi alt havzası için 1980-2021 (499 ay) yılları arasındaki SPEI-9 için tüm kurak aylar bulunmuş ve toplam kurak ay sayısı 64 olarak hesaplanmıştır. Bu aylardaki SPEI-9 için toplam indis değerleri de -90.40 olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama tüm alt havzalar için seçilen indisler kapsamında yapılarak Tablo 3-37 ve Tablo 3-38'de verilmektedir.

Tablo 3-37 Alt Havzalarda kurak geçen ay sayıları

Alt Havza Adı	KURAK GEÇEN AY SAYILARI				
	SPI-3	PNPI-6	SPEI-9	SPI-12	scPDSI
Ağva Deresi Alt Havzası	51	68	64	59	62
Biga Çayı Alt Havzası	67	118	98	77	121
Batı İstanbul Alt Havzası	54	92	89	73	108
Gönen Çayı Alt Havzası	74	113	93	76	101
İzmit Gölü Alt Havzası	61	58	67	64	61
Körfez Alt Havzası	59	57	71	66	56
Kuzey Kırklareli Alt Havzası	66	120	86	73	110
Kuzey Çanakkale Alt Havzası	64	122	91	78	128

Tablo 3-38'deki sayıların farklı indislere ait olmasından dolayı birbiri ile karşılaştırılması mümkün olmamaktadır. Bu sebeple akademik çalışmalarda farklı verileri karşılaştırmak amacıyla sık kullanılan "Normalleştirme" yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem ile belli bir indisteki minimum ve maksimum değerler bulunarak seçili alt havzadaki değerden minimum değer çıkartılıp, maksimum ile minimum arasındaki değere bölünür. Böylelikle elimizdeki değerler 0 ile 1 arasına dağıtılarak normalize edilmiş olur.

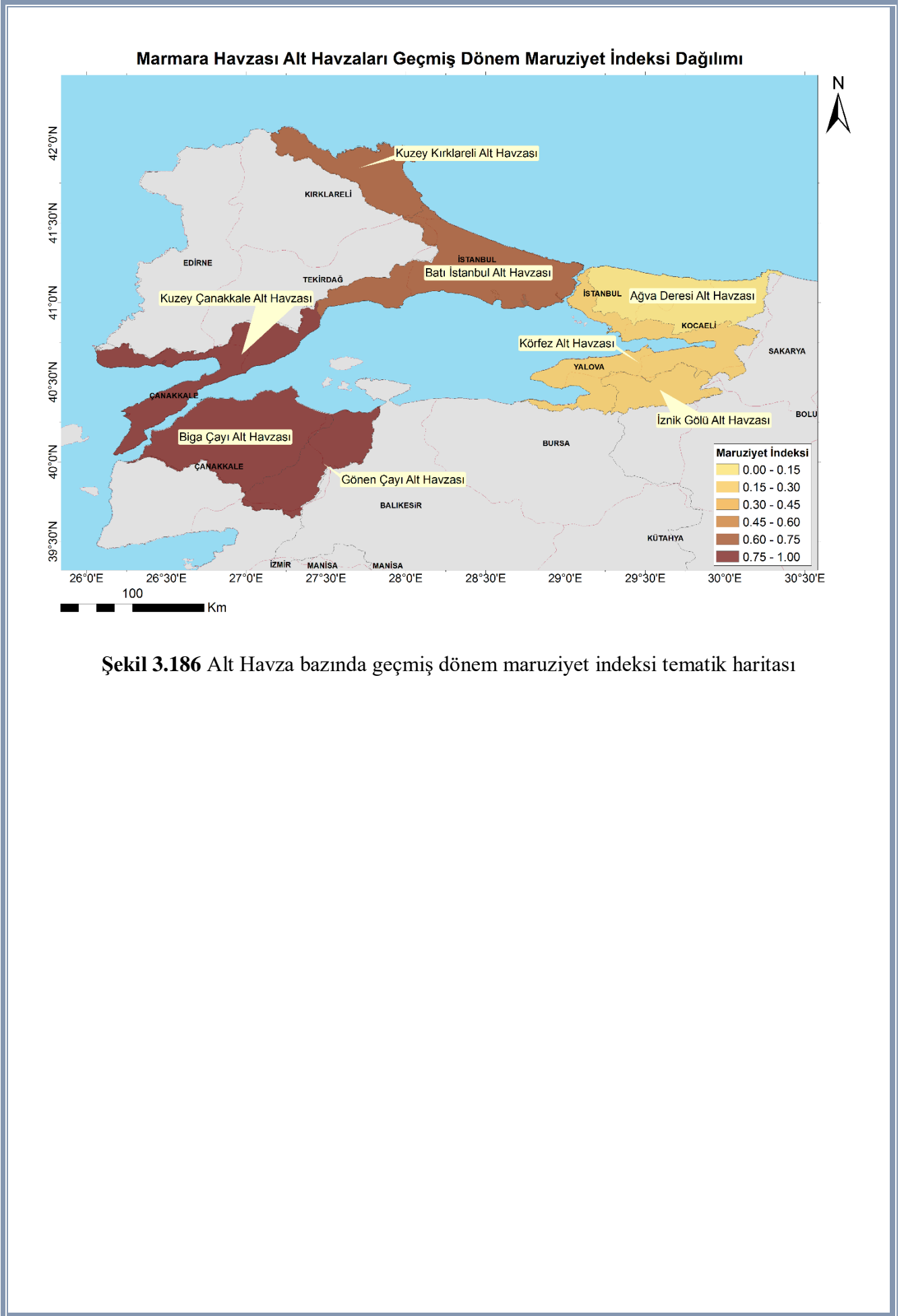
Tablo 3-38 Alt Havzalarda kurak geçen aylardaki indis değerleri toplamları

Alt Havza Adı	KURAK GEÇEN AYLARDAKİ İNDİS TOPLAMLARI				
	SPI-3	PNPI-6	SPEI-9	SPI-12	scPDSI
Ağva Deresi Alt Havzası	-78.86	4741.9	-90.4	-82	-172.8
Biga Çayı Alt Havzası	-98.43	7751.4	-138.6	-109.8	-338.8
Batı İstanbul Alt Havzası	-82.82	6329.3	-131.9	-103.2	-292
Gönen Çayı Alt Havzası	-106.4	7587.3	-134.6	-106.8	-311
İznik Gölü Alt Havzası	-89.71	3991.2	-92.2	-91.92	-159.3
Körfez Alt Havzası	-88	3968.3	-97	-94.03	-146.6
Kuzey Kırklareli Alt Havzası	-92.07	8299.8	-125	-97.63	-273.7
Kuzey Çanakkale Alt Havzası	-93.21	8114.1	-126.3	-108.3	-344.9

Tablo 3-39 Alt Havzalardaki normalize edilmiş indis değerleri toplamları ve maruziyet indeksi

Alt Havza Adı	KURAK GEÇEN AYLARDAKİ İNDİS TOPLAMLARININ NORMALİZE DEĞERLERİ					Maruziyet İndeksi
	SPI-3	PNPI-6	SPEI-9	SPI-12	scPDSI	
Ağva Deresi Alt Havzası	0.000	0.179	0.000	0.000	0.132	0.062
Biga Çayı Alt Havzası	0.710	0.873	1.000	1.000	0.970	0.911
Batı İstanbul Alt Havzası	0.144	0.545	0.861	0.761	0.733	0.609
Gönen Çayı Alt Havzası	1.000	0.836	0.915	0.892	0.829	0.894
İznik Gölü Alt Havzası	0.394	0.005	0.037	0.357	0.064	0.171
Körfez Alt Havzası	0.332	0.000	0.137	0.433	0.000	0.180
Kuzey Kırklareli Alt Havzası	0.480	1.000	0.718	0.562	0.641	0.680
Kuzey Çanakkale Alt Havzası	0.521	0.957	0.744	0.947	1.000	0.834

Ortaya çıkan bu tablo incelendiğinde Biga Çayı alt havzasının en yüksek, Ağva Deresi alt havzasının ise en düşük maruziyet indeksine sahip olduğu görülmektedir. Biga Çayı alt havzası SPEI-9 ve SPI-12 kısımlarında en yüksek değere sahipken SPI-3'te ve scPDSI'da 2. yüksek değeri almıştır. Bu yüksek değerleri alması sebebi ile en yüksek maruziyet indeksine sahip olmuştur. Ağva Deresi alt havzası ise SPI-3, SPEI-9 ve SPI-12'de en düşük değerleri diğer indislerde ise en düşük 3. değerleri almıştır. Bu nedenlerden dolayı da Ağva Deresi alt havzası maruziyet indeksi en düşük alt havza olmuştur. Hesaplanan bu değerler ile Şekil 3.186'daki tematik harita elde edilmiştir.



4. İKLİM PROJEKSİYONLARI

4.1. Projeksiyon Tanımları

1. Ara Rapor kapsamında geçmiş dönem kuraklık durumu geçmiş dönem meteorolojik ve uzaktan algılama temelli veriler ışığında irdelenmişti. Havzanın hem kendi içerisindeki hem de diğer havzalara göre olan durumu bu kapsamda değerlendirilmişti. Fakat geleceğe ilişkin de havzanın kuraklık ile ilgili durumlarını tahmin etmek amacıyla bilimsel modellerin çıktıları ile oluşan farklı bir veri seti ile gelecek dönem kuraklık durum incelemesi de bu rapor kapsamında yapılmıştır.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından hazırlanan Haziran 2016 tarihli “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu” kapsamında gerçekleştirilen projeksiyon çalışmalarının ilk aşaması olan iklim projeksiyonları kapsamında, Tüm Türkiye’yi kapsayacak şekilde, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) 5. Değerlendirme Raporu’nun tabanını oluşturan CMIP5 arşivinden seçilmiş üç küresel modelin çıktıları (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1) ve literatürde en çok uygulanan ve kabul gören güncel 2 farklı salınım senaryosu (RCP 4.5 ve RCP 8.5) ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli çalıştırılmıştır. Model simülasyonları aracılığı ile toplam 11 parametre ve ekstrem durumları temsil eden 17 iklim indisine ait projeksiyonlar tüm Türkiye havzaları ölçeğinde oluşturulmuş, incelenen parametrelerin 1971-2000 yılı simülasyonları olarak kabul edilen referans dönemine göre 2100 yılına kadar farkları aylık bazda hesaplanmıştır. İlk kez bu projede Türkiye için 10x10 km çözünürlükte 3 küresel iklim modeli sonuçları elde edilmiştir (SYGM, 2016).

4.1.1. HadGEM2 – ES

HadGEM2 (Hadley Centre Global Environment Model version 2), İngiltere Meteoroloji Servisi'ne bağlı bir araştırma kuruluşu olan Hadley Centre tarafından geliştirilen 2. nesil küresel bir modeldir (Office, 2017).

Atmosferik, hidrolojik ve oşinografik döngüler üzerine kurulu çeşitli HadGEM2 modelleri bulunmakta ve bu modeller aynı fiziksel altyapıya sahip olup her model tipinde kendi içinde farklı detay seviyeleri bulunmaktadır. Bu modeller, opsiyonel daha iyi stratosfer modellemesi sağlayan dikey atmosferik genişlemesi içeren bütünlük atmosfer – okyanus konfigürasyonuna ve dinamik bitki örtüsü, okyanus biyolojisi ve atmosfer kimyası içeren bir yüzey sistemi konfigürasyonuna sahiptir (Collins, 2011). Güncel olarak HadGEM2-A, HadGEM2-O, HadGEM2-AO, HadGEM2-CC, HadGEM2-CCS, HadGEM2-ES sürümleri bulunmakta olan HadGEM2 sürümlerinin içerikleri aşağıda verilmiştir (**Tablo 4.1**).

Tablo 4.1 HadGEM2 Sürümleri ve Bileşenleri

Sürüm	Model Bileşenleri
HadGEM2-A	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji ve Aerosoller
HadGEM2-O	Okyanus ve Deniz Buzu
HadGEM2-AO	Okyanus ve Deniz Buzu, Troposfer, Arazi yüzeyi, Hidroloji ve Aerosoller
HadGEM2-CC	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası
HadGEM2-CCS	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası, Stratosfer
HadGEM2-ES	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası, Kimya

Kaynak : (The HadGEM2 Development Team, 2011)

Standart atmosferik model bileşeni yaklaşık 40 km'ye kadar uzanan 38 katmandan oluşmakta olup, 1,25 derecelik enlem x 1,875 derecelik boylama yatay çözünürlüğe sahip 192 x 145 küresel grid sistemine sahiptir. Bu çözünürlük ekvatorda 1 grid için yaklaşık 208 km x 139 km'ye denk gelmekte olup 55 derece enlemden yaklaşık 120 km x 139 km şeklindedir. Dikey (atmosferik) genişletilmiş sürümünde ise 85 km'ye uzanan 60 atmosferik katman bulunmakta

olup, bu sürüm atmosferik süreçleri ve bu süreçlerin küresel iklim üzerindeki etkilerinin incelenmesi için kullanılmaktadır.

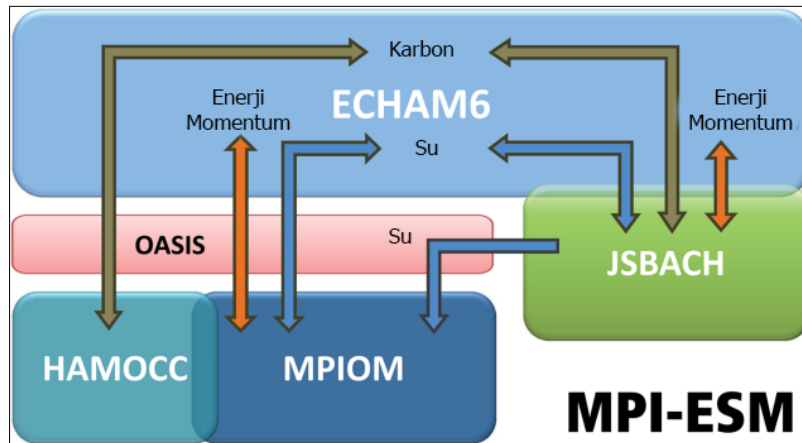
Okyanus model bileşeni ise kutuplardan kuzey ve güney 30 derece enlemlere kadar 1 derece enlem x 1 derece boylam grid çözünürlüğüne sahip olup bu enlemlerden ekvatora kadar 1/3 derece çözünürlüğüne kadar yumuşak şekilde dönüşmektedir. Bu grid sisteminde toplam 360 x 216 grid noktası olup yüzeyin 10 m üzerinde çözünürlüğe sahip 40 dikey ve eş olmayan seviyesi bulunmaktadır (The HadGEM2 Development Team, 2011)

Bu rapor kapsamında HadGEM2-ES çıktı verileri (SYGM, 2016) kuraklık - iklim projeksiyonu için karşılaştırmalı olarak kullanılmış olup HadGEM2 modelleri, IPCC 5. Değerlendirme Raporu (IPCC AR5, 2015) kapsamında kullanılmıştır.

4.1.2. MPI-ESM-MR

MPI-ESM (Max-Planck-Institute Earth System Model) modeli Almanya Max Planck Enstitüsü tarafından geliştirilen çeşitli alt modüllerden oluşan bütünlük bir sirkülasyon modelidir (MPI, 2017).

MPI-ESM modeli bünyesinde, bütünlük olarak çalışan atmosferik ECHAM6 modeli (Stevens vd., 2013) ve MPIOM (Jungclaus vd., 2013) okyanus modeli, yer ve bitki örtüsü alt sistem modeli JSBACH (Reick vd., 2013; Schneck vd., 2013), okyanus biyo-jeokimya modeli HAMMOCC5 (Ilyina vd., 2013) ve modüllerin eş zamanlı (bütünlük) çalışmasını sağlayan OASIS modülü (Valcke, 2015) bulunmaktadır. Bu modellere ait etkileşim şeması Şekil 4.1 üzerinde verilmiştir.



Şekil 4.1 MPI - ESM Modeli Çalışma Şeması (MPI, 2017)

Şekilde görüldüğü üzere ECHAM6 atmosferik genel sirkülasyon modeli, direkt olarak fiziksel ve biyo-jeokimyasal toprak ve bitki örtüsü model olan JSBACH ile bütünleşik çalışmaktadır. Okyanus genel sirkülasyon modeli olan MPIOM ise sualtı biyo-jeokimyası model olan HAMOCC ile bütünleşik olarak çalışmaktadır. Bu iki esas bütünleşik model parçalarının eş zamanlı çalışmasını sağlayan OASIS modülü ise günlük düzeyde su, enerji, momentum ve CO₂ akılarını modeller arası kümeleştirme, enterpole etme ve değiştirime sokma görevlerinden sorumludur (Giorgetta vd., 2013).

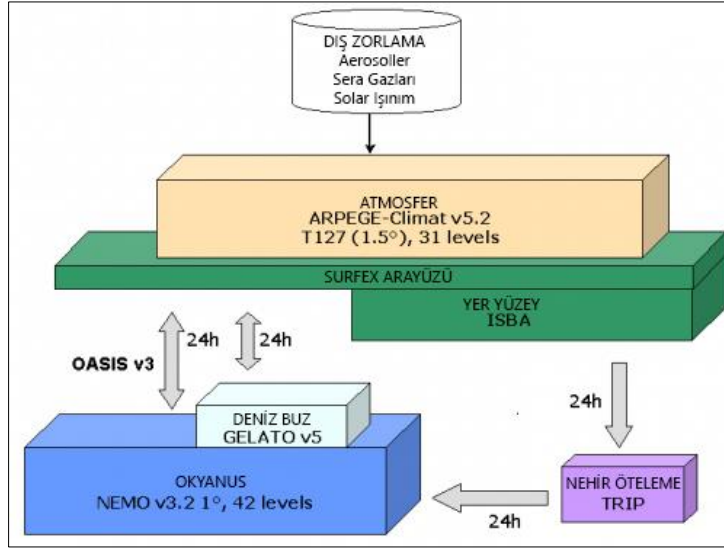
Çözünürlük seviyesine göre MPI-ESM modelinin 3 farklı sürümü bulunmaktadır. Bu sürümler MPI-ESM-LR (Low Resolution – Düşük Çözünürlük, Dinamik Vejetasyon); MPI-ESM-MR (Medium Resolution – Orta Çözünürlük, Dinamik Vejetasyon) ve MPI-ESM-P (Low Resolution Paleo Mode – Düşük Çözünürlük, Statik Vejetasyon) olup, MPI-ESM-MR modeli atmosfer gridi çözünürlüğü 1,8653 derece enlem x 1,875 derece boylam, okyanus gridi ise dik eğrisel koordinat düzlemi şeklindedir (MPI, 2017).

Bu rapor kapsamında kullanılan MPI-ESM-MR çıktı verileri (SYGM, 2016) kuraklık - iklim projeksiyonu için karşılaştırmalı olarak kullanılmış olup MPI-ESM modelleri, IPCC 5. Değerlendirme Raporu (IPCC AR5, 2015) kapsamında kullanılmıştır.

4.1.3. CNRM-CM5.1

CNRM-CM, CNRM (Centre National de Recherches Météorologiques – Fransa Ulusal Meteorolojik Araştırma Merkezi) ve CERFACS (Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée –Avrupa Araştırma ve İleri Eğitim Merkezi - Fransa) ortaklığıyla geliştirilen genel sirkülasyon modelidir (CNRM, 2017).

CNRM-CM5.1 modeli bünyesinde ARPEGE-Climat atmosfer modeli (Déqué vd., 1994); NEMO okyanus modeli (Madec, 2016); yer yüzey şeması ISBA ve buna bağlı SURFEX ara yüzü (Le Moigne, 2012); ve deniz buz modeli GELATO (Salas Méliá, 2002), yüzey akış modeli TRIP(Oki ve Sud, 1998) ve modüllerin eş zamanlı (bütünleşik) çalışmasını sağlayan OASIS modülü (Valcke, 2015) bulunmaktadır. Bu modellere ait etkileşim şeması aşağıda verilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 CNRM - CM5.1 Modeli Çalışma Şeması (CNRM, 2017)

Şekilde görüldüğü üzere model 2 ana modülden oluşmaktadır. İlk bütünlük modül olan atmosfer ve yer yüzey modellerinde ARPEGE – Climat atmosferik sirkülasyon modeli 1,5 derece çözünürlükte 31 katmandan oluşmakta olup bu model yüzey, okyanus atmosfer akılarını hesaplayan SURFEX – ISBA yer yüzey modeli ile eş zamanlı ve bütünlük olarak çalışmaktadır. Diğer önemli modül olan okyanus modülünde ise 1 derece çözünürlükte ve 42 katmana sahip NEMO okyanus sirkülasyon modeli ve bu modelle bütünlük çalışan deniz buz modeli GELATO bulunmaktadır. Bu iki esas bütünlük model parçalarının eş zamanlı çalışmasını sağlayan OASIS modülü ise günlük düzeyde su, enerji, momentum ve CO₂ akılarını modeller arası kümeleştirme, entepole etme ve değiştirime sokma görevlerinden sorumludur(Giorgetta vd., 2013). Bunlara ek olarak yüzey akış ötelemelerini ve akımını hesaplayan TRIP modeli de okyanus ve atmosfer – yüzey modelleri arasında çalışarak hesaplamalarını gerçekleştirmektedir(CNRM, 2017).

Bu rapor kapsamında kullanılan CNRM-CM5 çıktı verileri (SYGM, 2016) kuraklık - iklim projeksiyonu için karşılaştırmalı olarak kullanılmış olup CNRM-CM modelleri, IPCC 5. Değerlendirme Raporu (IPCC AR5, 2015) kapsamında kullanılmıştır.

4.1.4. İklim Senaryoları

İklimsel araştırmalarda senaryolar, özellikle insan nüfusunun gaz emisyonları üzerindeki değişimlerini inceleyerek olası iklim değişikliğinin üzerindeki etkilerini belirleme amacıyla

geliştirilmektedir. Nüfus değişimi, ekonomik büyüme, teknolojik ilerleme gibi gelecekte nasıl bir değişim olacağı tam kestirilemeyen durumlar için oluşturulan senaryolar ve projeksiyonlar, bu tarz değişimlerin iklimsel etkiler ve buna bağlı sosyo-ekonomik değişimler üzerindeki tesirini analiz etmeye çalışmaktadır. Bu şekilde projeksiyonlar, geleceği tahmin etmekten ziyade gelecekte gerçekleşebilecek olası alternatiflerin önceden değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

İklimsel senaryolarda genel olarak küresel sera gaz salınımlarının yıllık değişimleri ele alınmakta olup sosyo-ekonomik ve teknolojik gelişme varsayımları ile iklimi etkileyen gaz emisyonlarının ve atmosferik partikül değişimlerinin etkisi incelenmektedir. Tablo 4.2’de IPCC tarafından kabul edilen geçmiş iklim senaryoları verilmiştir (SEI, 2017).

Tablo 4.2 IPCC Geçmiş İklim Senaryoları ve Raporları (SEI, 2017)

Yıl	Senaryo/Rapor İsmi	Referans	Kullanıldığı Rapor
1990	SA 90 - IPCC Scenario A (IPCC A Senaryosu)	(IPCC, 1990)	IPCC 1. Değerlendirme Raporu (FAR)
1992	IS 92 - Integrated Science Emission Scenarios (Entegre Bilimsel Emisyon Senaryoları)	(Leggett, 1992)	IPCC 2. Değerlendirme Raporu (SAR)
2000	SRES - Special Report on Emissions and Scenarios (Emisyon ve Senaryolar Özel Raporu)	(Nakicenovic, 2000)	IPCC 3. ve 4. Değerlendirme Raporu (TAR & AR4)
2009	RCP - Representative Concentration Pathways (Temsili Konsantrasyon Rotaları)	(Climate Change, 2011)	IPCC 5. Değerlendirme Raporu (AR5)

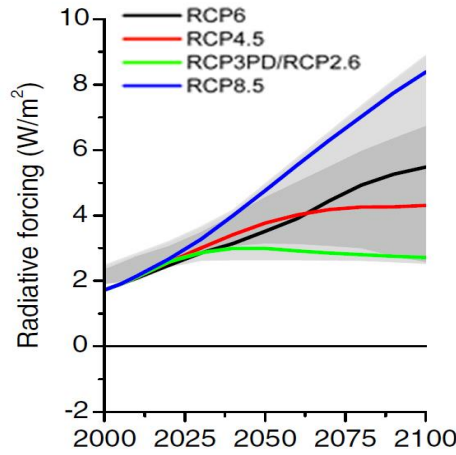
Güncel IPCC 5. Değerlendirme Raporu (AR5) hazırlıklarında ve kapsamında RCP (Representative Concentration Pathways – Temsili Konsantrasyon Rotaları) adı verilen yeni iklim senaryoları araştırmaları gerçekleştirilmiş ve sunulmuştur. Bu çalışma sonucunda farklı bilimsel önerilerin toplam kümülatif Işınımsal Zorlama (Radiative Forcing) değerleri karşılaştırılarak 4 adet RCP senaryosu kabul edilmiştir.

Işınımsal Zorlama, dünyanın artan sera gazı etkisiyle absorbe ettiği doğa dışı ek enerji ölçümü olarak tanımlanıp birimi watt/m²’dir (enerji/alan). Daha detaylı olarak Işınımsal Zorlama, günümüz ile sanayi öncesi dönemdeki atmosfere giren ve uzaya geri yansıyan enerji dengesindeki fark olarak tanımlanmakta olup ışınımsal zorlama arttıkça küresel sıcaklık da artmaktadır. Işınımsal zorlama değerlerini esas alan temsili konsantrasyon rotaları, sera gazı

konsantrasyonunun ve yüzey kullanımı değişimleri de dahil insan kaynaklı kirlilik değerlerinin yere ve zamana göre değişen gezineleridir (SEI, 2017). Yukarıda bahsedildiği gibi 4 adet RCP senaryosu AR5 raporu kapsamında kabul edilmiş olup bu senaryoların esas ayırım noktası farklı ışınımsal zorlama değerleri olup bu 4 senaryoya ait bilgiler **Tablo 4.3** üzerinde; senaryolara göre Işınımsal Zorlama eğilimleri ise **Şekil 4.3** üzerinde verilmiştir.

Tablo 4.3 IPCC AR5 RCP İklim Senaryoları (IPCC, 2017)

Senaryo	Açıklama	Entegre Değerlendirme Modeli	Entegre Değerlendirme Modeli Referansı
RCP8.5	Işınımsal Zorlama'nın devamlı artarak 2100 sonrası 8,5 W/m ² olması ve artışın devam etmesi senaryosu (En Karamsar)	MESSAGE	(Riahi, 2007) (Rao, 2006)
RCP 6.0	Işınımsal Zorlama'nın artan eğilimi göstermesi ancak 2100 sonrası 6 W/m ² değerini aşmadan stabilize olması senaryosu	AIM	(Fujino, 2006) (Hijioka, 2008)
RCP 4.5	Işınımsal Zorlama'nın artan eğilimi göstermesi ancak 2100 sonrasında 4,5 W/m ² değerini aşmadan stabilize olması senaryosu	GCAM (MiniCAM)	(Smith S. J., 2006) (Clarke, 2007) (Wise, 2009)
RCP 2.6	Işınımsal Zorlama'nın 2100 öncesi ~3 W/m ² üzerinde pik yapması ve sonra azalma eğilimine girmesi senaryosu (En İyimser)	IMAGE	(van Vuuren, 2006) (van Vuuren, 2007)



Şekil 4.3 RCP Senaryoları ve Işınımsal Zorlama (Radiative Forcing) Eğilimleri (van Vuuren vd., 2011)

Şekil 4.3’de görüldüğü üzere Işınımsal Zorlama (Radiative Forcing) değerleri RCP senaryoları 8.5 üzerinden 3’e doğru değiştikçe küçülmekte olup senaryolar arası iyimserlik seviyesi de bu anlamda kritiklik azaldıkça artmaktadır. Bu senaryolara ait kabuller aşağıda verilmiştir (SEI, 2017).

RCP 8.5 – Yüksek Emisyon – Karamsar Senaryo

Bu senaryo gelecekte emisyon azaltımı için herhangi bir politika değişimi yaşanmayacağını kabul etmekte olup artan sera gazı emisyonlarının atmosferde bu gazların yoğunluğunun artmasına neden olacağını öngörmektedir. Bu senaryo, Avusturya Uluslararası Uygulamalı Sistem Analizi Enstitüsü (International Institute for Applied System Analysis) tarafından geliştirilmiş olup genel kabulleri şu şekildedir (SEI, 2017):

- 2100 yılında mevcut CO₂ emisyon miktarının 3 katına çıkması
- Metan gazı emisyonunda hızlı yükselişler olması
- Nüfus artışına bağlı olarak tarımsal amaçlı tarla ve çayırılık alan kullanımının artması
- 2100 yılında 12 milyar dünya nüfusu
- Yavaş teknolojik ilerleme
- Fosil yakıtlarına yoğun istinat
- Yüksek enerji yoğunluğu
- Herhangi bir iklimsel koruma politikasının uygulanmaması

RCP 6 – Orta Emisyon

Bu RCP senaryosu Japonya Ulusal Çevresel Çalışmalar Enstitüsü (National Institute for Environmental Studies) tarafından geliştirilmiş olup, ışımsal zorlamanın belirli teknolojik ve sosyo ekonomik gelişmeler ile 2100 yılından hemen sonra sabit durumuna geleceğini kabul etmektedir. Bu senaryonun kabulleri şu şekildedir (SEI, 2017):

- Fosil yakıtlarına yoğun istinat
- Orta düzeyde enerji yoğunluğu
- Tarımsal amaçlı tarla alanlarının kullanımının artması ve çayırılık alanların kullanımının azalması
- Sabit metan gazı emisyonları
- 2060 yılında CO₂ emisyonunun günümüz değerinin %75 fazlasında zirve yapması daha sonra da mevcut değer %25 fazlasına azalması

RCP 4.5 – Orta Emisyon

Bu RCP senaryosu ABD Pasifik Kuzeybatı Ulusal Laboratuvarı (Pacific Northwest National Laboratory) tarafından geliştirilmiş olup ışınımsal zorlamanın küresel emisyon azaltma politikaları sayesinde 2100 yılından hemen sonra dengeleneceğini öngörmektedir. Bu senaryonun kabulleri şu şekildedir (SEI, 2017):

- Daha düşük enerji yoğunluğu
- Efektif orman alanlarını genişletme programları
- Tarımsal verimin artması ve perhizsel değişikliklerle ilintili olarak tarla ve çayırılık alan kullanımının azalması
- Kararlı iklim politikaları
- Sabit metan gazı emisyonları
- CO₂ emisyonunun 2040 öncesi belirli bir miktar artması daha sonra azalma eğilimine girmesi

RCP 2.6 – Düşük Emisyon – İyimser Senaryo

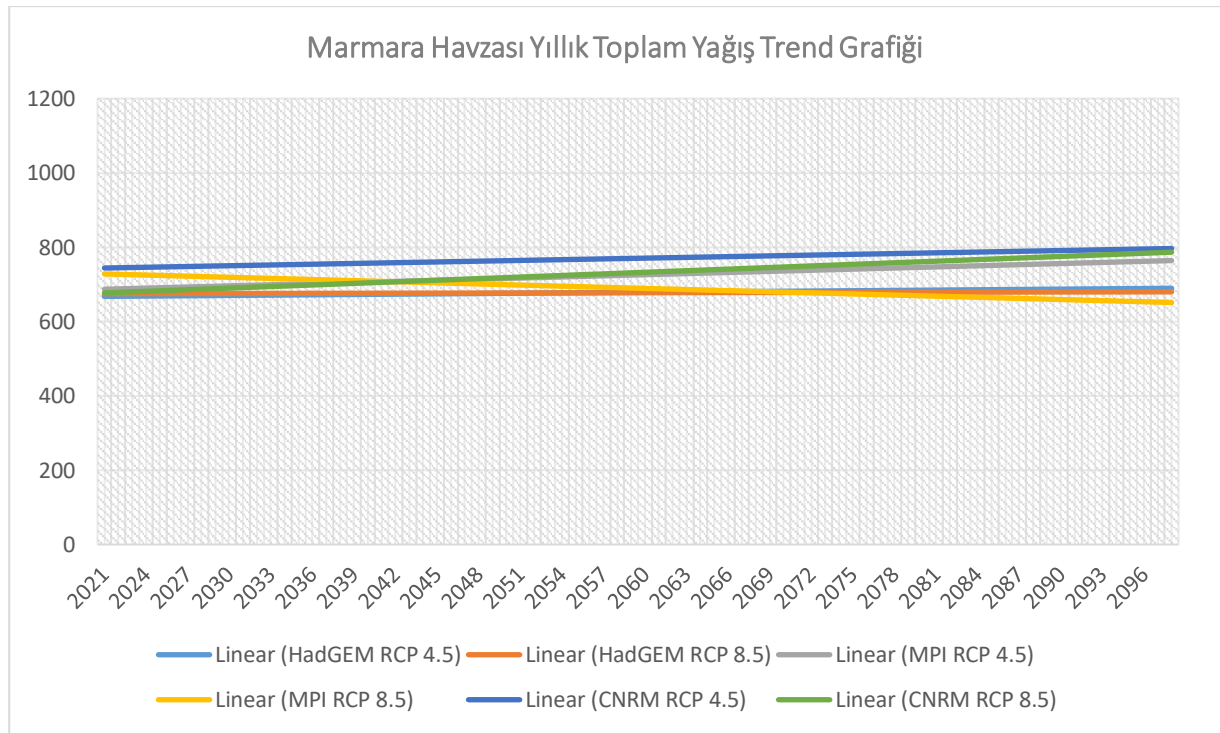
Bu RCP senaryosu PBL Hollanda Çevresel Değerlendirme Ajansı (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency) tarafından geliştirilmiş olup ışınımsal zorlamanın en yüksek 3,1 W/m² değerine ulaşarak 2100 itibariye 2,6 W/m² değerine düşmesini öngörmektedir. Bu değerlere ulaşabilmek için ek ve uzun süreli sera gazı emisyonu azaltımı politikalarının oluşturulması ve yürürlüğe koyulması gerekmekte olup bu senaryonun kabulleri şu şekildedir (SEI, 2017):

- Fosil yakıtlara olan talebin azalması
- Düşük enerji yoğunluğu
- 2100 yılında 9 milyar dünya nüfusu
- Biyo-enerji üretimiyle bağlantılı olarak çayırılık alan kullanımlarının artması
- Daha yoğun hayvancılık sektörü
- Metan emisyonlarında %40 azalma
- CO₂ emisyon değerleri 2020 yılına kadar günümüz değerlerinde sabit kalıp 2100 yılına kadar azalarak negatife geçmesi
- CO₂ konsantrasyonunun 2050 yılında zirve yaparak 2100 yılına kadar yaklaşık 400 ppm değerine azalması

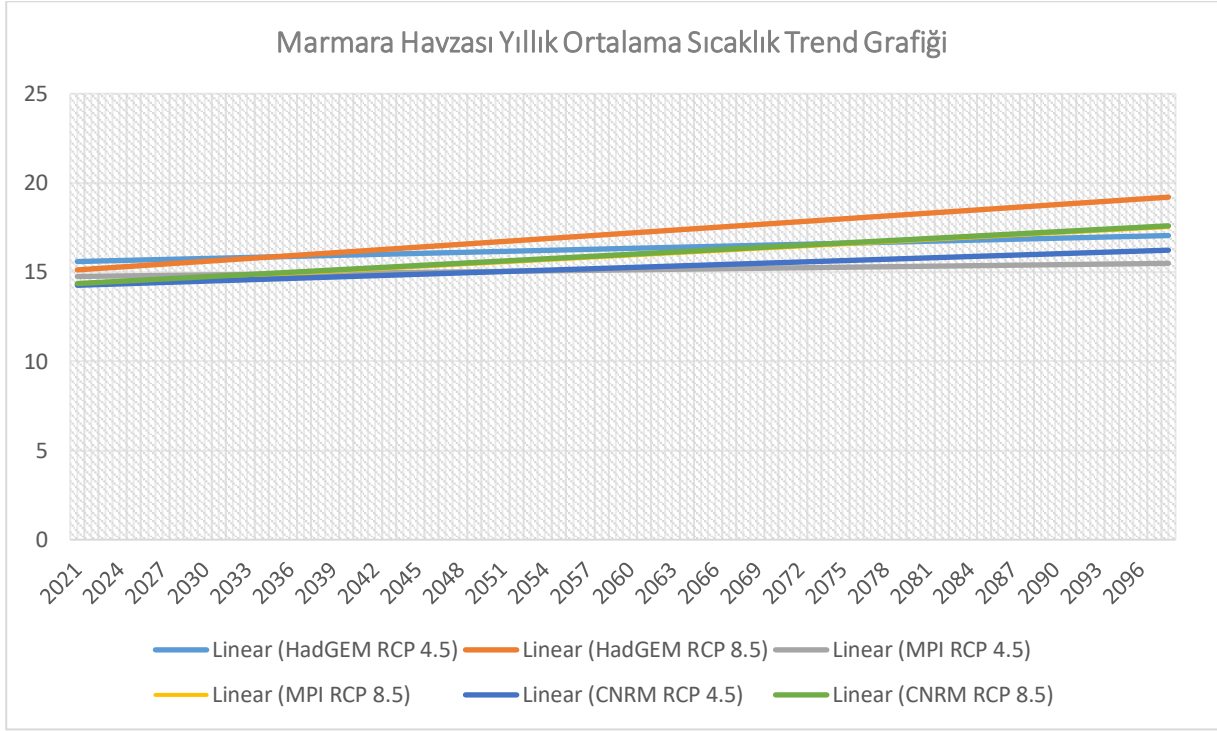
4.2. En Kötü Senaryonun Bulunması

Bu çalışma kapsamında Marmara Havzası için HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 modelleri ve RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarından elde edilen 2021-2100 yılları arası ortalama sıcaklık ve toplam yağış çıktıları kullanılmıştır.

Kuraklık ile ilgili sonraki bölümlerde detayı verilen hesaplamalarda 3 model ve her bir model için 2 senaryo ile toplamda 6 farklı çıktı kullanılmıştır. Senaryoların birbirine göre kuraklık durumunu nasıl yansıttıklarını bulmak amacıyla havzaya düşen iklim gridlerindeki (320 adet) toplam yağış ve sıcaklık ortalamaları alınarak havzanın aylık bazda toplam yağış ve ortalama sıcaklık verileri bulunmuştur. Bu tabloların da yağış için yıllık toplamı ve sıcaklık için ise yıllık ortalaması alınarak 2021-2100 arasında 6 farklı zaman serisi oluşturulmuştur. Bu zaman serileri aynı grafiklerde trend çizgileri ile gösterilerek senaryoların birbirine göre durumlarının gösterilmesi sağlanmıştır (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).



Şekil 4.4 Marmara Havzası Geneli Yıllık Toplam Yağış (mm) Trend Grafiği



Şekil 4.5 Marmara Havzası Geneli Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)Trend Grafiği

Şekil 4.4 incelendiğinde HadGEM RCP 8.5 ve MPI RCP 8.5 çıktıları benzer bir şekilde havzanın ilerleyen yıllarda yağış azalışının en fazla olduğu durumu göstermektedir. Diğer taraftan, CNRM RCP 8.5 senaryosu da 3. sırada en kötü senaryo olarak görülmektedir. Şekil 4.5 incelendiğinde ise HadGEM RCP 8.5 ve grafikte altta kaldığı için MPI RCP 8.5 sıcaklık bakımından en fazla yükselmenin görüldüğü modeller olarak görülmektedir. Fakat havzadaki su bütçesi sadece bu veriler ile analiz edilemeyeceği için bunlara ek olarak daha sonraki bölümlerde kullanılan hidrolojik modellerin çıktıları da birlikte değerlendirilmiş ve tüm rapor kapsamında en kötü senaryo olarak MPI RCP 8.5 seçilmiştir. Kuraklık planlamasında en kötü senaryoya göre hazırlık yapmak daha uygun olacağı için rapor kapsamında sadece MPI RCP 8.5 senaryosu (bundan sonra MPI-8.5 olarak adlandırılacaktır) çıktıları verilecektir. Diğer senaryoların çıktılarına raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

4.3. Kullanılan Metodoloji

Proje kapsamında 1. Ara Rapor içerisinde geçmiş dönem kuraklık hesaplamaları yapılmıştır. Bu rapor kapsamında da benzer bir yaklaşımda iklim projeksiyonu verileri analiz edilerek

gelecek dönem için kuraklık hesaplamaları yapılmış, sonuç olarak çeşitli tablo, grafik ve haritalar hazırlanmıştır.

Öncelikle havza kapsamındaki iklim gridlerine düşen aylık toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerleri veritabanına 6 farklı senaryo için kaydedilmiştir. Daha önceki raporda hesaplaması yapılan indislerden aşağıdaki indisler bu 6 senaryo için ayrı ayrı çalıştırılmıştır.

- SPI (1, 3, 6, 9, 12, 24)
- Palmer İndisleri
 - scPDSI
 - scPHDI
- SPEI (1, 3, 6, 9, 12, 24)
- PNPI (1, 3, 6, 9, 12, 24)
- RDI (1, 3, 6, 9, 12, 24)
- Ondalıklar

Havza içerisine düşen her bir iklim gridini istasyon gibi kullanarak 320 adet istasyonda kuraklık indisi hesaplaması yapılmıştır. Daha sonra alt havza ya da havza bazında gridlerin ortalaması alınarak ilgili alt havza ya da havza için ortalama indis değeri çıkartılmıştır. Bundan sonraki tüm çıktılar yukarıda da belirtildiği üzere 6 farklı senaryodan en kötü olarak konumlandırılan MPI-8.5 senaryosuna göre gösterilecektir.

Kuraklık sınıflandırmaları ve eşik değerler konusunda tamamen 1. Ara Rapor kapsamındaki değerlere bağlı kalmış olup, bu raporda o detaylara girilmemektedir. Hesaplanan grid bazında değerler önce alt havza ve havza bazında zaman serisi olarak şiddetsel gösterimde kullanılacaktır.

Bunu müteakiben alt havzalar bazında risk hesaplamaları da grafiksel olarak sunulacaktır. Bu çıktıları “Kurak Dönemlerin Analizi” izleyecek olup belirlenen kurak dönemlere göre kuraklık şiddet haritaları gösterilecektir. Şiddet haritalarından sonra tüm havza için risk haritaları ve alt havza bazında maruziyet indisi hesaplamaları gösterilecektir. Nihai olarak havzanın tüm senaryolar ve geçmiş dönem verilerine göre frekans analizleri de yapılarak genel değerlendirme yapılacaktır.

Rapor kapsamında 1. Ara Rapor’da havzayı en iyi temsil ettiği düşünülen indislerden SPI-12 ve scPDSI’nin hidrolojik kuraklığı temsilen kullanıldığı düşünülürse diğer kuraklık tipleri olan meteorolojik ve tarımsal kuraklık tipleri için de SPI-3 ve SPI-9 indisleri seçilerek mevcut rapor kapsamında değerlendirilmiştir. Gelecek dönem kuraklık analizleri kapsamında seçilen bu 4 indis bundan sonraki bölümlerde kullanılacaktır.

4.4. Kuraklık Şiddet Analizleri

Bilindiği üzere kuraklık hesaplamalarında kullanılacak istasyonların en az 25 yıllık veriye sahip olması beklenmektedir. İklim projeksiyonları çalışmasında toplamda 80 yıllık veri olmasından dolayı her bir grid 80 yıllık veriye sahip istasyonlarmış gibi hesaplamalarda kullanılmıştır.

Bu kısımda 1. Ara Rapor'da detaylı olarak anlatılan indislerin gelecek dönem analiz sonuçları yer almaktadır. Kuraklık hesaplamalarında kullanılan meteoroloji istasyonlarının verileri ile hesaplanan SPI-3, SPI-9, SPI-12 ve Palmer (scPDSI) indisleri grid bazında hesaplandığı için alt havza ve havza bazındaki ortalamalar ile genel bir yaklaşım izlenecektir. İklim projeksiyonu çalışması kapsamında 6 adet senaryo olmasından dolayı en kötü senaryo olarak seçtiğimiz MPI-8.5 senaryosu kapsamındaki grafikler burada gösterilmektedir. Hesaplanan diğer indisler ile ilgili grafiklere raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

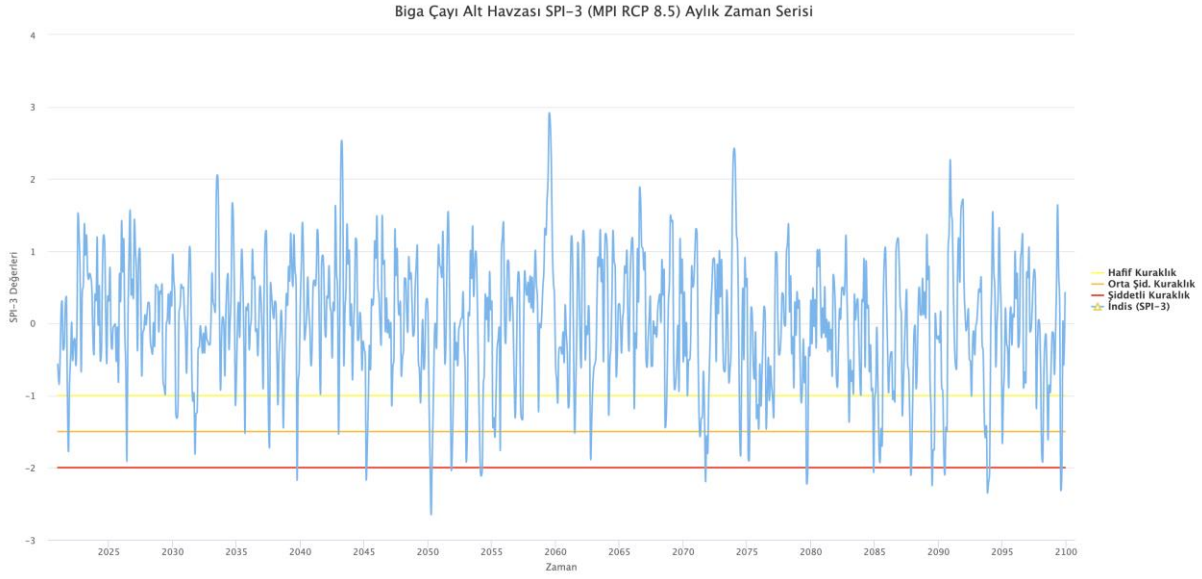
Rapor kapsamında tüm alt havzaların ve havzanın şiddet analizleri 3 farklı grafik ile yapılmış olup 1. Ara Rapor'da maruziyet indeksi en yüksek olan alt havza ile havza genelinin durumları sonraki bölümlerde verilmiştir. Diğer alt havzaların grafiklerine ise eklerden ulaşılmaktadır.

4.4.1. Standart Yağış İndisi (SPI)

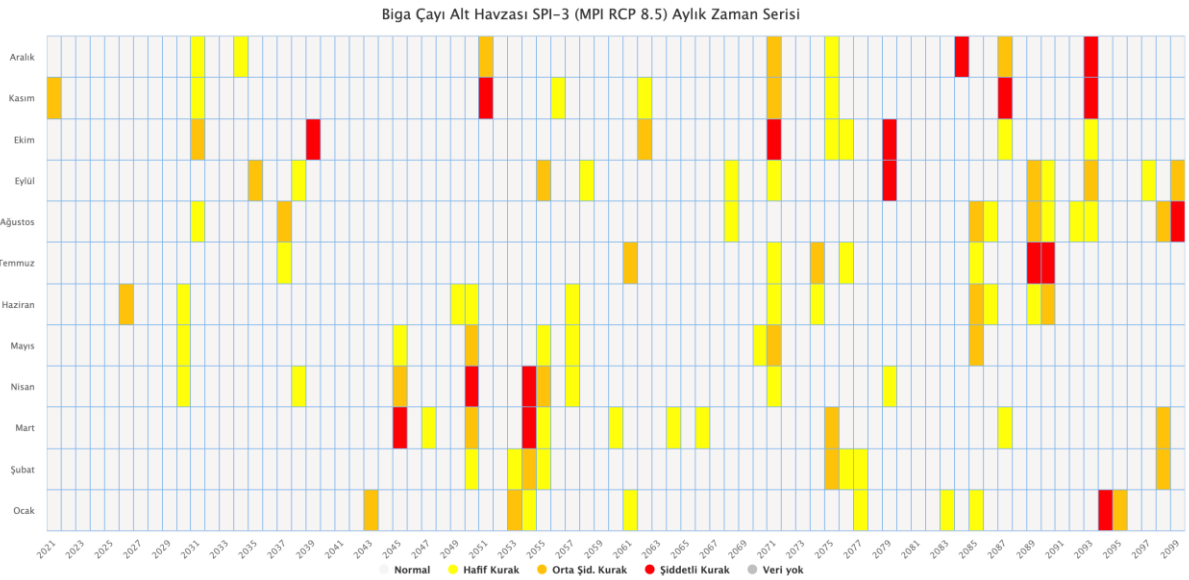
Mevcut rapor kapsamında havzanın kendisine ek olarak havzayı temsilen maruziyet indeksi en yüksek alt havzanın da (Biga Çayı alt havzası) analizleri paylaşılmıştır. Diğer alt havzaların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

Kuraklık şiddet analizleri kapsamında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafikte analizler farklı şekillerde ifade edilmektedir. Çizgisel grafik literatürde sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda İdare (SYGM)'nin istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

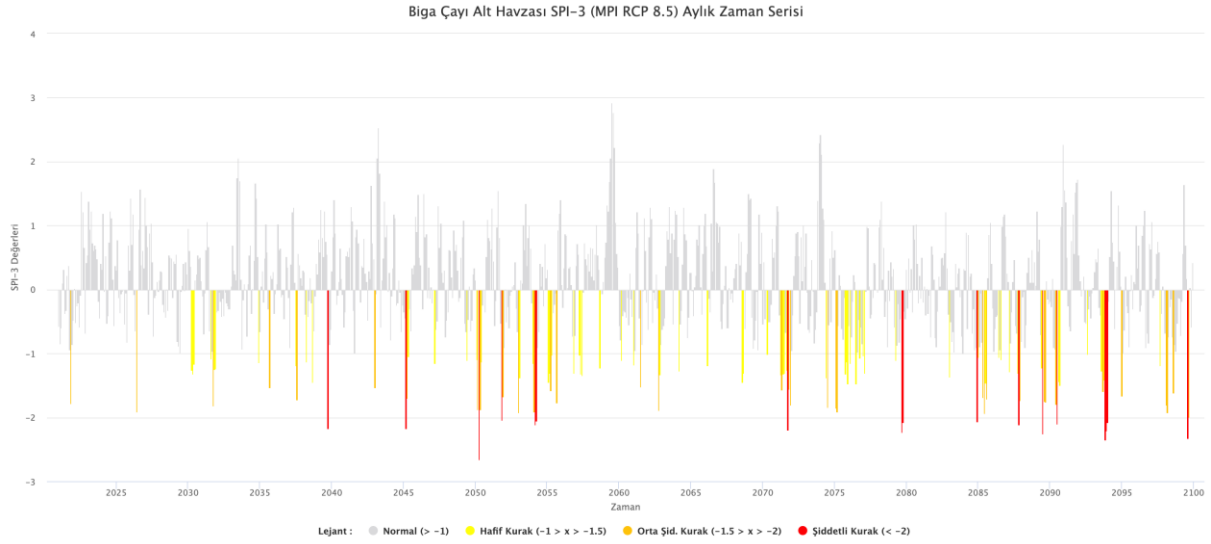
4.4.1.1. Alt Havza Bazında SPI 3 Aylık Zaman Serisi



Şekil 4.6 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 3 Aylık Çizgisel Grafik

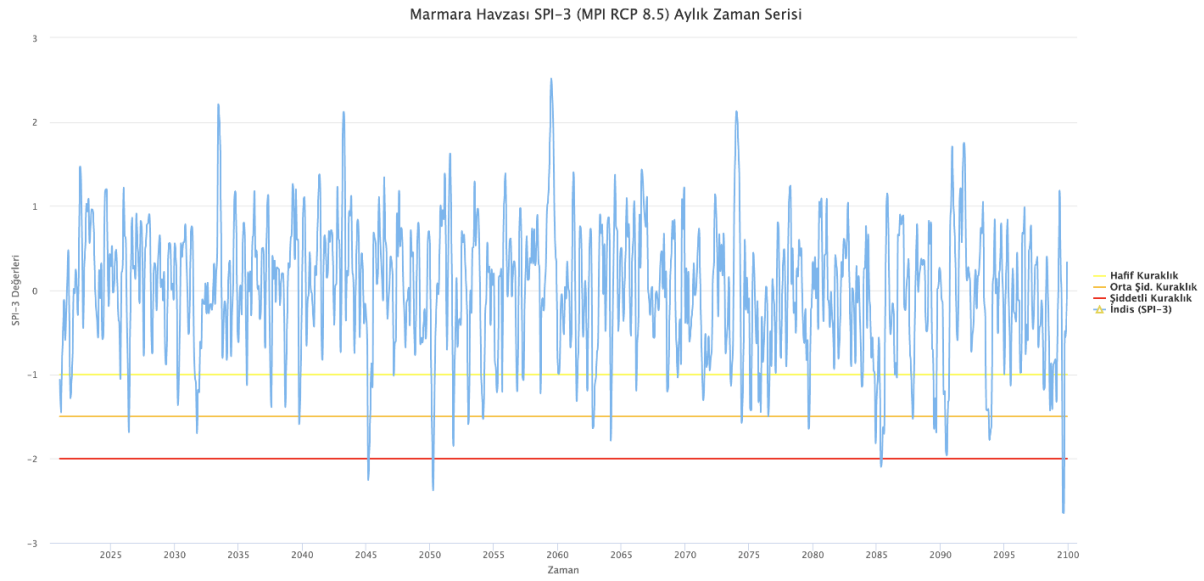


Şekil 4.7 Biga Çayı Alt Havzası'na ait SPI 3 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği

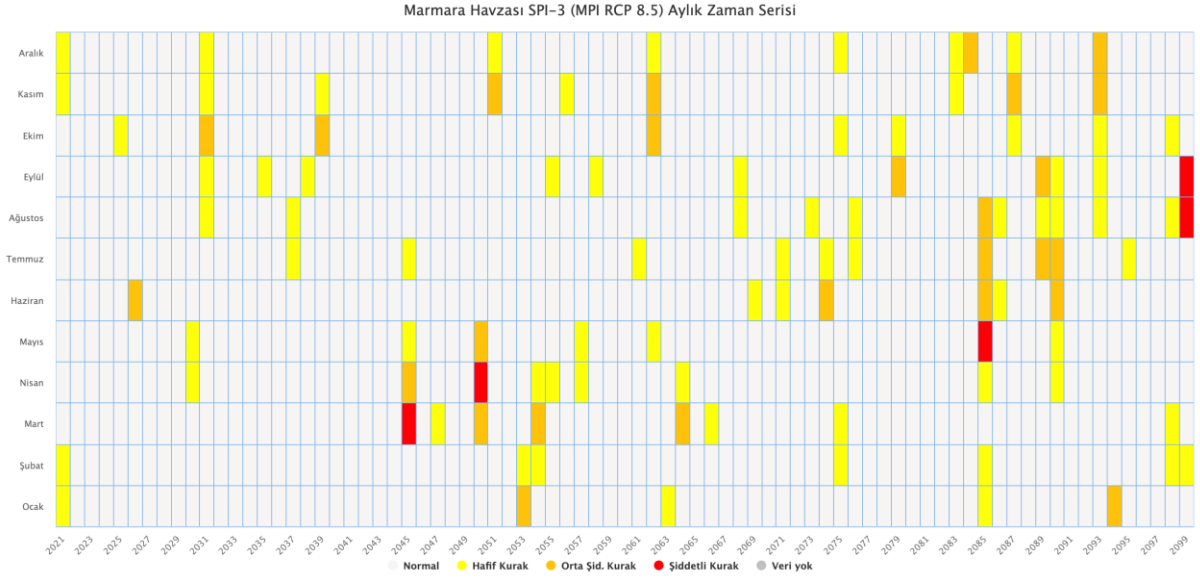


Şekil 4.8 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 3 Aylık Bar Grafiği

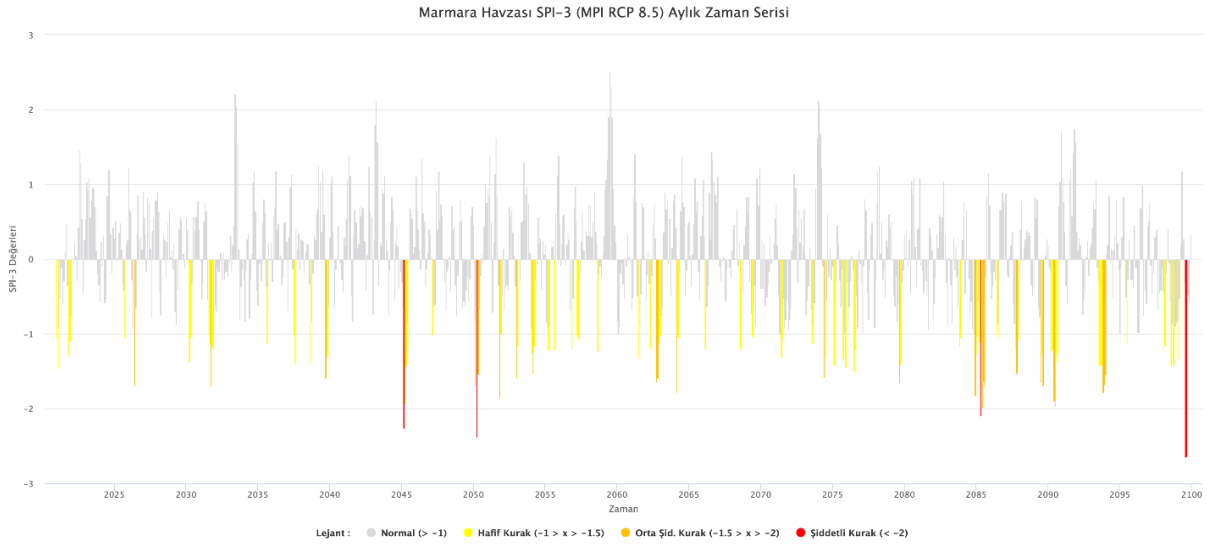
4.4.1.2. Havza Bazında SPI 3 Aylık Zaman Serisi



Şekil 4.9 Havza Geneline Ait SPI 3 Aylık Çizgisel Grafik

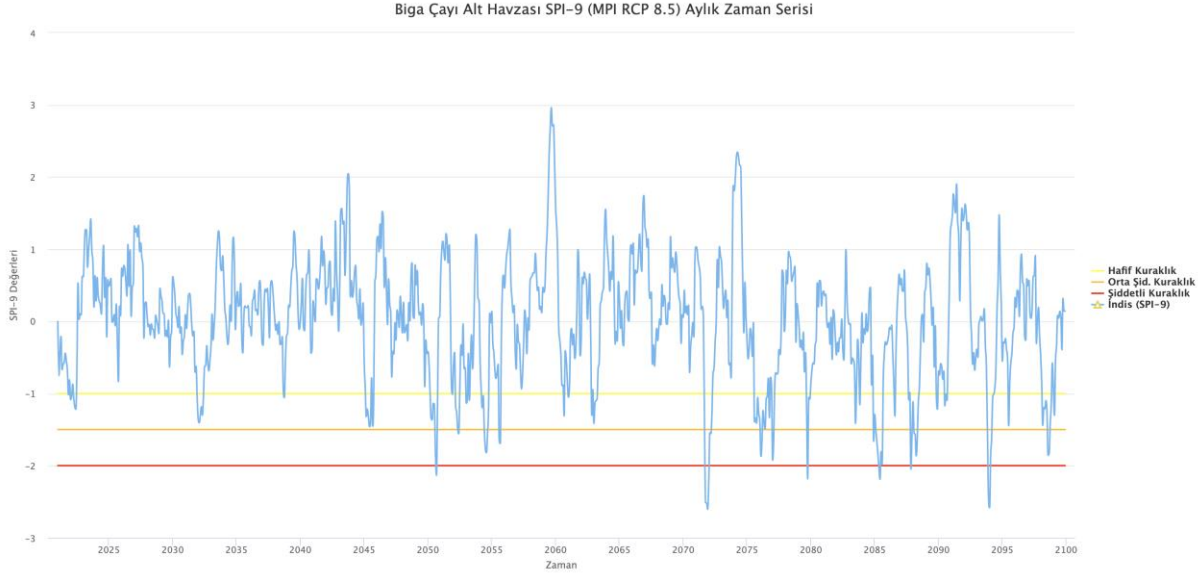


Şekil 4.10 Havza Geneline Ait SPI 3 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği

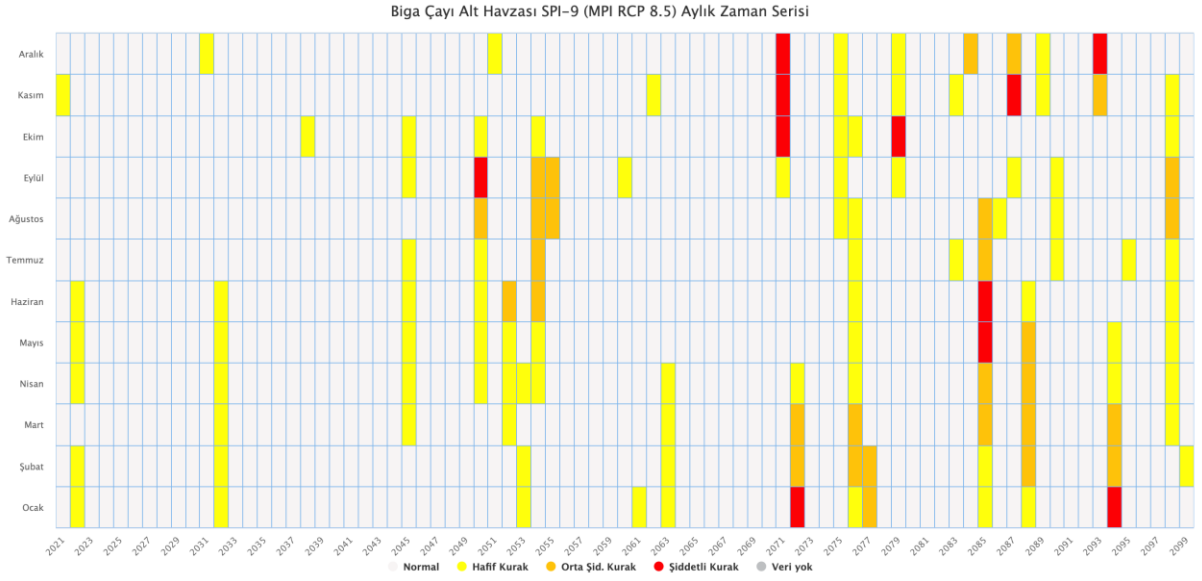


Şekil 4.11 Havza Geneline Ait SPI 3 Aylık Bar Grafiği

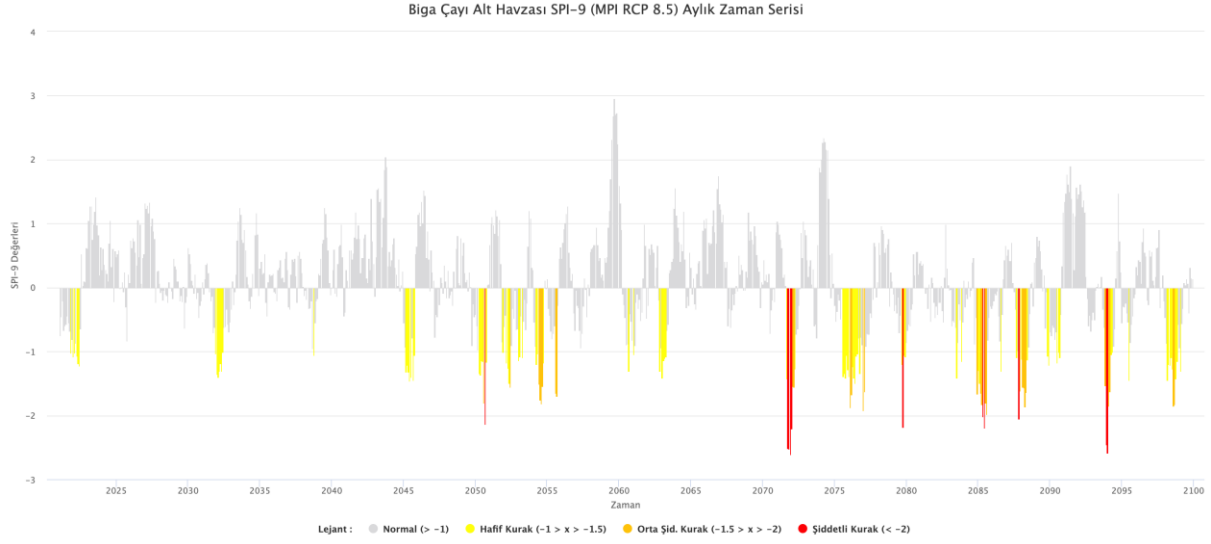
4.4.1.3. Alt Havza Bazında SPI 9 Aylık Zaman Serisi



Şekil 4.12 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 9 Aylık Çizgisel Grafik

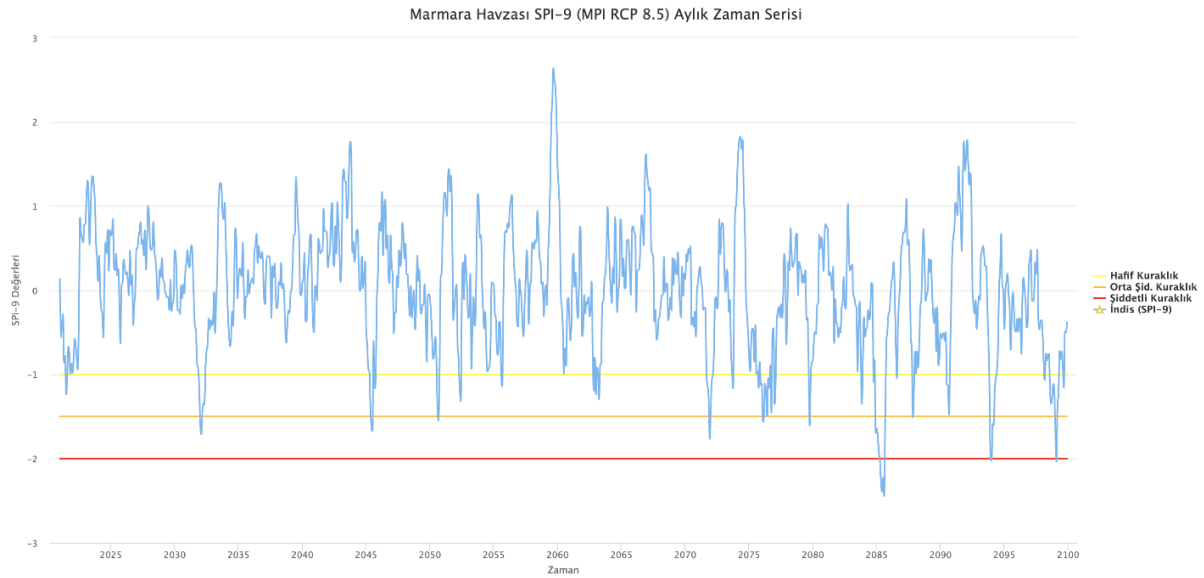


Şekil 4.13 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği

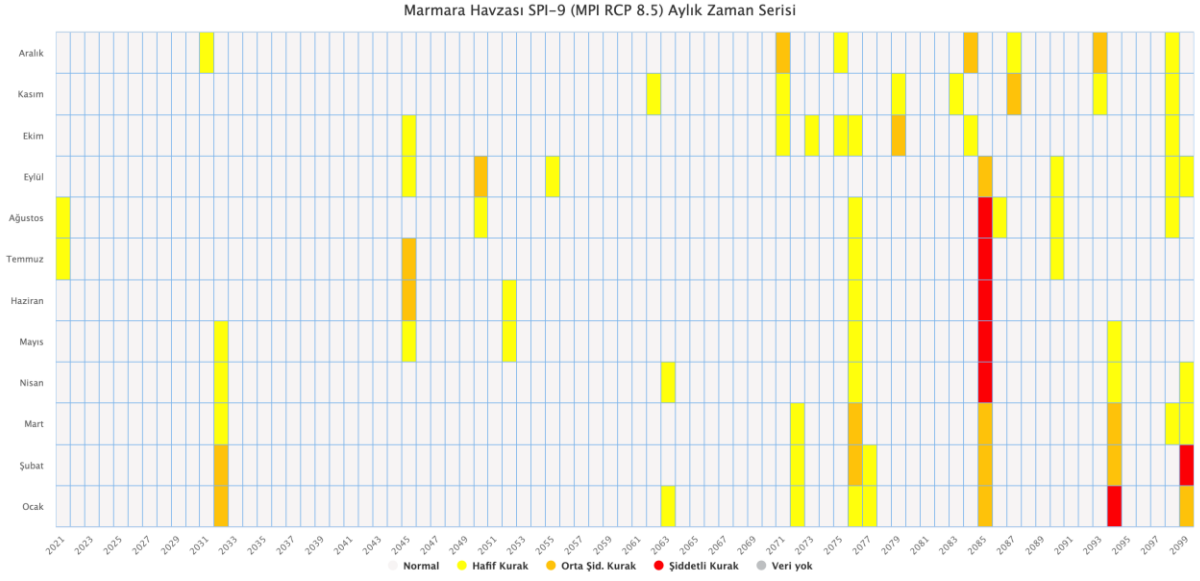


Şekil 4.14 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 9 Aylık Bar Grafiği

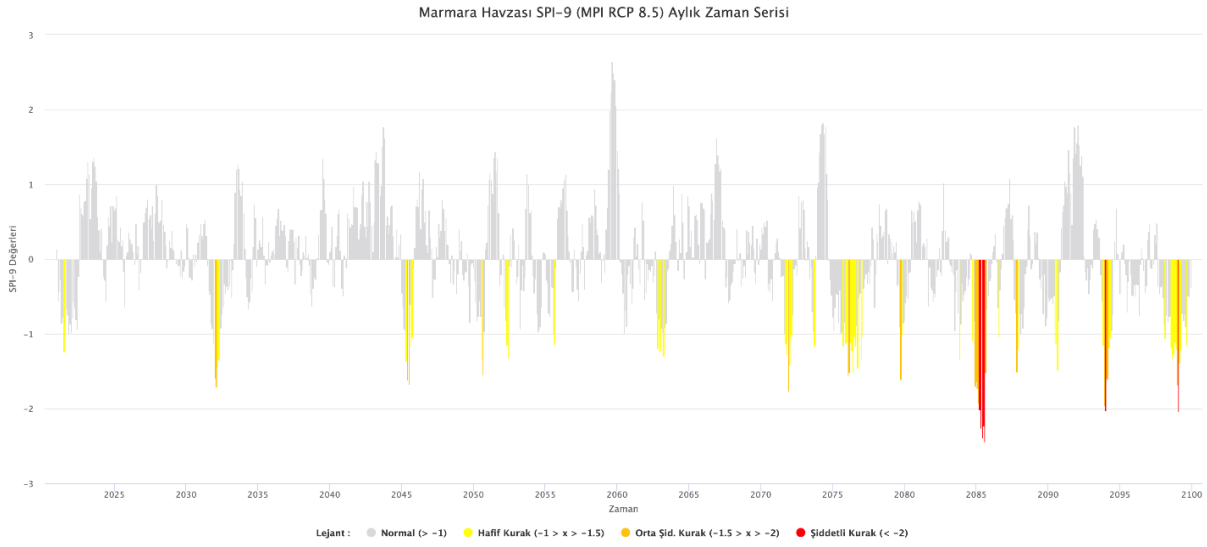
4.4.1.4. Havza Bazında SPI 9 Aylık Zaman Serisi



Şekil 4.15 Havza Geneline Ait SPI 9 Aylık Çizgisel Grafik

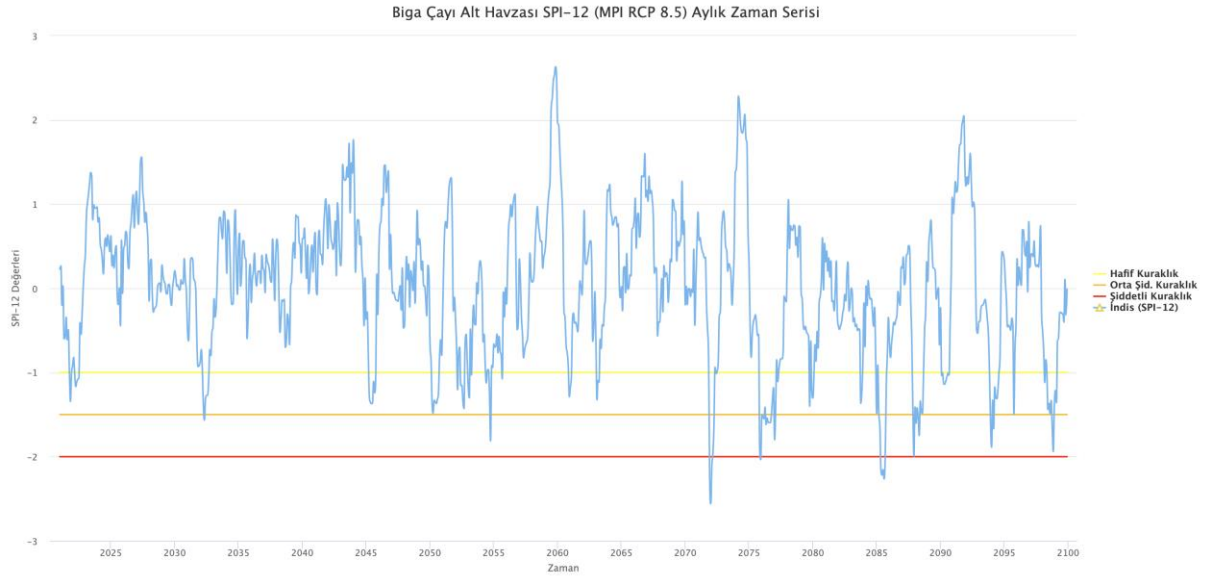


Şekil 4.16 Havza Geneline Ait SPI 9 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği

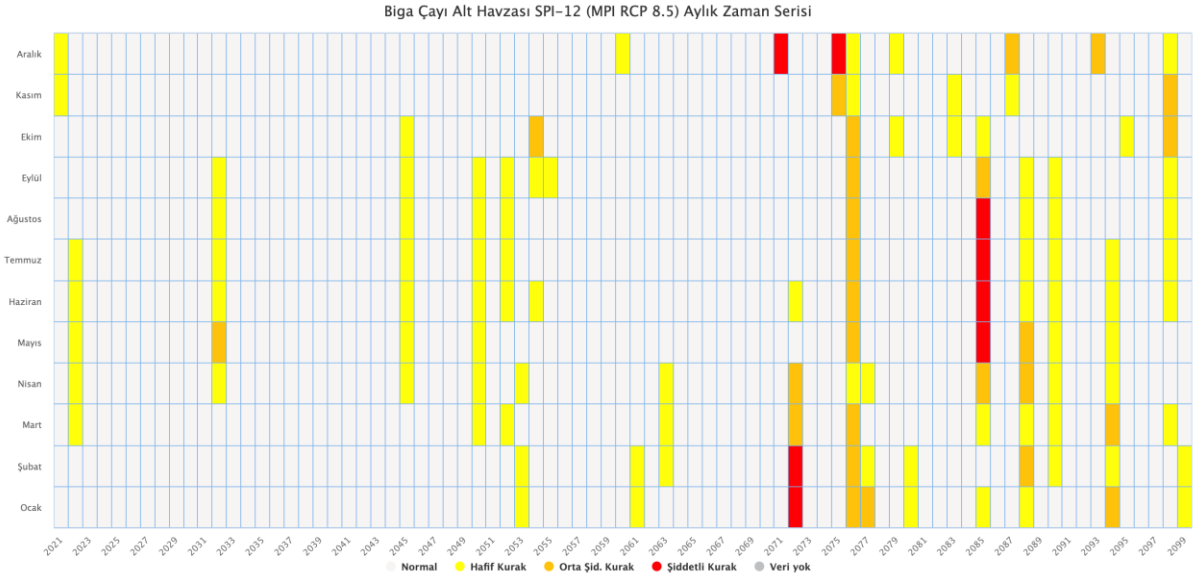


Şekil 4.17 Havza Geneline Ait SPI 9 Aylık Bar Grafiği

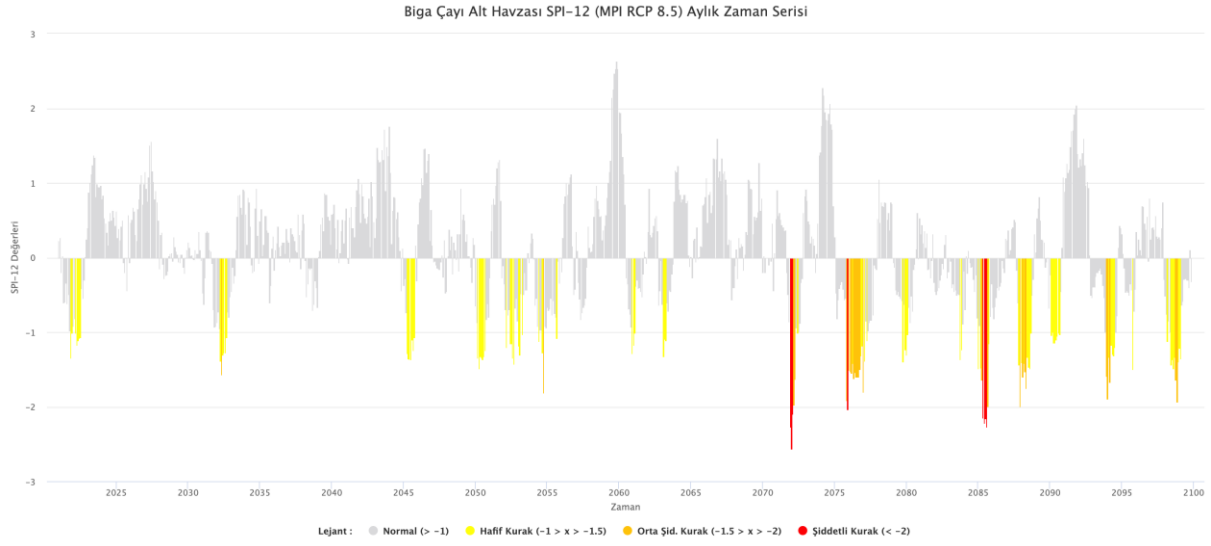
4.4.1.5. Alt Havza Bazında SPI 12 Aylık Zaman Serisi



Şekil 4.18 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 12 Aylık Çizgisel Grafik

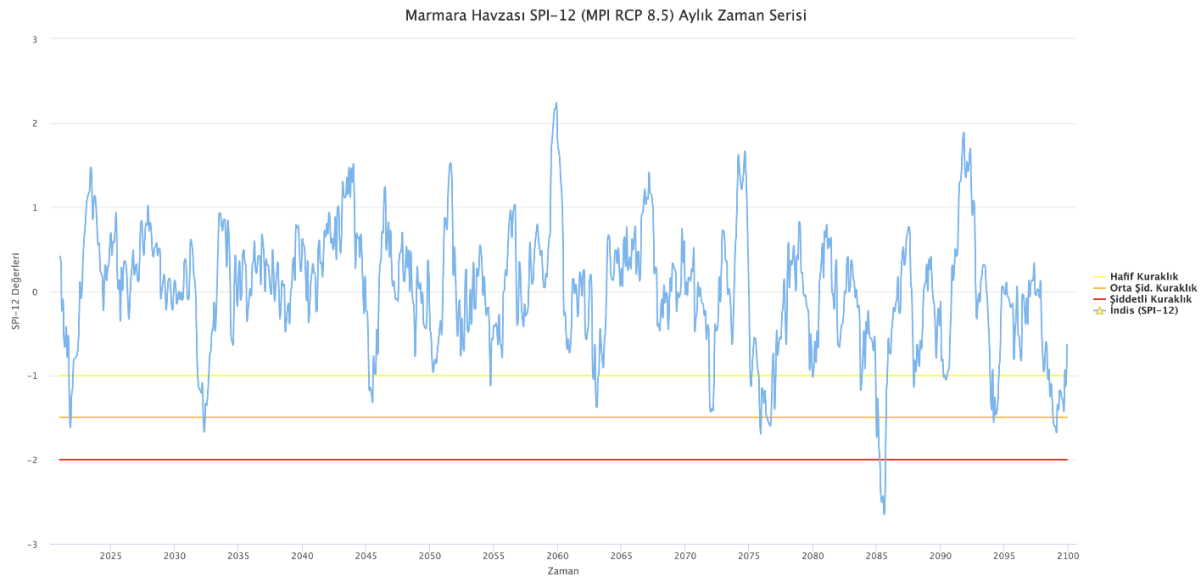


Şekil 4.19 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği

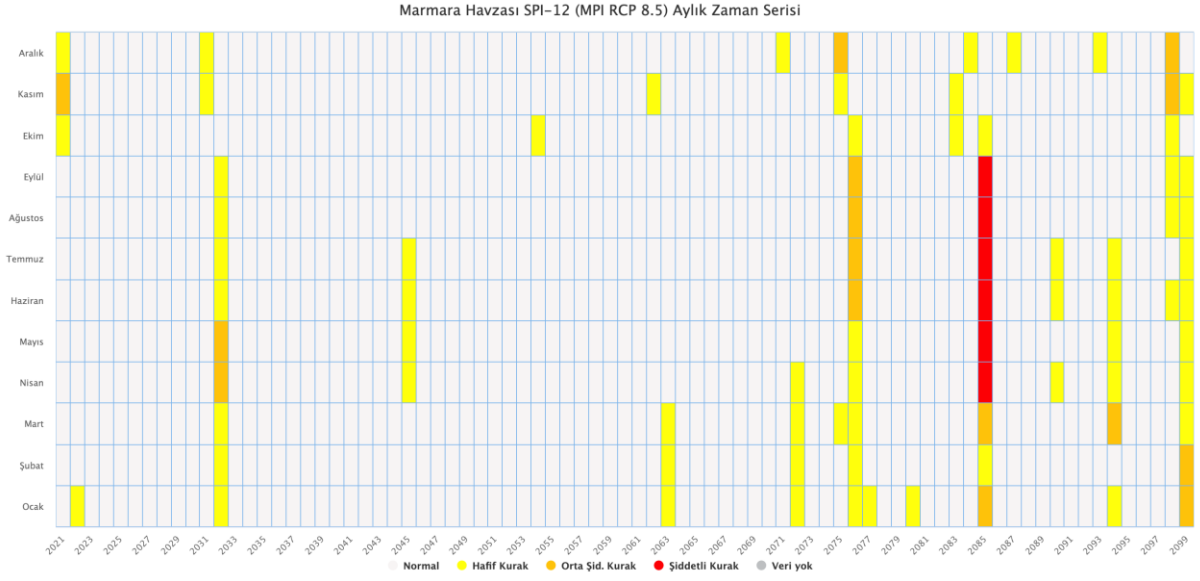


Şekil 4.20 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait SPI 12 Aylık Bar Grafiği

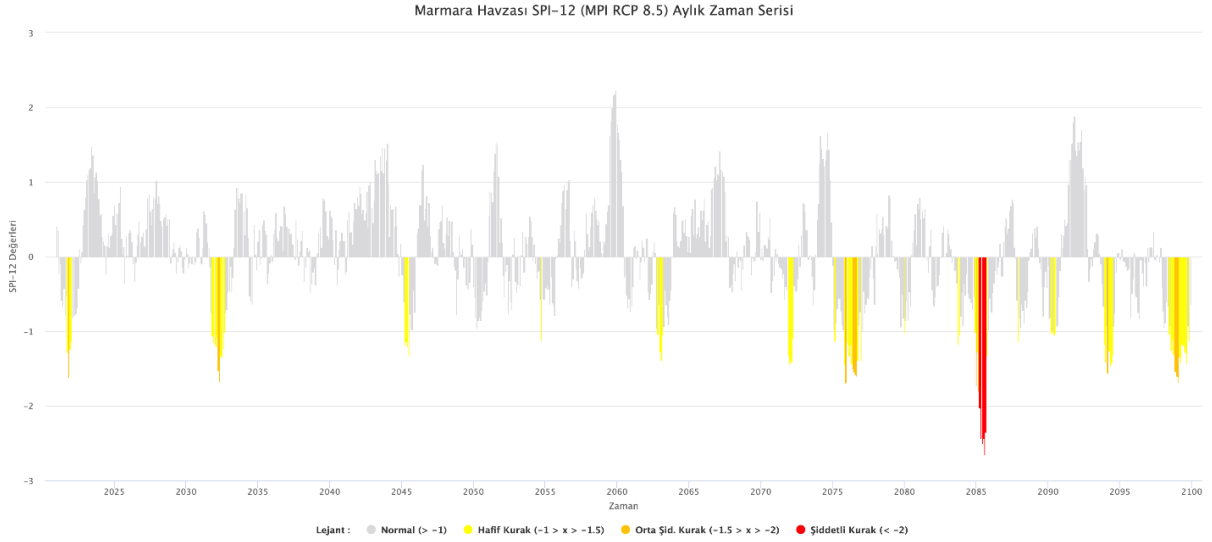
4.4.1.6. Havza Bazında SPI 12 Aylık Zaman Serisi



Şekil 4.21 Havza Geneline Ait SPI 12 Aylık Çizgisel Grafik



Şekil 4.22 Havza Geneline Ait SPI 12 Aylık Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 4.23 Havza Geneline Ait SPI 12 Aylık Bar Grafiği

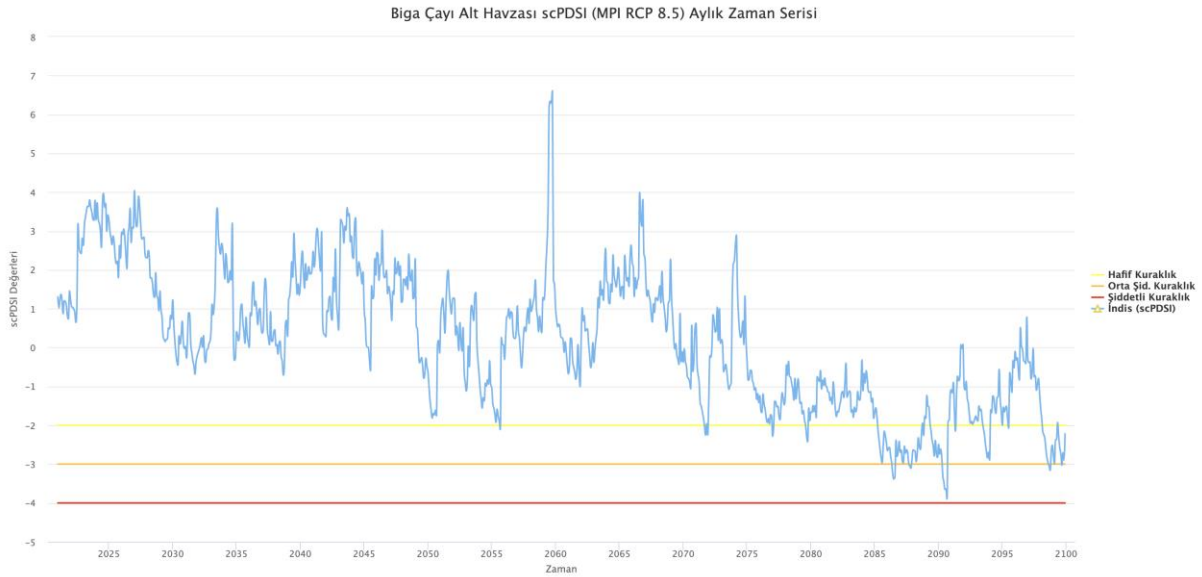
4.4.2. Kendinden Kalibreli Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (scPDSI)

Mevcut rapor kapsamında havzanın kendisine ek olarak havzayı temsilen maruziyet indeksi en yüksek alt havzanın da (Biga Çayı alt havzası) analizleri paylaşılmaktadır. Diğer alt havzaların analizlerine raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

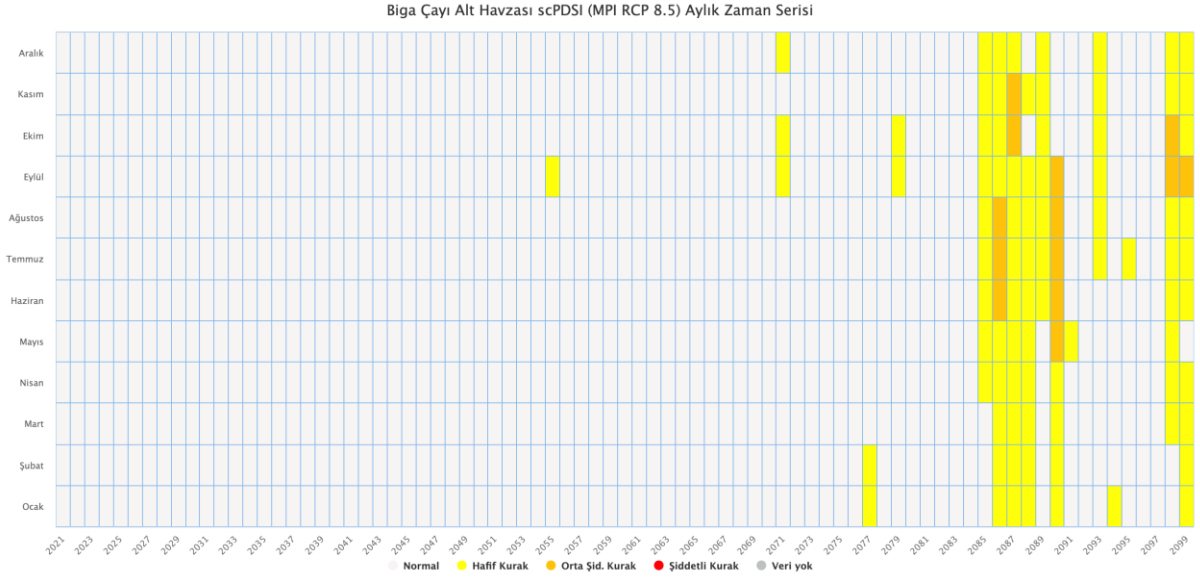
scPDSI indisinin yapısı itibari ile modellerden gelen veriler ile yapılan analizlerde kuraklığın özellikle son yıllarda daha yoğun olduğu görülmekte olup, bu beklenen bir sonuç olarak görülmektedir.

Kuraklık şiddet analizleri kapsamında 3 farklı grafiksel veri üretilmiş olup her bir grafikte analizler farklı şekillerde ifade edilmektedir. Çizgisel grafik literatürde sık kullanılan bir tür olup aylar arasındaki geçişleri göstermek için ideal bir grafik türüdür. Yoğunluk grafiği (heatmap) olarak adlandırılan grafik ise aylık bazda İdare (SYGM)'nin istediği kuraklık gruplarına göre bir gösterim sağlamaktadır. Diğer bir grafik olan bar grafik ise analiz sonuçlarındaki kuraklık şiddetlerini daha iyi göstermek için kullanılmıştır.

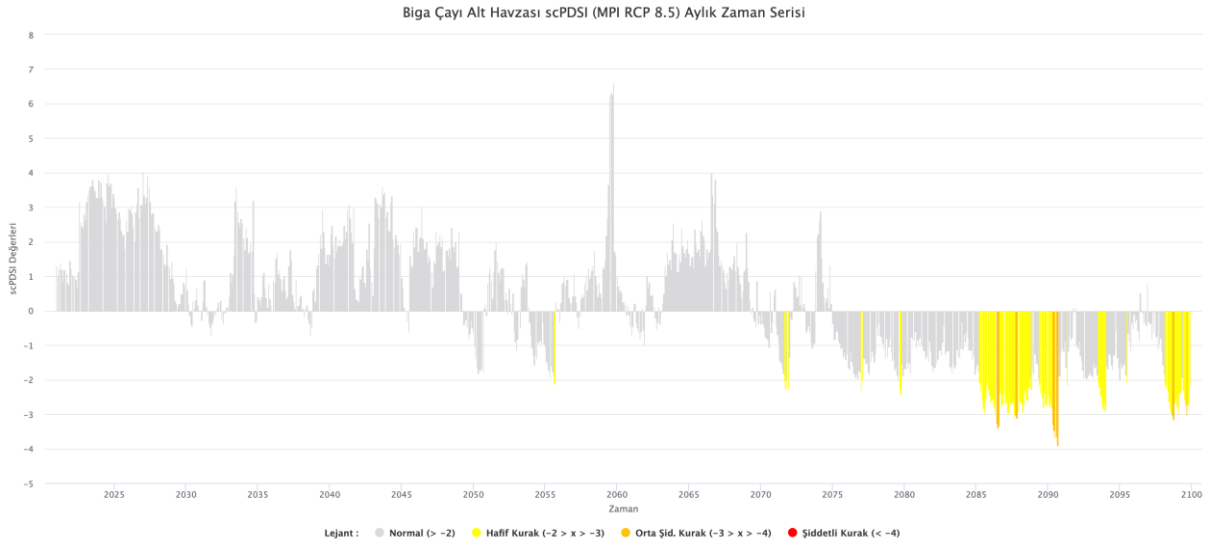
4.4.2.1. Alt Havza Bazında scPDSI Zaman Serisi



Şekil 4.24 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait scPDSI Çizgisel Grafik

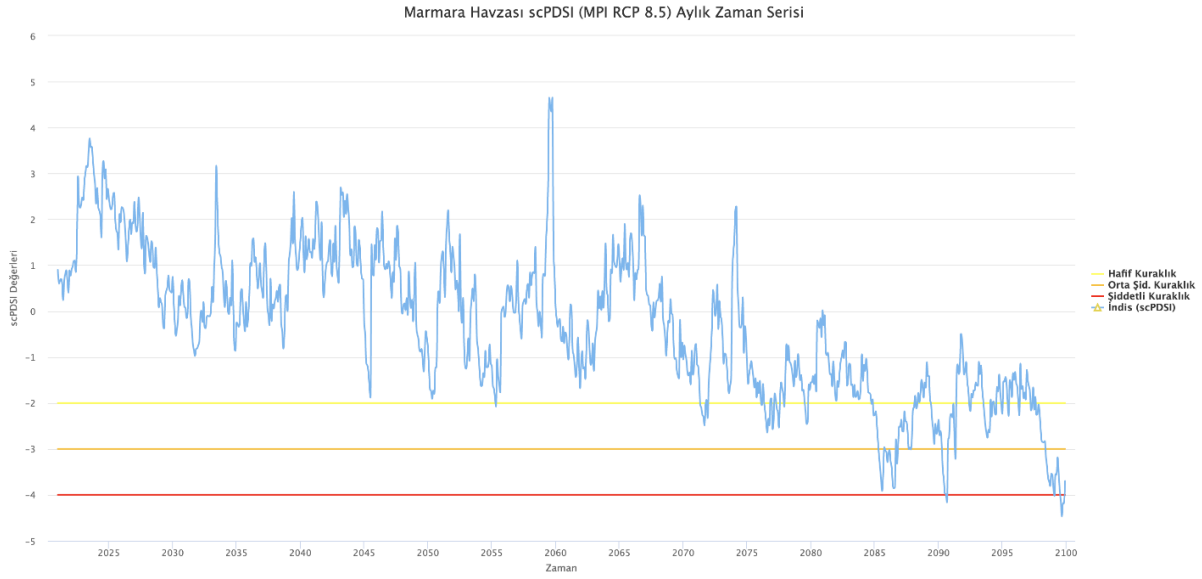


Şekil 4.25 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği

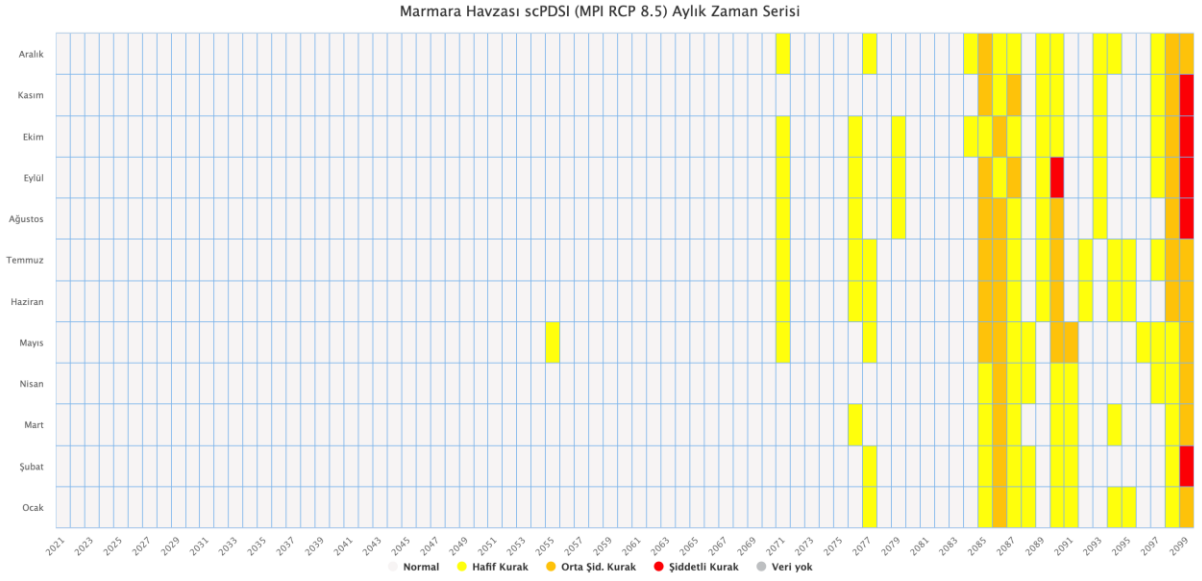


Şekil 4.26 Biga Çayı Alt Havzası'na Ait scPDSI Bar Grafiği

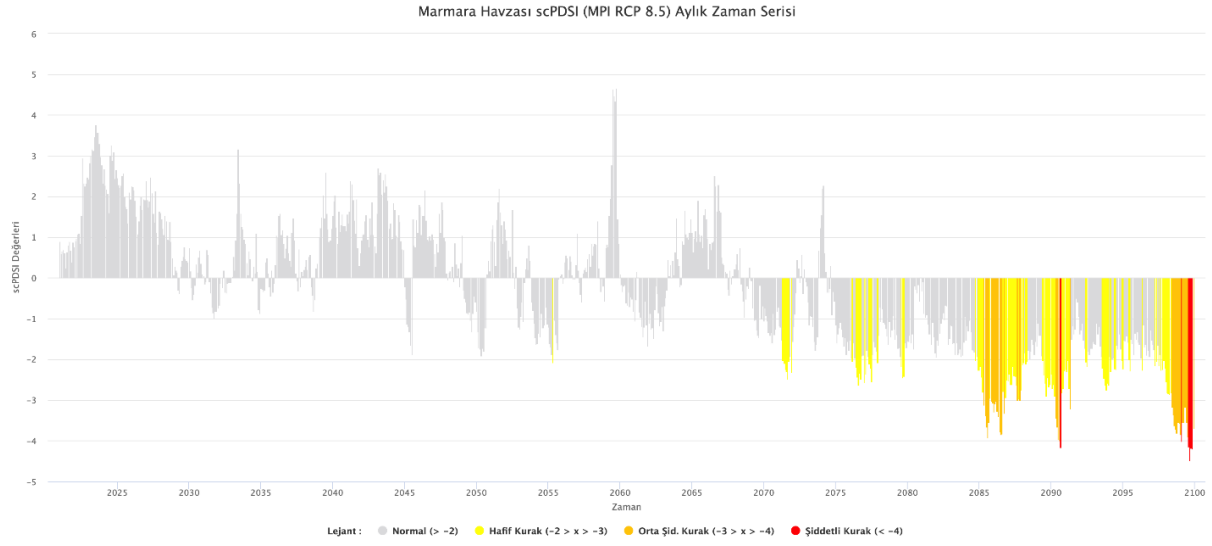
4.4.2.2. Havza Bazında scPDSI Zaman Serisi



Şekil 4.27 Havza Geneline Ait scPDSI Çizgisel Grafik



Şekil 4.28 Havza Geneline Ait scPDSI Zamansal Kuraklık Grafiği



Şekil 4.29 Havza Geneline Ait scPDSI Bar Grafiği

4.5. Kuraklık Risk Analizleri

Kuraklık risk analizleri gelecek dönem indis verilerine göre istatistiksel olarak yapılan bir çalışma olarak tanımlanmakla birlikte temelinde tüm dönem boyunca görülen kurak ayların tüm aylara oranı olarak hesaplanmaktadır. Grid bazında yapılan indis hesapları mevcut durumda kullanılan kuraklık aralıkları ile karşılaştırılarak her bir kurak ay için oluşma sayısı toplanır ve tüm olayların sayısına bölünür. Böylelikle bir grid için yüzdesel olarak kurak ya da normal olma durumu ortaya çıkar. Bu da ilerleyen süreç için istatistiksel olarak grid bazında kuraklık riski olarak tanımlayabileceğimiz analiz sonucunu vermektedir.

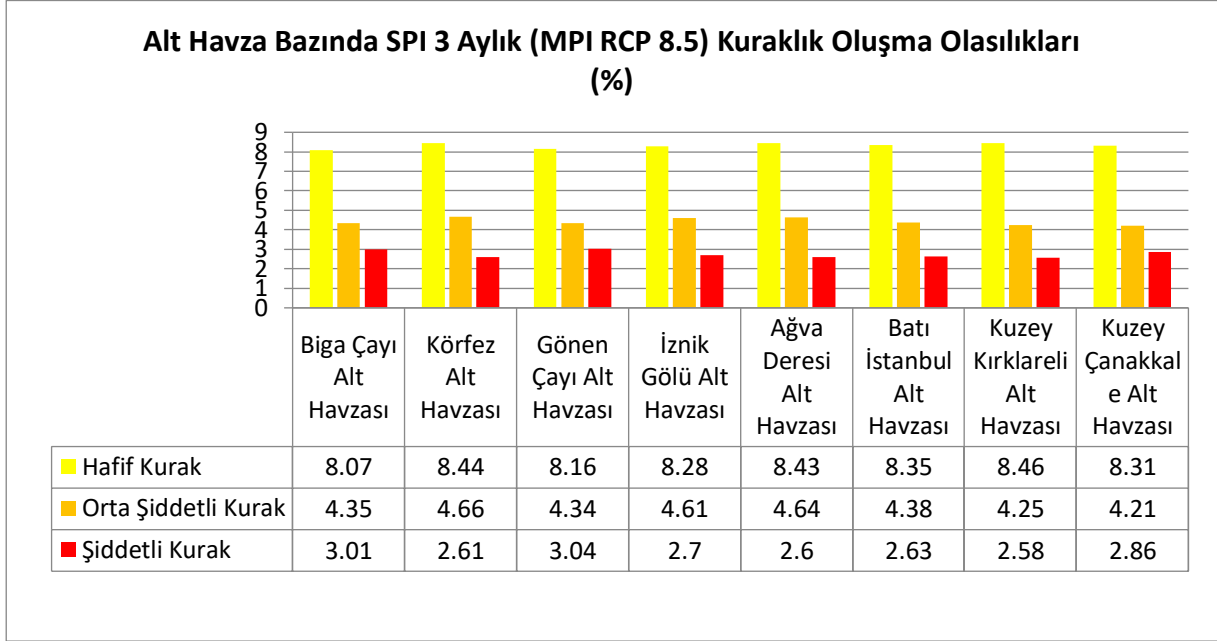
Kuraklık risk analizleri de kuraklık şiddetleri benzeri bir yaklaşımla, grid bazındaki sistemden tümevarım metodu ile alt havza bazında hesaplanarak raporda sunulmuştur. Böylelikle tümevarım yaklaşımı ile tüm havzanın alt havza kırılımındaki risk analizi gerçekleştirilmiştir.

Hesaplanan tüm indis ve alt periyotlardan sadece SPI-3, SPI-9, SPI-12 ve Palmer (scPDSI) indisleri incelenerek alt kısımda sunulmaktadır. Diğer indislere ilişkin grafik ve bilgilere raporun eklerinden ulaşılabilmektedir.

Rapor kapsamındaki indis riskleri havza içindeki İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (SYGM, 2016) kapsamında oluşturulan 10x10 km'lik gridlerde tekil olarak bulunan kuraklık riskleri ile hesaplanmıştır. Sonrasında her alt havzaya düşen gridlerin ortalaması alınarak ilgili alt havza için risk hesabı yapılmıştır. Bu kapsamda Marmara Havzası bünyesindeki 8 alt havza için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

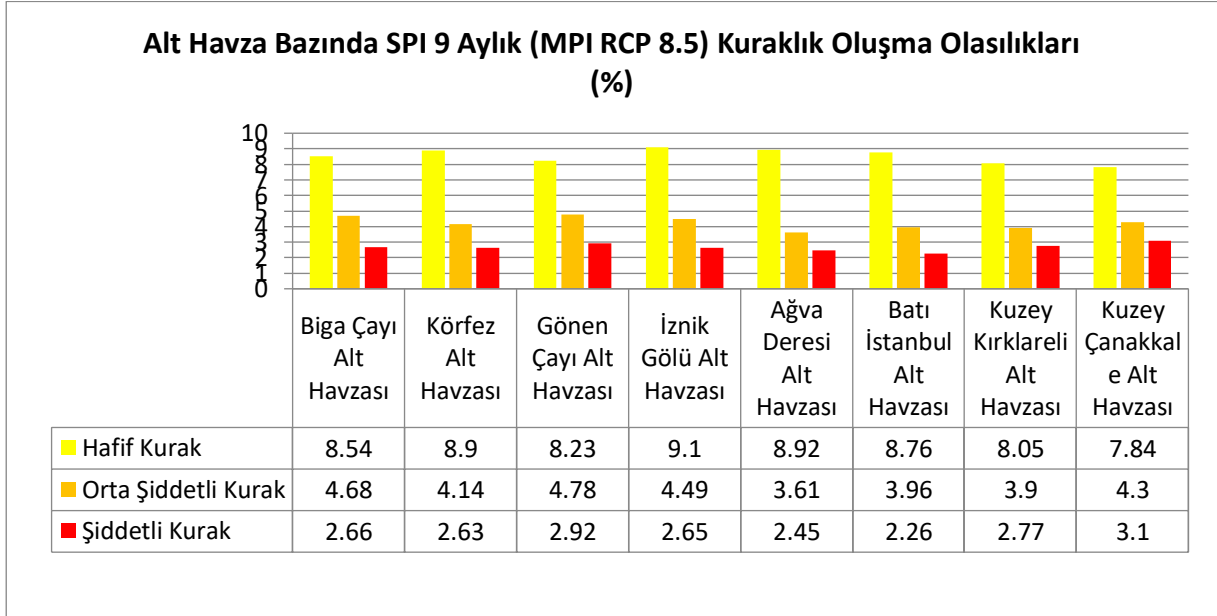
Alt havza bazında sonuçlara bakıldığında, tüm periyotlarda tüm alt havzaların birçoğu birbirine yakın olasılıklar göstermektedir. Zira gridlerdeki veriler alana IDW enterpolasyon yöntemi ile dağıtıldıktan sonra bazı uç veriler sönümlenerek normal dağılıma daha uygun hale gelmiştir. Bununla birlikte tekil olarak periyotları incelediğimizde, SPI 3 aylık periyot içerisinde Körfez ve Ağva Deresi alt havzaları %0,1-0,4'lük bir farkla diğer alt havzalardan öne çıkmaktadır. SPI 9 aylık periyoda gelince daha büyük bir fark ile İznik Gölü Alt Havzası riskli olarak görülmektedir. Ayrıca bu periyot için ortalama değerler az da olsa normal dağılımın dışına çıkmışlardır. SPI 12 aylık periyotta ise Biga Çayı ve Gönen Çayı alt havzaları %1'den fazla bir fark ile ön plana çıkmaktadırlar. Diğer taraftan, scPDSI sonuçlarına göre ise Kuzey Çanakale Alt Havzası %3-8 arası bir fark ile diğer alt havzaların önüne geçmektedir.

4.5.1. SPI 3 Aylık Periyot Bazında Alt Havza Risk Analizleri



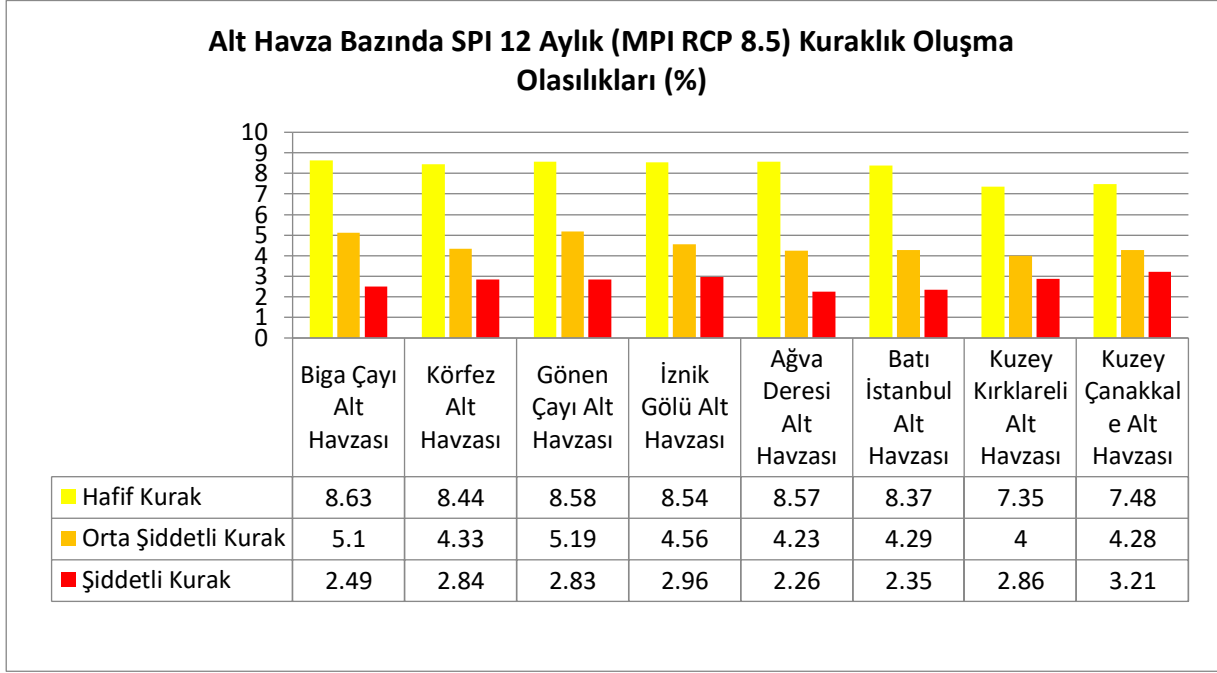
Şekil 4.30 Alt Havzalarda SPI 3 Aylık Kuraklık Oluşma Olasılıkları

4.5.2. SPI 9 Aylık Periyot Bazında Alt Havza Risk Analizleri



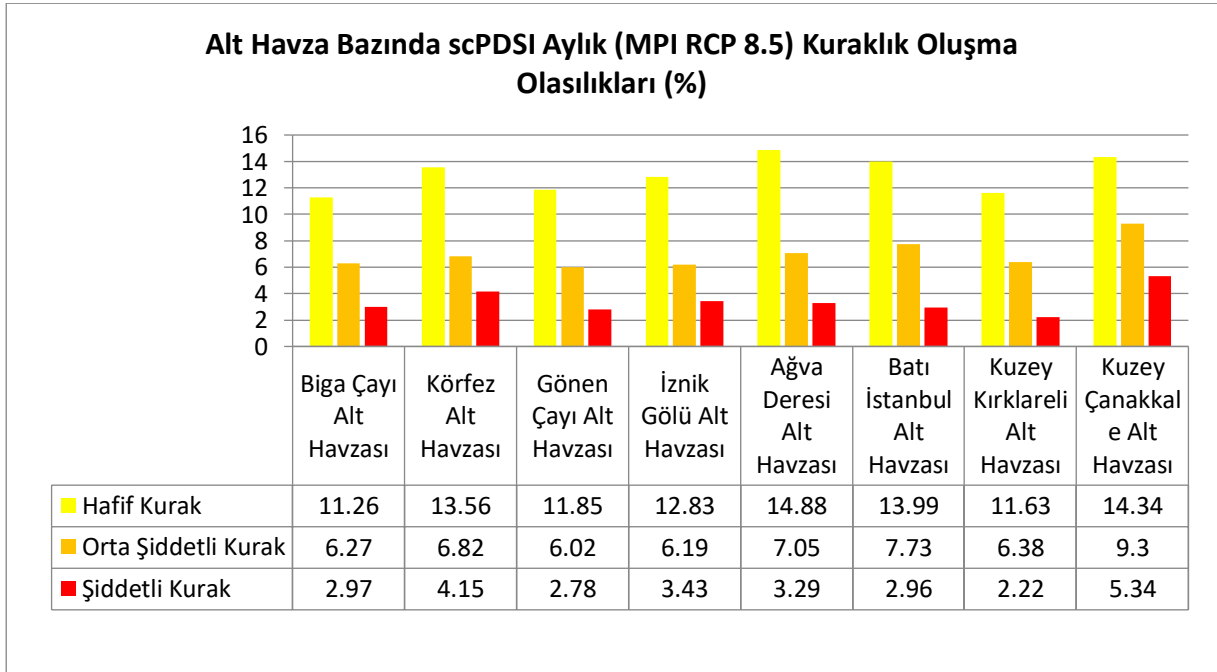
Şekil 4.31 Alt Havzalarda SPI 9 Aylık Kuraklık Oluşma Olasılıkları

4.5.3. SPI 12 Aylık Periyot Bazında Alt Havza Risk Analizleri



Şekil 4.32 Alt Havzalarda SPI 12 Aylık Kuraklık Oluşma Olasılıkları

1.1.1. scPDSI Bazında Alt Havza Risk Analizleri



Şekil 4.33 Alt Havzalarda scPDSI Kuraklık Oluşma Olasılıkları

4.6. Kurak Dönemlerin Tespiti

Havza kapsamında yapılan bu çalışma için gelecek dönem kurak dönemleri tespit etmek amacıyla 1. Ara Rapor'da kullanılan yaklaşım benimsenmiştir. Rapor kapsamında 7 farklı indis ve alt periyotları ile birlikte 27 farklı indis-periyot çıktısı verilmektedir. Hesaplanan 27 farklı indis-periyot ikilisi meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olmak üzere farklı kuraklık tiplerini göstermektedir. Fakat genel olarak yaklaşıldığında tip fark etmeksizin “kurak ya da değil” ayrımının yapılması gerekmektedir. Bu sebeple özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) kullanılan ABD Kuraklık İzleme internet sitesinin yaklaşımı benimsenmiştir (U.S. Drought Monitor, 2021). Söz konusu internet sitesinde oluşturulan kuraklık şiddet haritalarında 5 farklı girdi kullanılarak tek bir bütünleşik indis oluşturulmaktadır. Bu bütünleşik indiste PDSI, toprak nemi, akım verisi, SPI ve yine kendi içinde farklı indislerin dağılımını içeren Kuraklık Karışımı (Drought Blends) indisi kullanılmaktadır (Drought Blend Index, 2021).

ABD'deki yaklaşıma benzer bir yaklaşımla çalışma kapsamında 6 farklı indis temel alınarak bütünleşik bir indis oluşturulmuş ve bu indise göre kurak dönemler çıkartılmıştır. Kurak dönemlerin çıkartılması ile ilgili süreç aşağıda verilmiştir.

- İlk etapta Meteorolojik Kurak için Ondalıklar ve SPI-3; Tarımsal Kuraklık için PNPI-6 ve SPEI-9; Hidrolojik Kuraklık için ise SPI-12 ve scPDSI indisleri seçilmiştir.
- Seçilen bu indislere göre havza bazında bir ortalama bulmak amacıyla SYGM tarafından yürütülen İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi çıktılarından 10x10 km'lik yağış ve sıcaklık grid verileri kullanılmıştır. Her bir grid bir istasyonmuş gibi kabul edilerek her bir grid için indis hesaplamaları yapılmıştır.
- Projenin ortak zaman aralığı olan 2021-2100 arası için seçilen indisler alt alta eklenerek tablosal bir görünüm elde edilmiştir (Şekil 4.34, Şekil 4.35 ve Şekil 4.36). Bu tablolarda indisleri ortak olarak karşılaştırmak için indis açıklamalarında belirtilen 4'lü aralık (Normal, Hafif Kurak, Orta Şiddetli Kurak, Şiddetli Kurak) tercih edilmiştir.
- Her ay için 6 indisin “Şiddetli Kurak”, “Orta Şiddetli Kurak” ve “Hafif Kurak” olma sayıları toplanmış ve “Şiddetli Kurak” olma sayısı 2 ve daha fazla ise o ay “Şiddetli Kurak”, “Orta Şiddetli Kurak” olma sayısı 2 ve daha büyük veya “Şiddetli Kurak” olma sayısı 1 veya daha büyük ise o ay “Orta Şiddetli Kurak” olarak belirlenmiştir. Eğer “Hafif Kurak” veya “Orta Şiddetli Kurak” olma olasılıkları 1'den büyük ise de o ay “Hafif Kurak” olarak nitelendirilmiştir. Kalan tüm aylar ise “Normal” olarak etiketlenmiştir. Durum ile ilgili detaylı açıklama aşağıda verilen Tablo 4.4'te mevcuttur.

Tablo 4.4 Bütünleşik İndis İçin Hesaplama Durumu

	Şiddetli Kurak	Orta Şiddetli Kurak	Hafif Şiddetli Kurak
Toplam Adet	2 veya daha fazla ise	2 veya daha fazla ise	1 veya daha fazla ise
Alternatif	1 adet ise	1 adet ise	-
Sonuç	Şiddetli Kurak	Orta Şiddetli Kurak	Hafif Şiddetli Kurak
Alternatif Sonuç	Orta Şiddetli Kurak	Hafif Şiddetli Kurak	-

- Bu yaklaşım ile farklı indislerin kurak olarak nitelendirdiği ayları tek bir indiste birleştirilmesi hedeflenmiştir. Farklı kuraklık dönemleri (meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik) için seçilen indisler ile genel olarak bir kurak dönem seçimi yapılmıştır. Böylelikle bütünleşik bir indis oluşturulmuştur.
- Bütünleşik indis zaman serisi üzerinden ilerleyerek öncelikle arka arkaya 2 ayın “Normal” olma durumuna göre parçalara bölünür. Kalan parçalardan başta ve sonda “Normal” olma durumuna göre tekrar bir filtreleme yapılır. Çünkü kurak dönem incelemesinde SYGM ile çıkartılan metodolojide kurak dönem içerisinde 2 ay ve daha fazla bir süre normal olması kurak dönemin bittiği anlamına gelmektedir.
- Kalan listemizde içinde tekil olan “Normal” durumların arasında en az 6 aylık bir kuraklık durumunun olması ve içerisinde en fazla 2 tane “Normal” durum olması filtrelenerek kurak dönem listeleri oluşturulur.
- Bu listelerde en az 6 aylık dönemler baz alındığı için kurak dönemler 6 ay ve daha uzun dönemlerden oluşmaktadır.

Yukarıda bahsedilen iş akışı (algoritma) sonucu havza geneli için elde edilen kurak dönemler listesi Tablo 4.5’te verilmektedir.

Tablo 4.5 Havzada 2021-2100 Yılları Arasında Görülen Kurak Dönemler Listesi

Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Toplam Süre (Ay)	Toplam Şiddet (SPI-3)	Toplam Şiddet (PNPI-6)	Toplam Şiddet (SPEI-9)	Toplam Şiddet (SPI-12)	Toplam Şiddet (scPDSI)
05/2021	02/2022	10	-3,88	784,22	-1,80	-9,09	-6,88
03/2030	08/2030	6	-1,82	540,47	-1,06	-0,45	-0,88
06/2031	09/2032	16	-8,23	1.268,77	-6,31	-13,94	-7,03
06/2039	11/2039	6	-0,12	705,42	-5,91	-3,35	-8,70
03/2045	10/2045	8	-5,78	598,13	-6,77	-8,18	-4,10
05/2049	10/2049	6	-2,65	494,69	-1,29	-1,74	-5,77
02/2050	10/2050	9	-6,83	690,00	-6,42	-6,60	-12,54
04/2052	09/2052	6	-0,80	604,50	-1,79	-2,71	-2,75
02/2054	10/2054	9	-3,66	770,20	-3,54	-2,08	-11,95
04/2055	09/2055	6	-2,73	471,86	-4,40	-3,40	-9,74
08/2062	08/2063	13	-3,11	1.124,37	-10,64	-9,82	-6,07
04/2069	09/2069	6	-3,90	513,14	-0,47	-0,07	-6,95
05/2071	08/2072	16	-5,87	1.340,17	-10,03	-10,51	-20,78
06/2075	10/2076	17	-10,88	1.243,02	-19,44	-20,76	-32,19
05/2079	01/2080	9	-5,43	669,50	-7,42	-4,02	-17,28
06/2084	01/2086	20	-14,44	1.476,41	-27,56	-27,25	-52,57
04/2086	09/2086	6	-2,67	487,50	-4,87	-0,82	-20,92
06/2087	08/2088	15	-2,68	1.310,96	-10,13	-5,20	-34,95
07/2089	11/2090	17	-11,54	1.327,27	-20,18	-10,78	-50,90
06/2093	09/2094	16	-8,51	1.317,71	-18,75	-12,69	-34,94
07/2097	12/2099	30	-16,90	2.367,13	-44,51	-28,06	-97,73

Tablo 4'te kurak dönemlere ek olarak ay bazında toplam süre ve meteorolojik (SPI-3), tarımsal (PNPI-6 ve SPEI-9) ve hidrolojik kuraklık (SPI-12 ve scPDSI) için Zekai Şen tarafından kullanılan metodoloji de uygulanarak kurak dönemin toplam şiddetleri hesaplanmıştır (Şen, 2009). Bu hesaplamada seçilen indislerin kurak dönem içerisinde kalan tüm indis değerleri toplanarak "Toplam Şiddet" değeri bulunmuştur. Bu süreçte hem negatif hem de pozitif (eğer varsa) değerler toplanarak nihai bir değer bulunur. Örneğin SPI-3 için Mayıs 2063 ile Aralık 2063 döneminde yapılan hesaplama tablosu (Tablo 4.6) aşağıdadır. Görüldüğü üzere kurak dönem olarak belirlenen aralıktaki indis değerlerinin hepsi, negatif ya da pozitif olduğuna

bakılmaksızın toplanmakta, bu duruma kuraklığın bu dönemdeki toplam şiddetini ortaya koymaktadır. Bu toplam aynı zamanda çizilen grafiğin altında kalan olarak da bilinmektedir.

Tablo 4.6 SPI-3 İçin 2063 Yılı Kurak Dönemi Toplam Şiddet Hesabı

Ay	Yıl	SPI-3 Değeri
5	2063	0,613
6	2063	-0,232
7	2063	-1,344
8	2063	-0,394
9	2063	-0,228
10	2063	-2,381
11	2063	-1,304
12	2063	-1,891
Toplam		-7,16

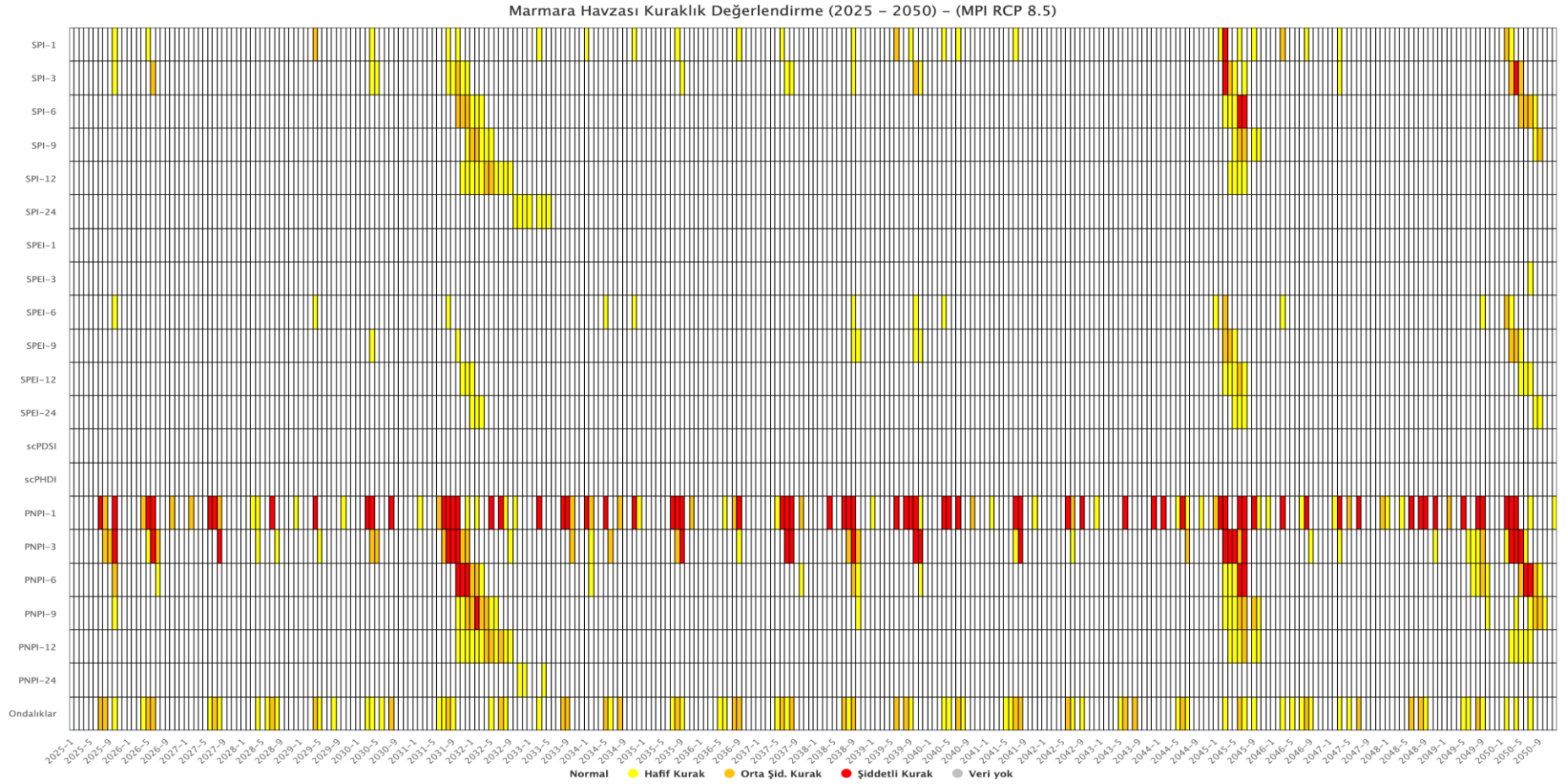
Tablo 4.5'te hesaplanan toplam şiddet değerleri kurak dönemleri birbiri ile karşılaştırmak açısından en uygun çözüm olarak görülmektedir. Zira uzun dönem süren bir kuraklık, şiddet açısından az olması sebebi ile etkisi az olmuş olabilir. Diğer yandan kısa sürüp de çok şiddetli olan bir kuraklığın etkisi ise uzun süren başka bir döneme göre daha ağır olabilir. Bu karşılaştırmayı yapmak için hesaplanan toplam şiddet değerleri aynı kolondaki en büyük rakama bölünerek normalize edilmiş ve karşılaştırılabilir olmuştur. Normalizasyon ile farklı aralıklara sahip olabilen bu indisler 0 ile 1 arasındaki ortak bir aralığa çekilerek birbiri ile karşılaştırma fırsatını vermektedir. Nitekim bu hesaplama ile kurak dönemleri sıralama imkânı ortaya çıkmıştır (Tablo 4.7). İlgili tablolarda koyu sarı olan renk en şiddetli dönemi, açık sarı olan renk ise 2. sıradaki şiddetli dönemi göstermektedir.

Etki analizi tablosundan görüleceği üzere havza genelinde en etkili kurak dönem 07/2097'de başlayıp 12/2099'ya kadar devam etmekte olan dönemdir. Gerek süre gerekse şiddet bakımından önemli bir kurak dönem olduğu tüm indislerin değerinin 1 olmasından anlaşılmaktadır. Diğer bir önemli kuraklığın ise 06/2084 ile 01/2086 arasında olduğu görülmektedir.

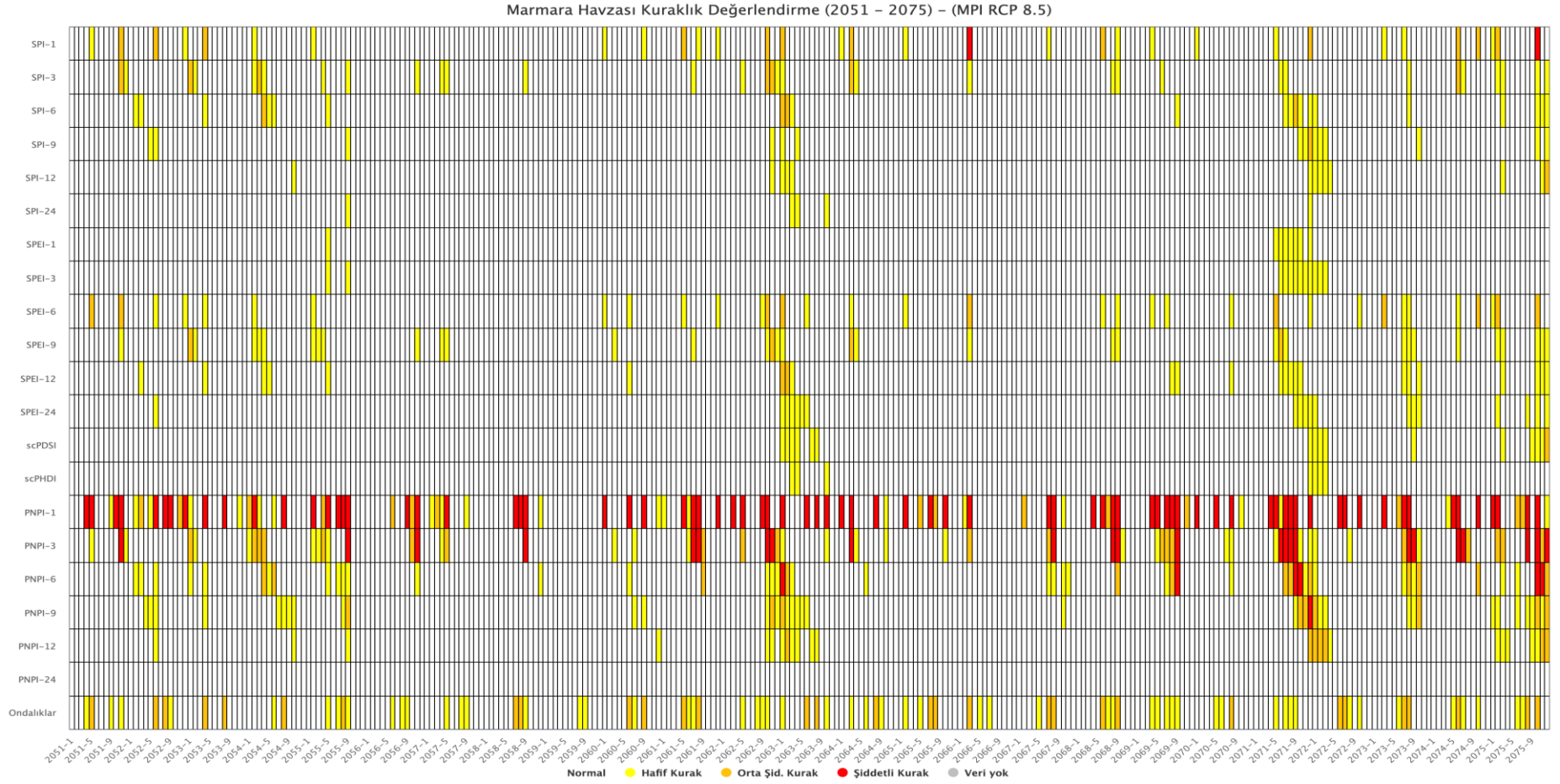
Rapor kapsamında bulunan kurak dönemlerden seçilen en önemli 2. kurak dönem ile ilgili kuraklık şiddet haritalarına bir sonraki bölümde detaylı şekilde erişilebilir.

Tablo 4.7 Havzada 2021-2100 Yılları Arasında Görülen Kurak Dönemler Etki Analizi

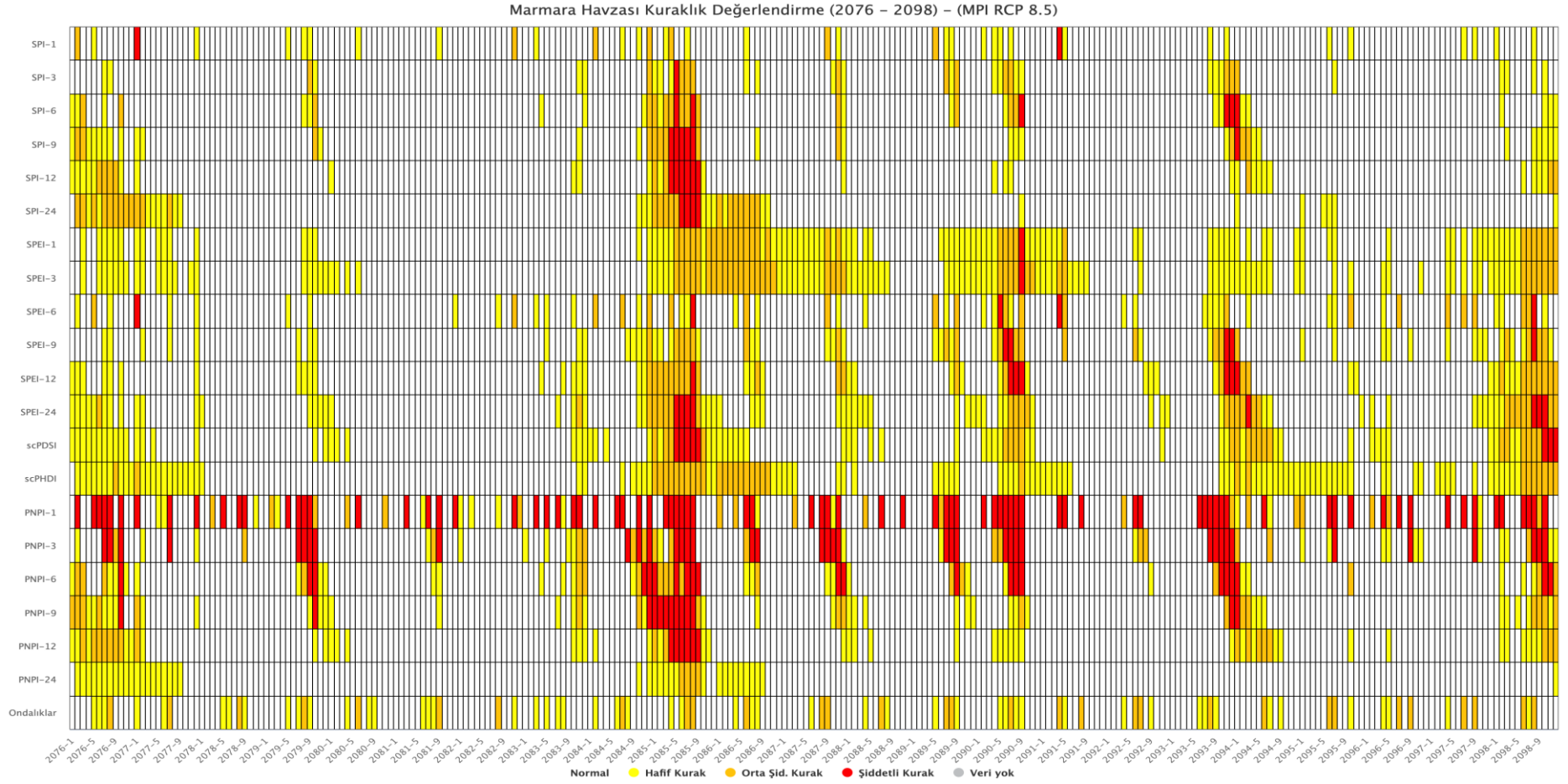
Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Etki (SPI-3)	Etki (PNPI-6)	Etki (SPEI-9)	Etki (SPI-12)	Etki (scPDSI)
05/2021	02/2022	0,23	0,33	0,04	0,32	0,07
03/2030	08/2030	0,11	0,23	0,02	0,02	0,01
06/2031	09/2032	0,49	0,54	0,14	0,5	0,07
06/2039	11/2039	0,01	0,30	0,13	0,12	0,09
03/2045	10/2045	0,34	0,25	0,15	0,29	0,04
05/2049	10/2049	0,16	0,21	0,03	0,06	0,06
02/2050	10/2050	0,40	0,29	0,14	0,24	0,13
04/2052	09/2052	0,05	0,26	0,04	0,10	0,03
02/2054	10/2054	0,22	0,33	0,08	0,07	0,12
04/2055	09/2055	0,16	0,20	0,10	0,12	0,10
08/2062	08/2063	0,18	0,47	0,24	0,35	0,06
04/2069	09/2069	0,23	0,22	0,01	0,00	0,07
05/2071	08/2072	0,35	0,57	0,23	0,37	0,21
06/2075	10/2076	0,64	0,53	0,44	0,74	0,33
05/2079	01/2080	0,32	0,28	0,17	0,14	0,18
06/2084	01/2086	0,85	0,62	0,62	0,97	0,54
04/2086	09/2086	0,16	0,21	0,11	0,03	0,21
06/2087	08/2088	0,16	0,55	0,23	0,19	0,36
07/2089	11/2090	0,68	0,56	0,45	0,38	0,52
06/2093	09/2094	0,50	0,56	0,42	0,45	0,36
07/2097	12/2099	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



Şekil 4.34 Havza Geneli 2025-2050 Yılları Arası Aylık Bazda Kuraklık Değerlendirme Tablosu



Şekil 4.35 Havza Geneli 2051-2075 Yılları Arası Aylık Bazda Kuraklık Değerlendirme Tablosu



Şekil 4.36 Havza Geneli 2076-2098 Yılları Arası Aylık Bazda Kuraklık Değerlendirme Tablosu

4.7. Kuraklık Şiddet Haritaları

1. Ara Rapor'da belirtildiği üzere kuraklığın gelişim sürecini 3 farklı kısımda inceleyebiliriz. Bu sebeple kuraklık şiddet haritalarını da benzer bir format ile oluşturmanın uygun olacağı öngörülmüştür. Bu kısımda öncelikle “Meteorolojik” kuraklık incelenecektir. Daha sonra ise “Tarımsal” ve “Hidrolojik” kuraklıklar göz önüne alınacaktır. Her kısmı farklı indisler ile önceki kısımda bulunan kurak dönemlerden en şiddetli 2 tanesi rapor kapsamında incelenecektir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Havzadaki 2021 ile 2100 Yılları Arasında Görülen En Kurak 2 Dönem Listesi

Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Toplam Süre (Ay)	Toplam Şiddet (SPI-3)	Toplam Şiddet (SPEI-9)	Toplam Şiddet (SPI-12)	Toplam Şiddet (scPDSI)
07/2097	12/2099	30	-16,90	2.367,13	-44,51	-28,06
06/2084	01/2086	20	-14,44	1.476,41	-27,56	-27,25

Bu kısımda 3 farklı kuraklık tipi için yapılacak olan incelemelerde tercih edilen indis ve periyotlar Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından da önerilen ve 1. Ara Rapor kapsamında geçmiş dönemde havzayı en iyi temsil eden indislerden SPI-12 ve scPDSI'a ek olarak SPI-3 ve SPI-9 indisleri de seçilmiştir.

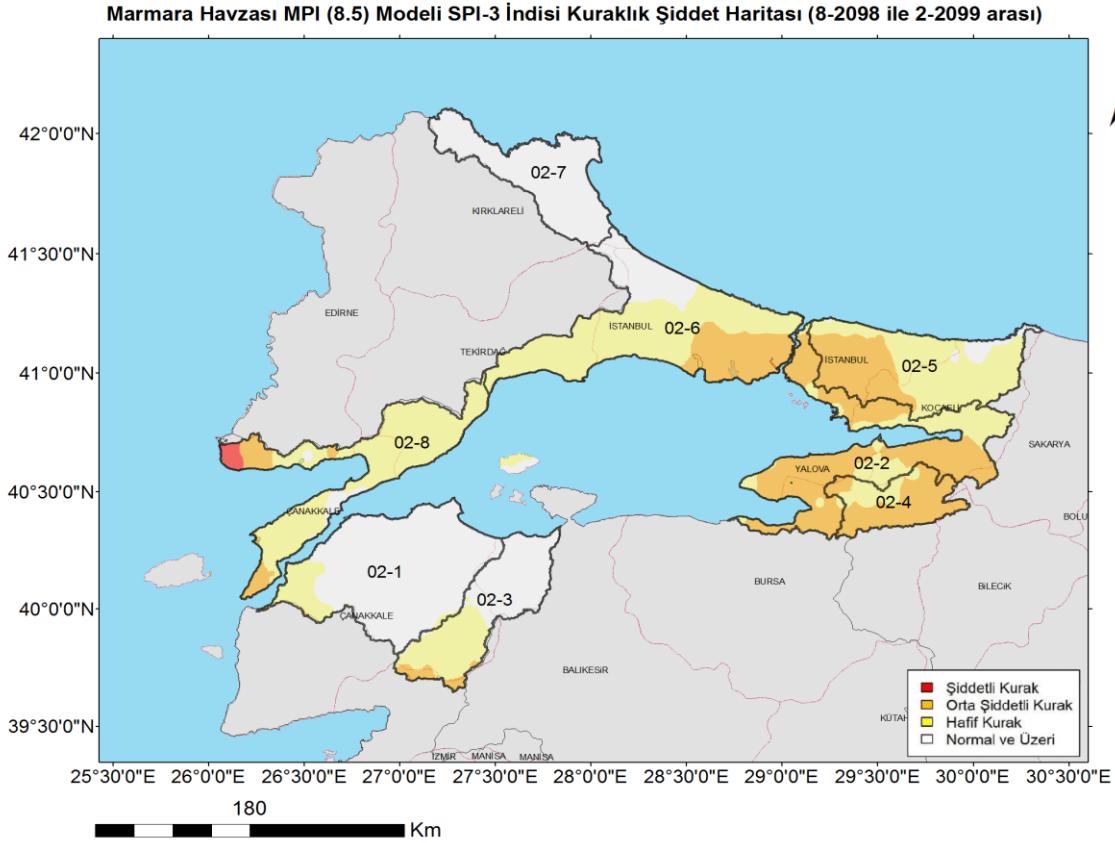
4.7.1. Meteorolojik Kuraklık Şiddet Haritaları (SPI-3)

4.7.1.1. 07/2097 ile 12/2099 Arası Kurak Dönem

07/2097 ile 12/2099 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin MPI RCP 8.5 ile hesaplanan SPI 3 aylık indisine göre en kurak ayları olan 08/2098 ile 02/2099 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda (Şekil 4.37) verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın önemli bir kısmında (%65,56) hissedilmiştir. Özellikle Körfez, İznik Gölü ve Kuzey Çanakkale alt havzalarında orta şiddetli kuraklık baskın olarak görülmüştür. Diğer alt havzalarda genel olarak hafif kuraklık görülmekle birlikte normal durumlara da rastlanılmıştır. Kuraklığın havza genelindeki

dağılımına bakılınca %40,04'lük bir oranda hafif kurak, %25,07 oranında orta şiddetli kurak ve %0,45 oranında şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 3 aylık indisinin ortalama değeri ise hafif kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı -1,07 olarak hesaplanmıştır.



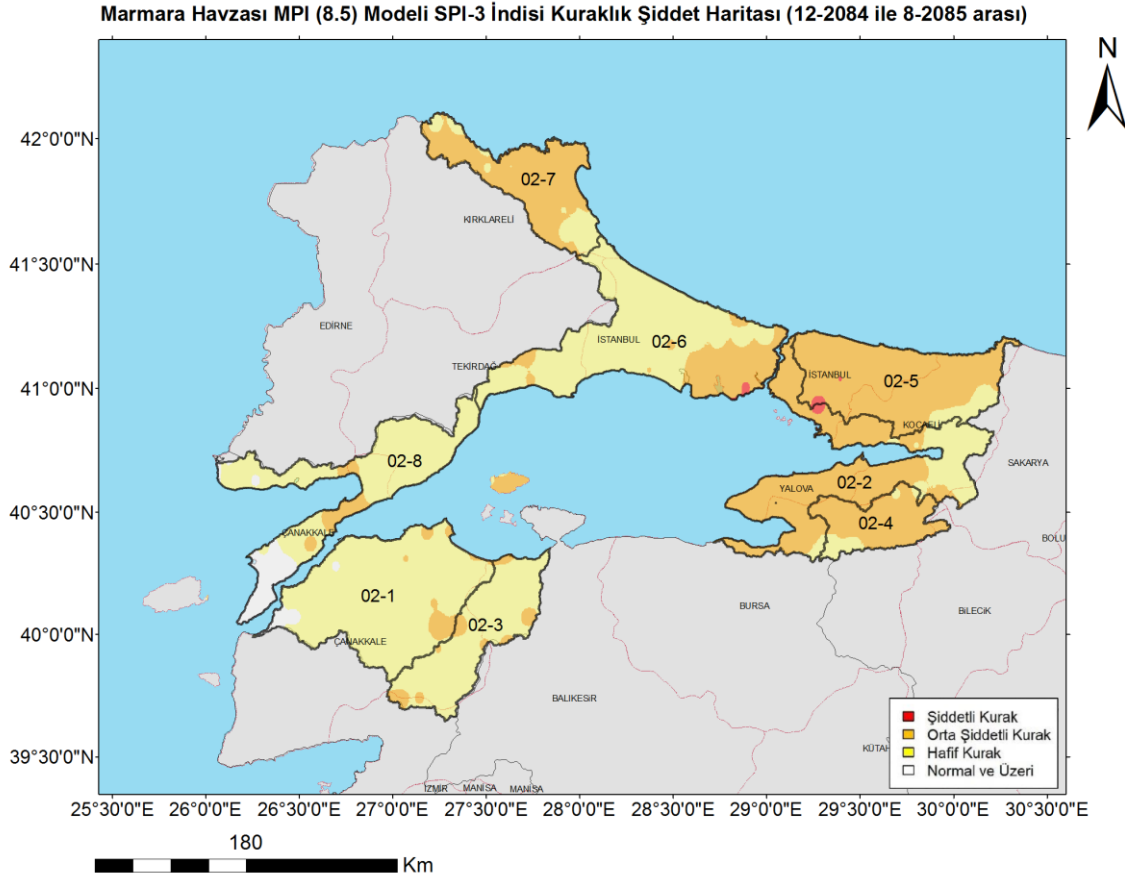
Şekil 4.37 SPI-3 ile Hesaplanan 08/2098 ve 02/2099 Arası Kuraklık Dağılım Haritası

4.7.1.2. 06/2084 ile 01/2086 Arası Kurak Dönem

06/2084 ile 01/2086 tarihleri arasında yaşanan ve ikinci en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin MPI RCP 8.5 ile hesaplanan SPI 3 aylık indisine göre en kurak ayları olan 12/2084 ile 08/2085 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda (Şekil 4.38) verilmektedir.

Haritadan görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın neredeyse tamamında (%97,5) hissedilmiştir. Özellikle havzanın orta ve kuzey-batı kesimlerinde orta şiddetli kuraklık yoğun olarak görülmüştür. Havzanın kuzey ve doğu kesimlerinde orta şiddetli kuraklık baskın olarak görülmekle birlikte normal durum da görülmektedir. Havza genelinde şiddetli kuraklığa

yok denecek kadar az rastlanılmaktadır. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %54,7'lik bir oranda hafif kurak, %42,52 oranında orta şiddetli kurak ve %0,28 oranında da şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 3 aylık indisinin ortalama değeri ise hafif ve orta şiddetli kurak olma durumlarının baskın olmasından dolayı -1,47 olarak hesaplanmıştır.



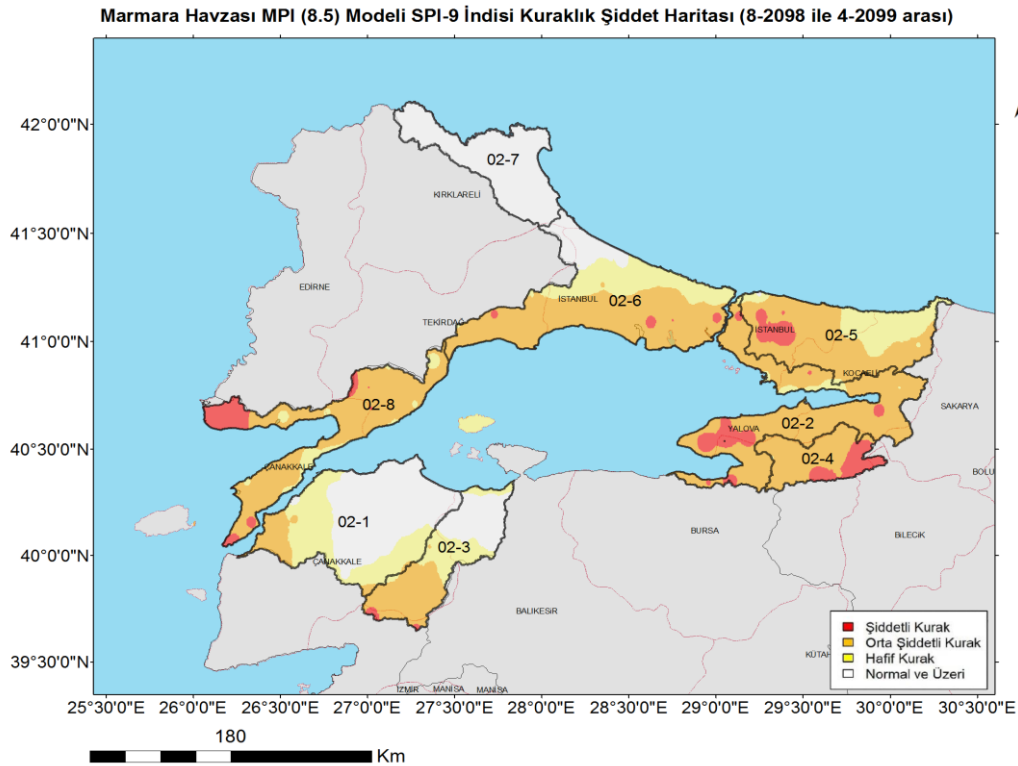
Şekil 4.38 SPI-3 ile Hesaplanan 12/2084 ve 08/2085 Arası Kuraklık Dağılım Haritası

4.7.2. Tarımsal Kuraklık Şiddet Haritaları (SPI-9)

4.7.2.1. 07/2097 ile 12/2099 Arası Kurak Dönem

07/2097 ile 12/2099 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin MPI RCP 8.5 ile hesaplanan SPI 9 aylık indisine göre en kurak ayları olan 08/2098 ile 04/2099 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda (Şekil 4.39) verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın büyük bir kısmında (%75,67) hissedilmiştir. Bu dönemde havzanın doğu kesimlerinde yer alan İznik Gölü, Körfez ve Ağva Deresi alt havzaları baskın olarak orta şiddetli ve şiddetli kuraklık durumlarına maruz kalmışlardır. Aynı dönemde Kuzey Kırklareli Alt Havzası'nda herhangi bir kuraklık durumu görülmemiştir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %18,61'lik bir oranda hafif kurak, %51,20 oranında orta şiddetli kurak ve %5,86 oranında da şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 9 aylık indisinin ortalama değeri ise orta şiddetli kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -1,37 olarak hesaplanmıştır.

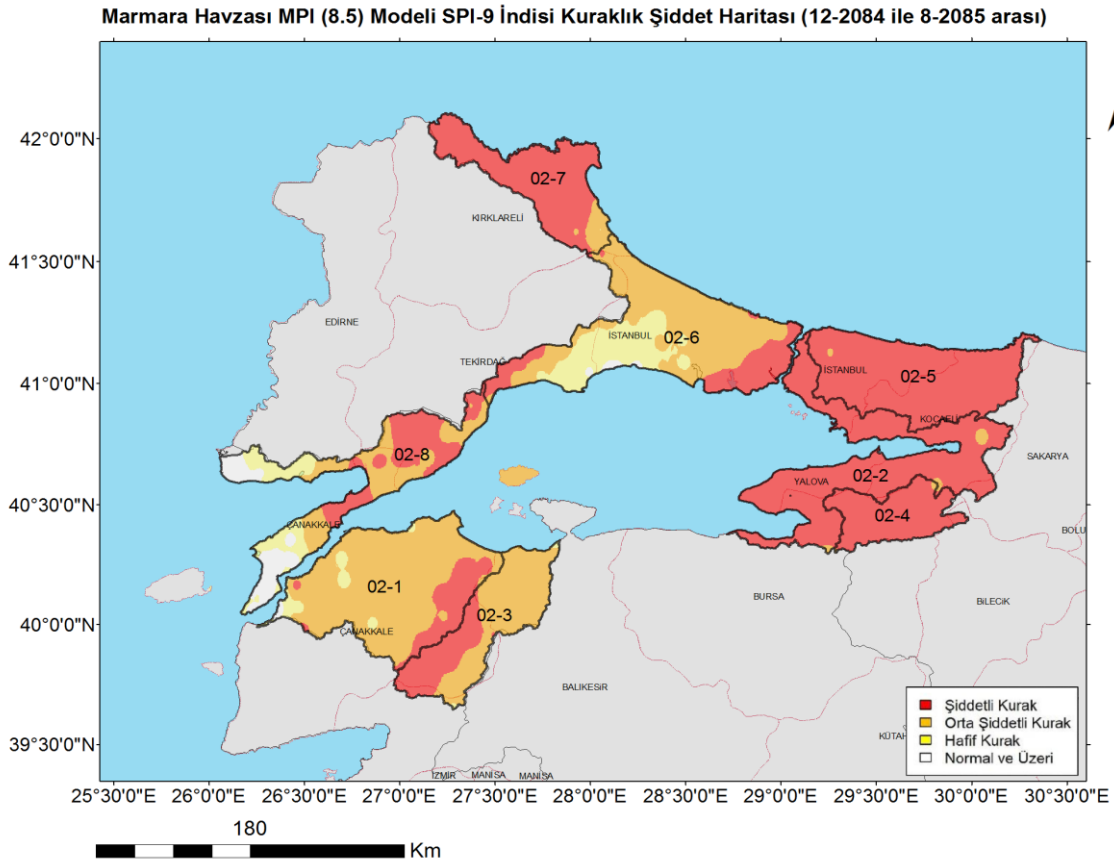


Şekil 4.39 SPI-9 ile Hesaplanan 08/2098 ve 04/2099 Arası Kuraklık Dağılım Haritası

4.7.2.2. 06/2084 ile 01/2086 Arası Kurak Dönem

06/2084 ile 01/2086 tarihleri arasında yaşanan ve ikinci en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin MPI RCP 8.5 ile hesaplanan SPI 9 aylık indisine göre en kurak ayları olan 12/2084 ile 08/2085 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda (Şekil 4.40) verilmektedir.

Haritadan görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın neredeyse tamamında (%87,57) hissedilmiştir. Bu dönemde havzanın doğu ve kuzey-batı kesimlerinde genel olarak şiddetli kuraklık görülmektedir. Özellikle Ağva Deresi, İznik Gölü, Körfez ve Kuzey Kırklareli alt havzalarında kuraklık etkin olmuştur. Kuraklığın en az etkilediği alt havzalar ise Batı İstanbul ve Biga Çayı alt havzaları olmuştur. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %7,52 oranında hafif kurak, %36,09 oranında orta şiddetli kurak ve %53,95 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 9 aylık indisinin ortalama değeri ise şiddetli kurak olma durumunun yüksek olmasından dolayı -2,06 olarak hesaplanmıştır.



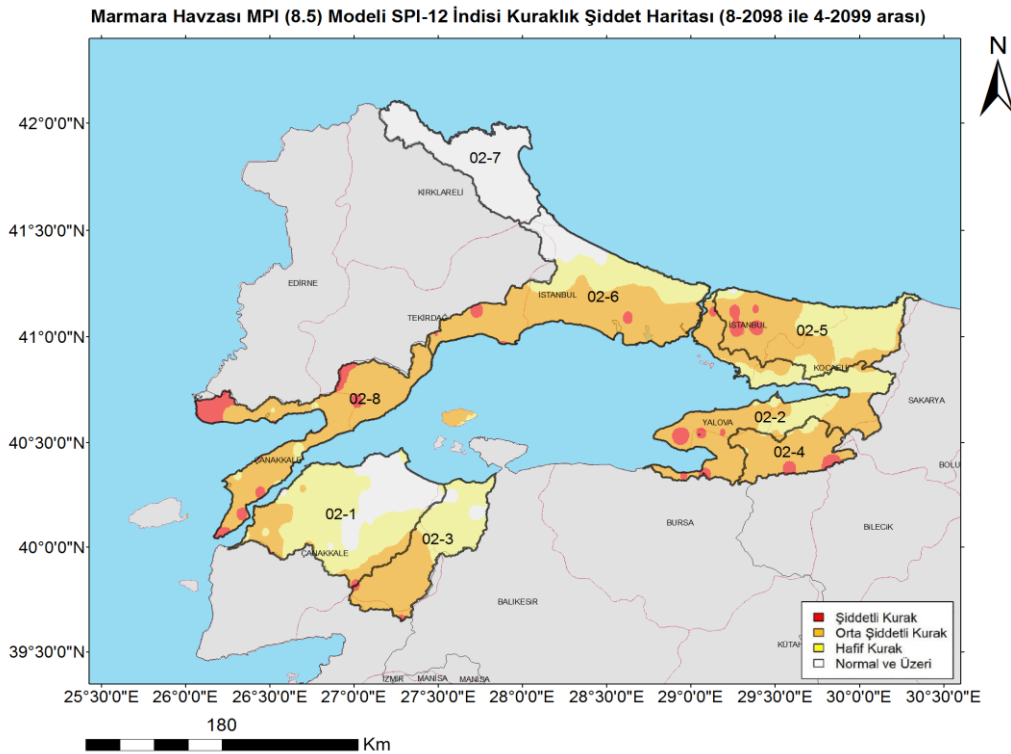
Şekil 4.40 SPI-9 ile Hesaplanan 12/2084 ve 08/2085 Arası Kuraklık Dağılım Haritası

4.7.3. Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları (SPI-12)

4.7.3.1. 07/2097 ile 12/2099 Arası Kurak Dönem

07/2097 ile 12/2099 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin MPI RCP 8.5 ile hesaplanan SPI 12 aylık indisine göre en kurak ayları olan 08/2098 ile 04/2099 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda (Şekil 4.41) verilmektedir.

Haritadan görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın büyük bir kısmında (%83,23) hissedilmiştir. Bu dönemde Kuzey Çanakkale, İznik Gölü ve Körfez alt havzalarında orta şiddetli kuraklık durumu baskın olarak görülmektedir. Kuzey Kırklareli ve Biga Çayı alt havzaları bu dönemde kuraklıktan en az etkilenen alt havzalar olarak görülmektedir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %29,50'lik bir oranda hafif kurak, %49,88 oranında orta şiddetli kurak ve %3,84 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 12 aylık indisinin ortalama değeri ise orta şiddetli kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -1,42 olarak hesaplanmıştır.

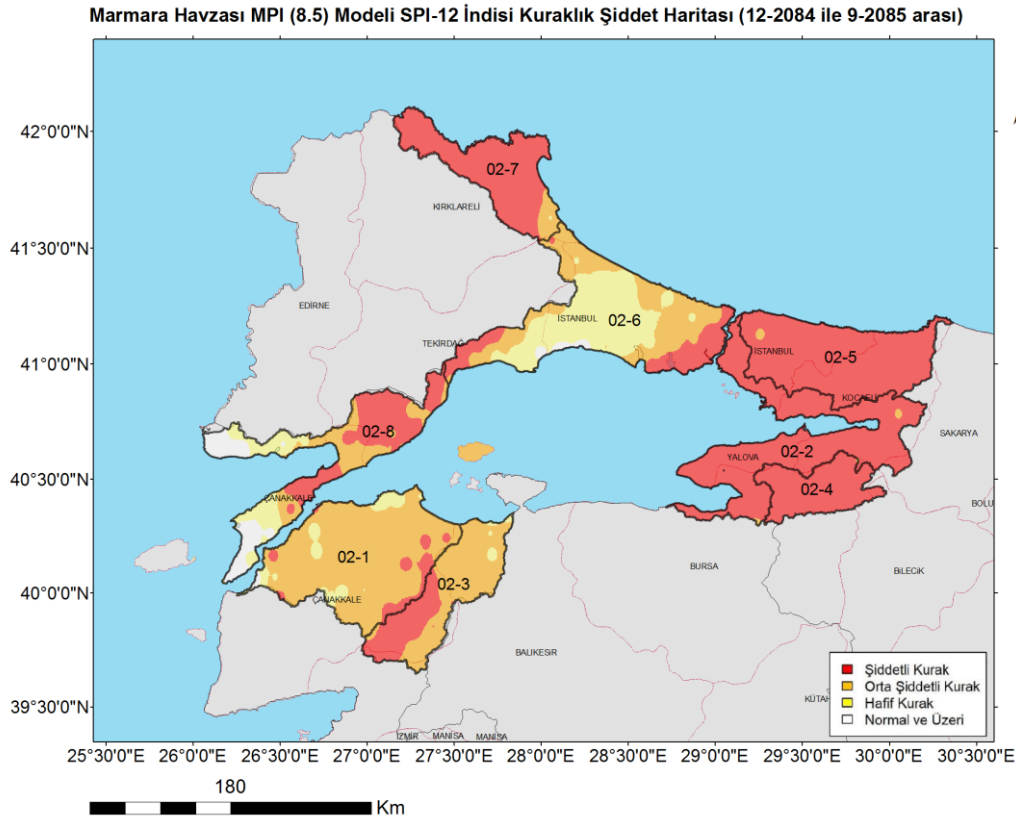


Şekil 4.41 SPI-12 ile Hesaplanan 08/2098 ve 04/2099 Arası Kuraklık Dağılım Haritası

4.7.3.2. 06/2084 ile 01/2086 Arası Kurak Dönem

06/2084 ile 01/2086 tarihleri arasında yaşanan ve ikinci en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin MPI RCP 8.5 ile hesaplanan SPI 12 aylık indisine göre en kurak ayları olan 12/2084 ile 09/2085 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda (Şekil 4.42) verilmektedir.

Haritadan görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın neredeyse tamamında (%87,35) hissedilmiştir. Bu dönemde havzanın orta ve kuzey-batı kesimlerinde yer yer şiddetli olmak üzere genel olarak şiddetli kuraklık görülmektedir. Özellikle İznik Gölü, Körfez ve Ağva Deresi alt havzalarının büyük bir kısmında şiddetli kuraklık etkin olmuştur. Kuraklığın en az etkilediği alt havza ise Batı İstanbul alt havzası olmuştur. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %12,29'luk bir oranda hafif kurak, %32,02 oranında orta şiddetli kurak ve %53,04 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. SPI 12 aylık indisin ortalama değeri ise şiddetli kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -2,04 olarak hesaplanmıştır.



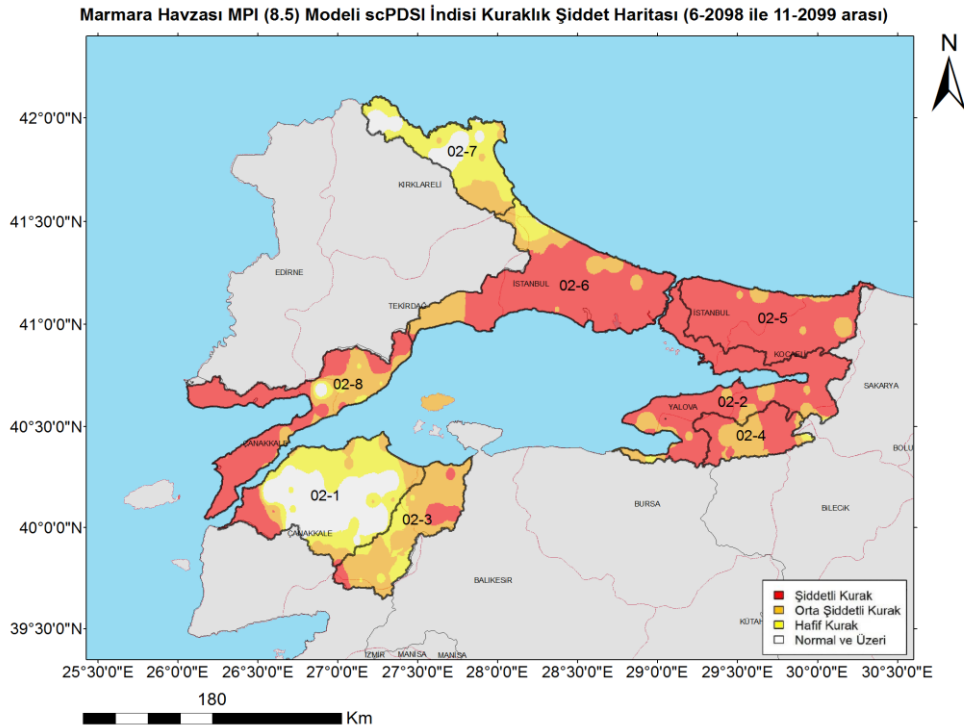
Şekil 4.42 SPI-12 ile Hesaplanan 12/2084 ve 09/2085 Arası Kuraklık Dağılım Haritası

4.7.4. Hidrolojik Kuraklık Şiddet Haritaları (scPDSI)

4.7.4.1. 07/2097 ile 12/2099 Arası Kurak Dönem

07/2097 ile 12/2099 tarihleri arasında yaşanan ve en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin MPI RCP 8.5 ile hesaplanan scPDSI indisine göre en kurak ayları olan 06/2098 ile 11/2099 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda (Şekil 4.43) verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın büyük bir kısmında (%90,05) hissedilmiştir. Bu dönemde Kuzey Kırklareli ve Biga Çayı alt havzaları hariç tüm havzalar baskın olarak şiddetli kuraklığa maruz kalmışlardır. Bahsi geçen alt havzalarda ise hafif kuraklık baskın olarak görülmektedir. Havzanın genel olarak doğu, güney-batı ve orta kesimleri daha yoğun kuraklığa maruz kalmıştır. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %14,73'lük bir oranda hafif kurak, %22,51 oranında orta şiddetli kurak ve %52,82 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. Yapılan değerlendirmede, scPDSI indisin ortalama değeri ise şiddetli kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -3,69 olarak hesaplanmıştır.

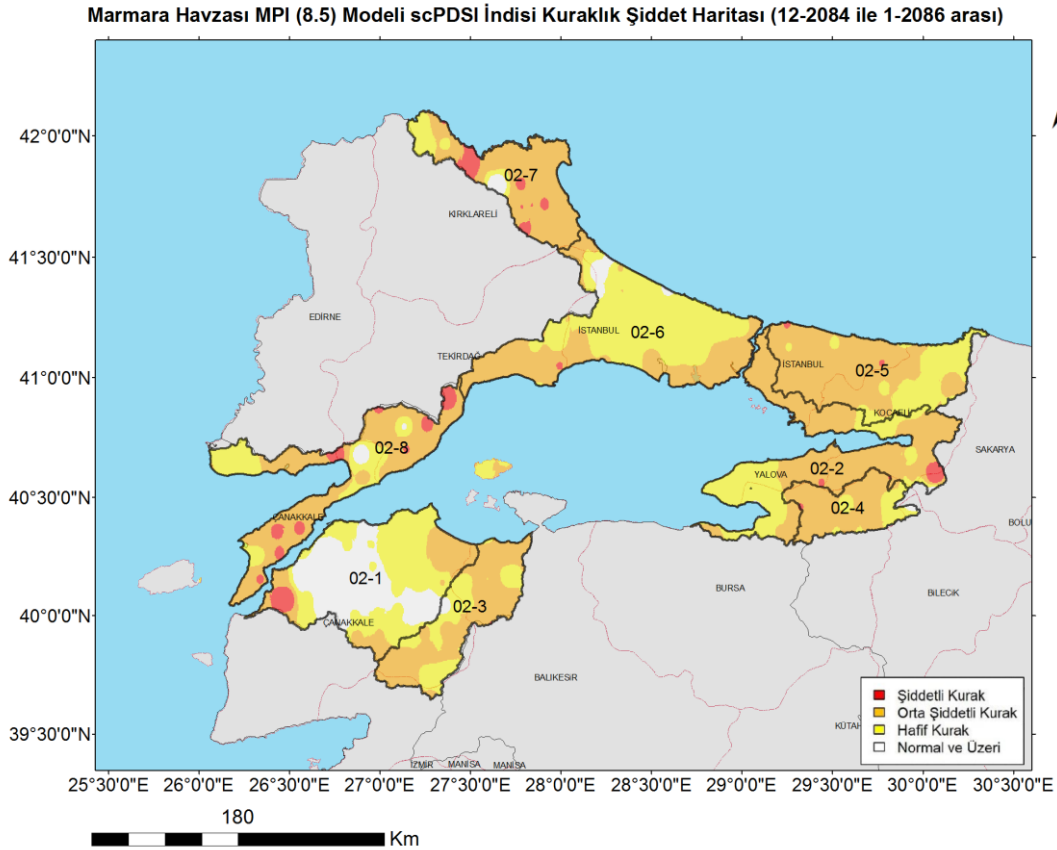


Şekil 4.43 scPDSI ile Hesaplanan 06/2098 ve 11/2099 Arası Kuraklık Dağılım Haritası

4.7.4.2. 06/2084 ile 01/2086 Arası Kurak Dönem

06/2084 ile 01/2086 tarihleri arasında yaşanan ve ikinci en kurak dönem olarak rapor kapsamında incelenen bu dönemin MPI RCP 8.5 ile hesaplanan scPDSI indisine göre en kurak ayları olan 12/2084 ile 01/2086 arasında hesaplanan ortalama değer haritası aşağıda (Şekil 4.44) verilmektedir.

Haritadan da görüleceği üzere bu dönemdeki kuraklığın etkisi havzanın büyük bir kısmında (%91,45) hissedilmiştir. Özellikle İznik Gölü, Kuzey Kırklareli, Körfez ve Ağva Deresi alt havzalarının büyük bir kısmı orta şiddetli kuraklık etkisindedir. Diğer alt havzalarda ise genel olarak hafif ve orta şiddetli kuraklık birlikte görülmektedir. Sadece Biga ve Batı İstanbul alt havzalarında kısmen normal durum tespit edilmiştir. Kuraklığın havza genelindeki dağılımına bakılınca %34,33'lük bir oranda hafif kurak, %54,32 oranında orta şiddetli kurak ve %2,80 oranında ise şiddetli kurak olma durumu görülmektedir. scPDSI indisinin ortalama değeri ise orta şiddetli kurak olma durumunun baskın olmasından dolayı -2,97 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.44 scPDSI ile Hesaplanan 12/2084 ve 01/2086 Arası Kuraklık Dağılım Haritası

4.8. Kuraklık Risk Haritaları

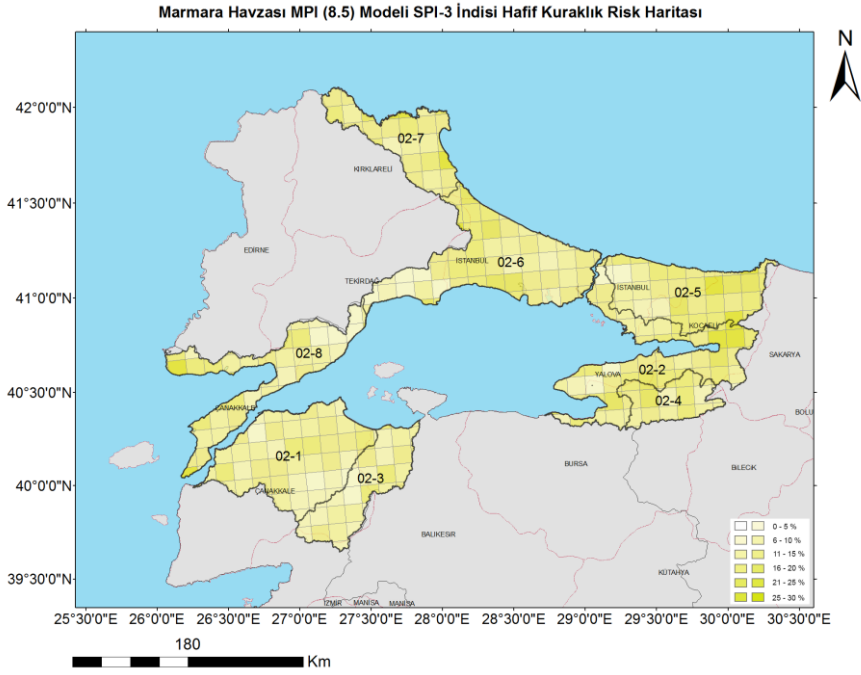
Daha önceki bölümlerde “Kuraklık Risk Analizleri” alt havza bazında yapılarak tablosal ve grafiksel olarak verilmiştir. Bu hesaplamaları havza bazında mekânsal olarak görmek için ise bu verilere dayanılarak grid bazında gösterim tercih edilmiştir. Daha önceki bölümde olduğu gibi bu bölümde de en kötü senaryo olan MPI RCP 8.5 senaryosu kapsamında hesaplanan SPI-3, SPI-9, SPI-12 ve Palmer (scPDSI) indislerinin risk haritaları bu kısımda gösterilecektir. Haritalar “Hafif Kurak”, “Orta Şiddetli Kurak”, “Şiddetli Kurak” ve “Hepsinin Toplamı” olacak şekilde hazırlanarak sunulmuştur (Şekil 4.45-Şekil 4.60).

Hazırlanan her harita kendi içinde bir rengin tonlarında değerlendirilmiştir. Her harita kendi içerisinde ayrımı kolaylaştırmak için kendi skalasını oluşturmaktadır. Tek bir skalanın kullanılması halinde değişimin az olduğu dönem ya da indislerde riskli alanların renkleri birbirine yakın olacağından ayırım yapılması da zor olacağı için her bir risk tipi için tek bir renk skalasının harita bazında yeniden hesaplanması tercih edilmiştir. Böylelikle her haritanın kendi içerisinde okunabilirliği artırılmıştır.

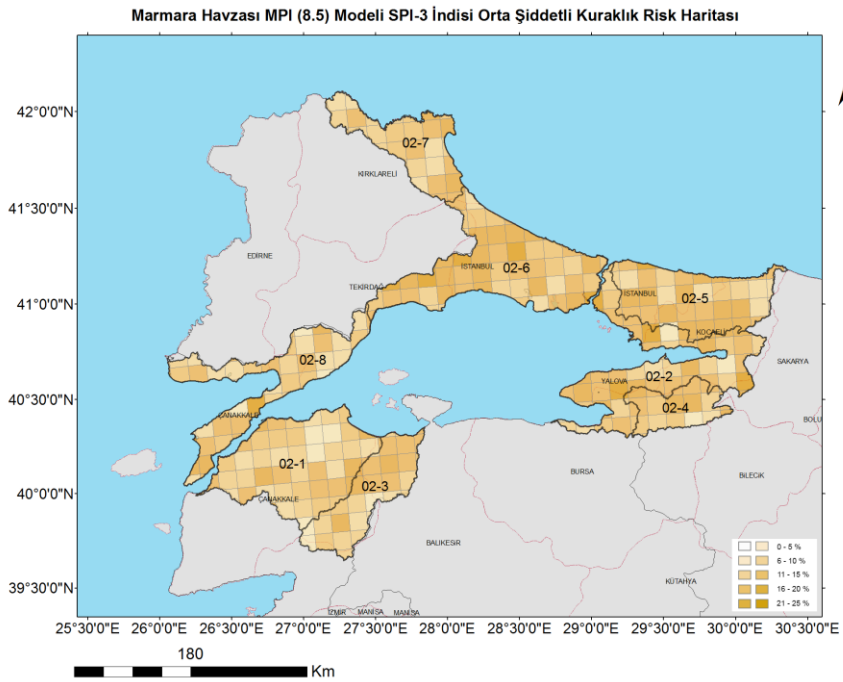
Renk tonu açık olan kısımlar hesaplanan indise göre kuraklık riskinin az olduğu, renk tonu koyu olan alanlar ise kuraklık riskinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir.

Haritalar üzerinde yapılan değerlendirmede, daha önceden belirtilen kuraklık risk analizlerinde alt havza bazındaki değerlendirmeler ile birebir olarak örtüştüğü teyit edilmiştir. Bu sebeple haritalara ayrıca bir değerlendirme yapılması gereksinimi olmadığı düşünülmektedir. Örneğin, Şekil 4.56’da gösterilen SPI-12 için hesaplanan tüm kuraklık olasılıkları haritası ile Şekil 4.32 gösterilen alt havza bazındaki bar grafik eşleşmektedir. Bar grafikte en yoğun kuraklık riskinin Gönen Çayı ve Biga Çayı alt havzalarında, en az kuraklık riskinin ise Kuzey Kırklareli Alt Havzası olduğu rakamlar ile görülmektedir. Haritaya bakıldığında ise en koyu ton renkli alanların Gönen Çayı ve Biga Çayı alt havzalarında, en açık ton renkli alanların ise Kuzey Kırklareli Alt Havzası’nda olduğu görülecektir.

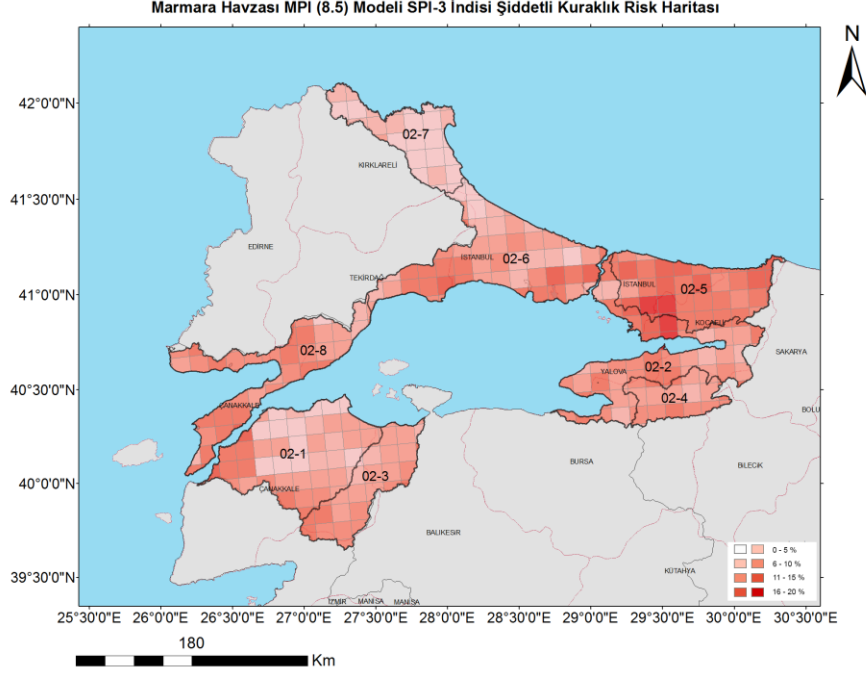
4.8.1. SPI 3 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



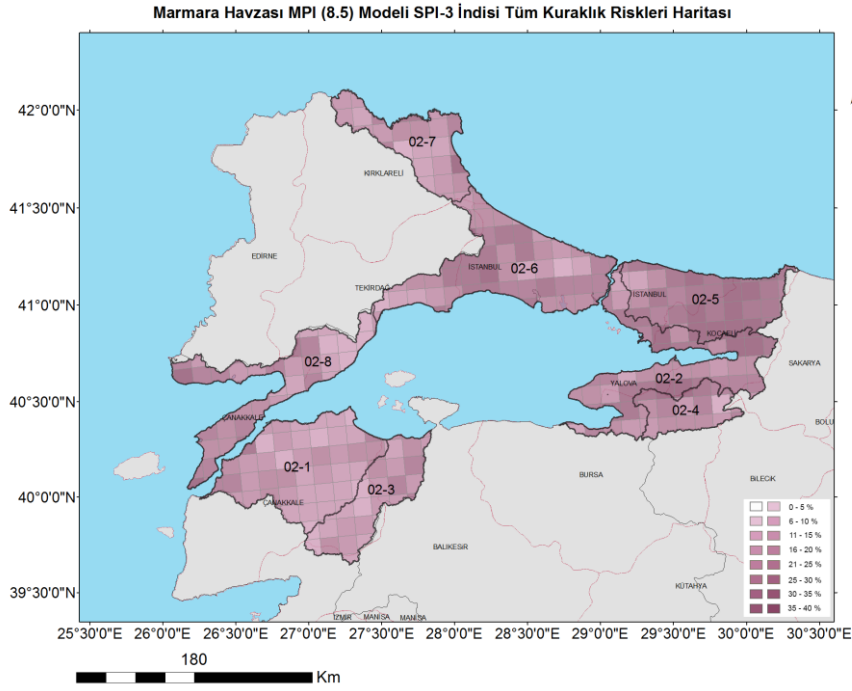
Şekil 4.45 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 4.46 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

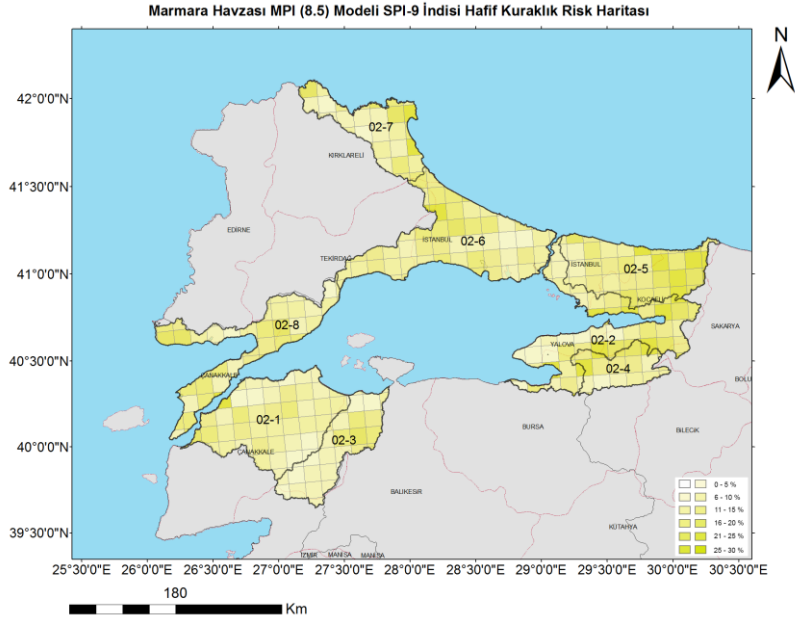


Şekil 4.47 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

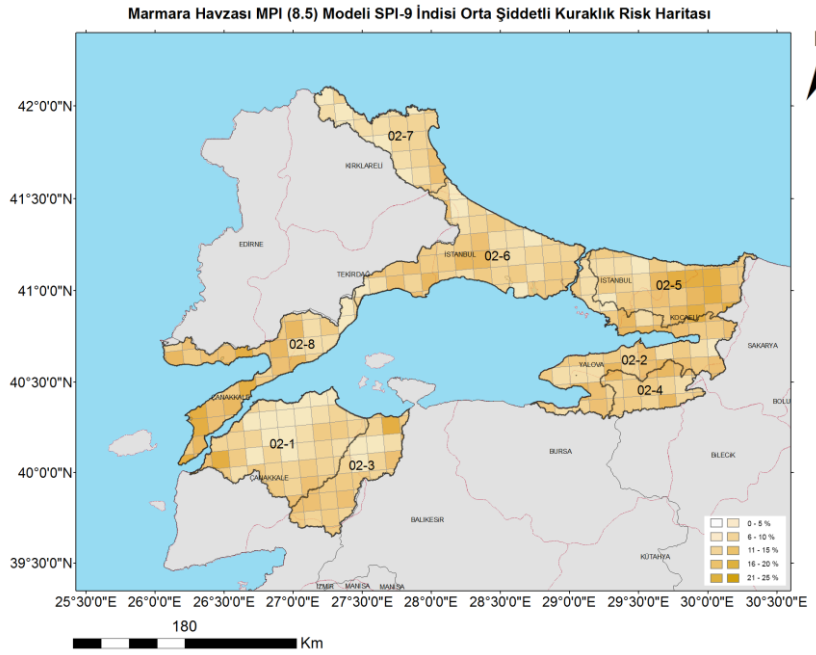


Şekil 4.48 SPI 3 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

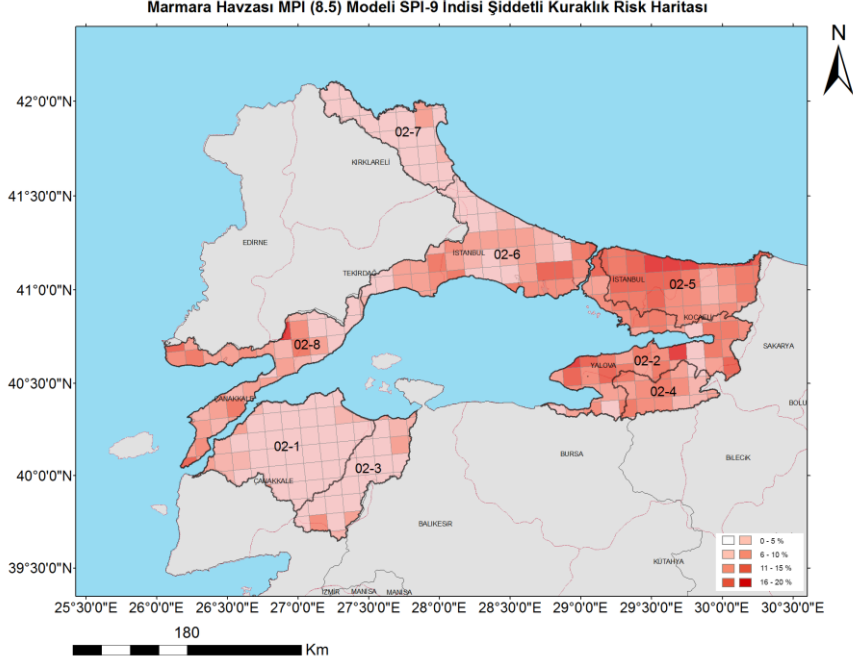
4.8.2. SPI 9 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



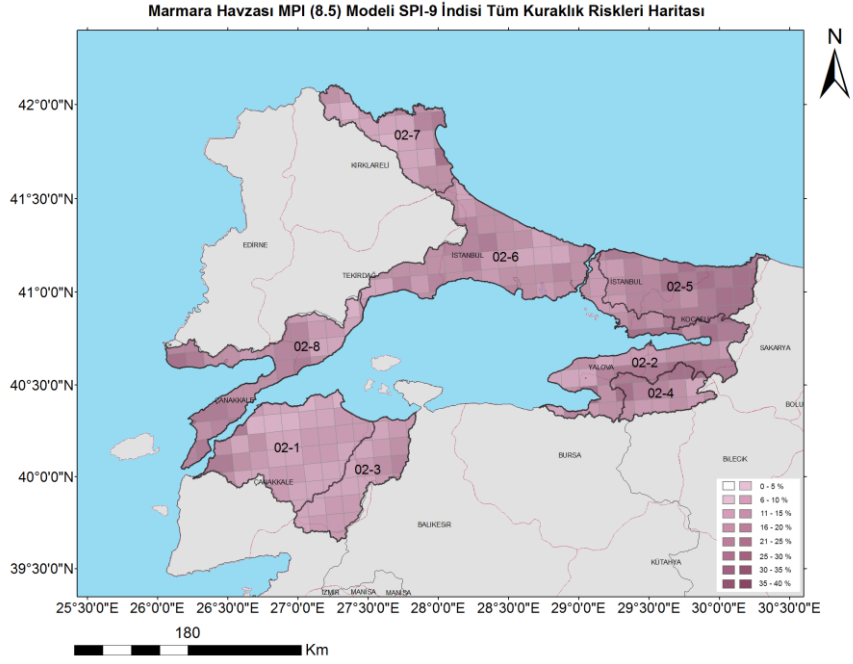
Şekil 4.49 SPI 9 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 4.50 SPI 9 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

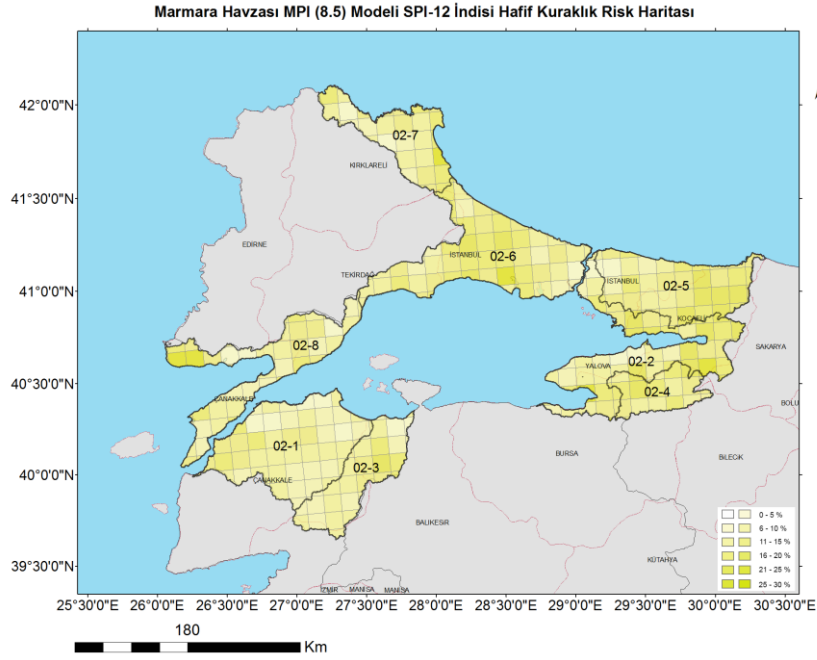


Şekil 4.51 SPI 9 Aylık ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası

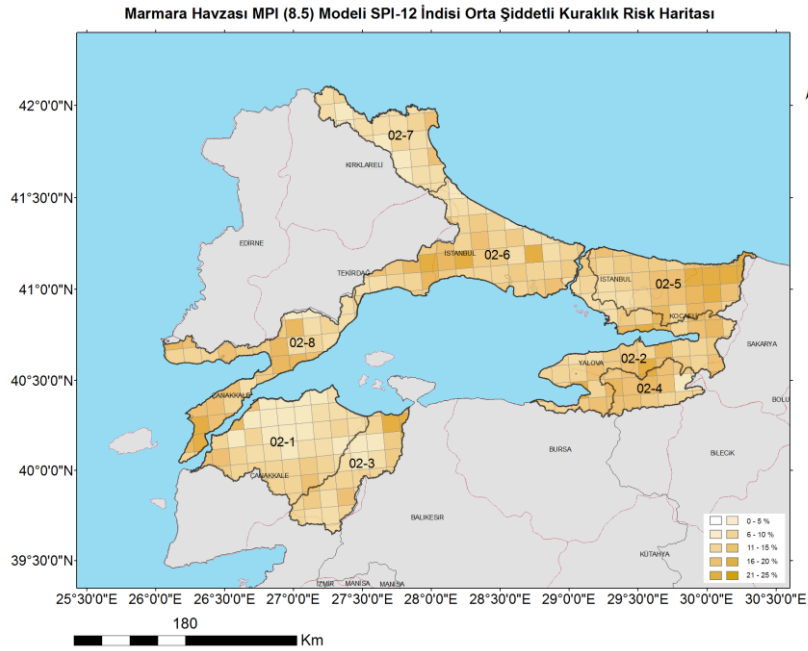


Şekil 4.52 SPI 9 Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

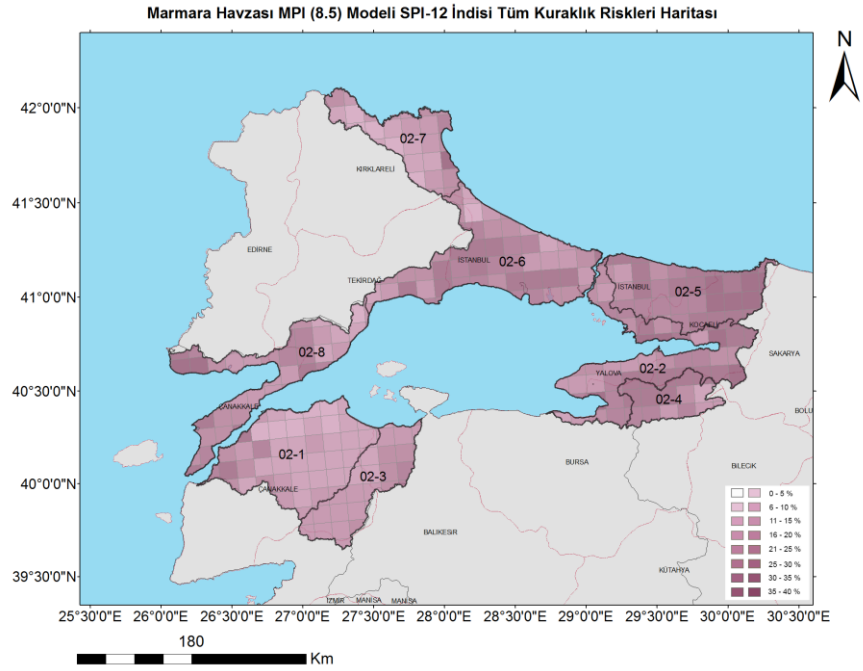
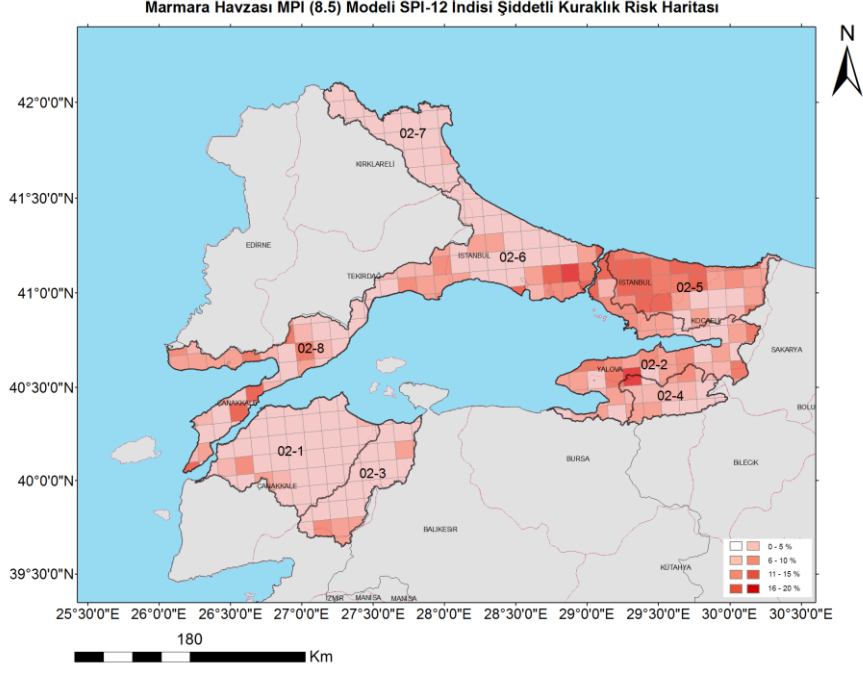
4.8.3. SPI 12 Aylık Kuraklık Risk Haritaları



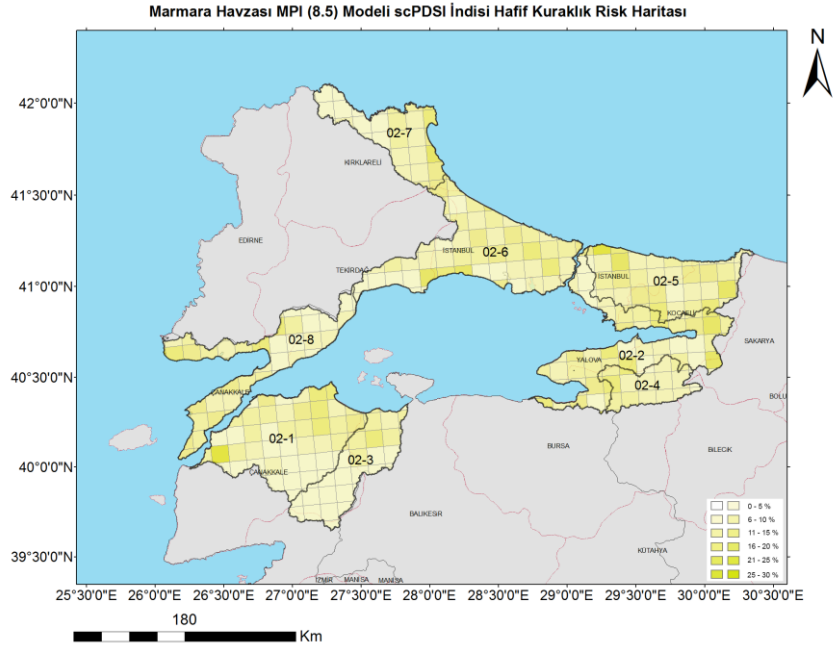
Şekil 4.53 SPI 12 Aylık ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



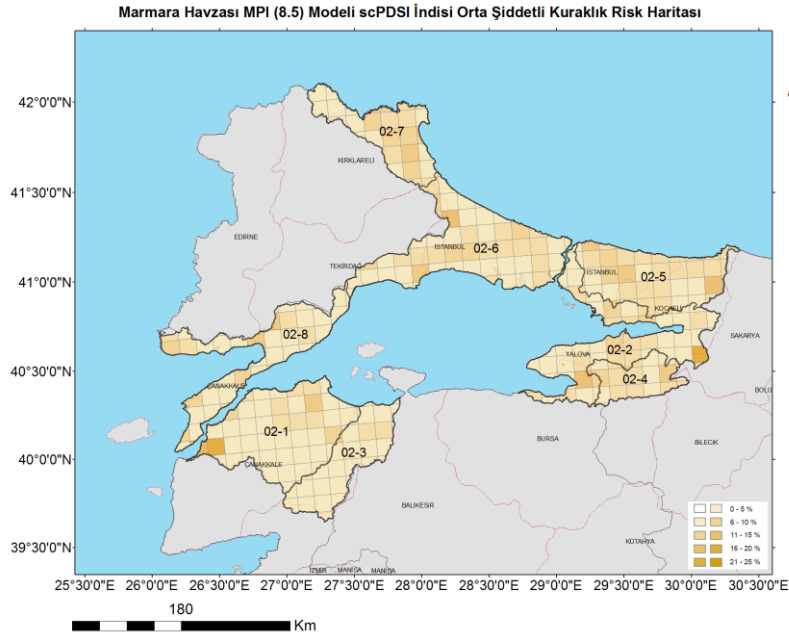
Şekil 4.54 SPI 12 Aylık ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası



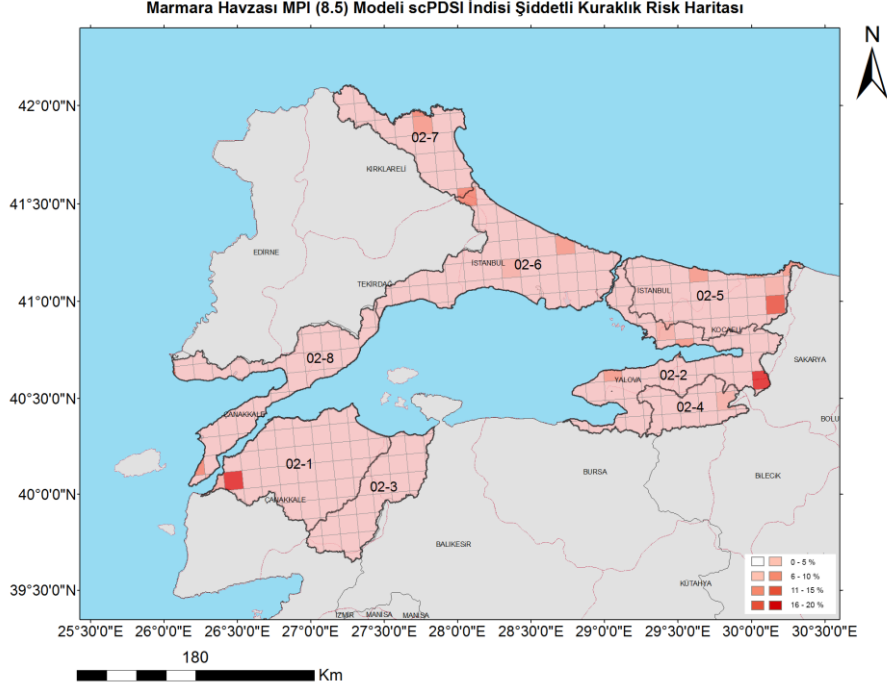
4.8.4. scPDSI Kuraklık Risk Haritaları



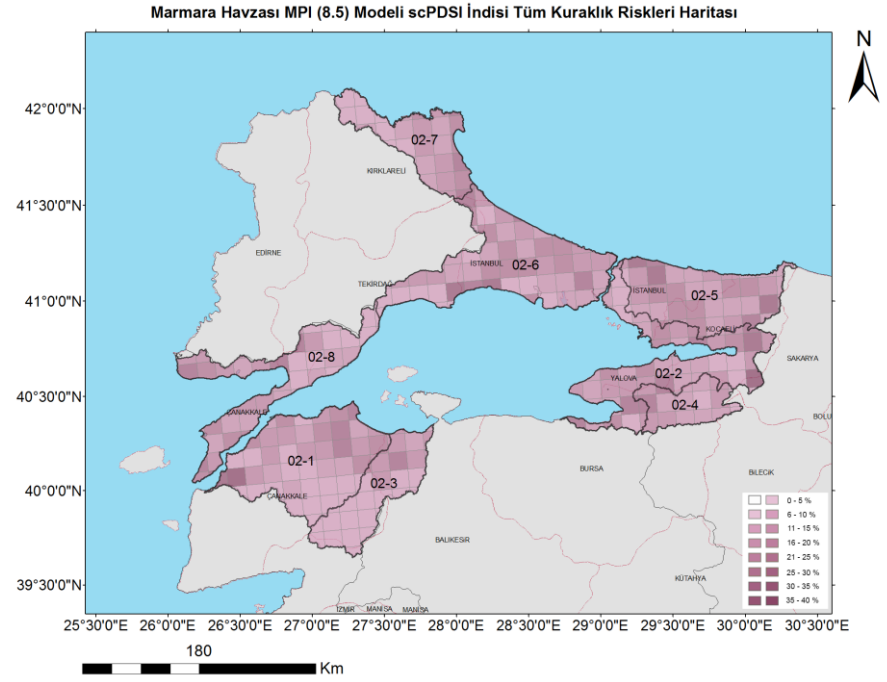
Şekil 4.57 scPDSI ile Hesaplanan Hafif Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 4.58 scPDSI ile Hesaplanan Orta Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 4.59 scPDSI ile Hesaplanan Şiddetli Kurak Olma Olasılık Haritası



Şekil 4.60 scPDSI Aylık ile Hesaplanan Tüm Kurak Olma Olasılıkları Haritası

4.9. Maruziyet İndeksi Hesapları

Daha önceki bölümlerde kuraklık ile ilgili şiddet ve risk hesaplamaları yapılarak kurak dönemler bulunmuştur. Bunlar ışığında da kurak dönemlere ait ortalama şiddet haritaları çıkartılmıştır. Fakat tüm bu yapılan çalışmalar ile kuraklığın havza içerisinde etkilediği alt havzalar ve bu alt havzaların kurak dönemlerden nasıl etkilendiği konusunda bir bilgi edinilememiştir. Bu sebeple alt havza bazında yapılan indis hesapları kullanılarak en kötü senaryo olan MPI RCP 8.5 senaryosu için bir maruziyet indeksi hesaplanması yapılmıştır.

Maruziyet indeksi için öncelikle farklı indisler seçilerek kuraklığın farklı senaryolarını temsil etmesi sağlanmıştır. Bu kapsamda SPI-3, SPEI-9, SPI-12 ve PNPI-9 indisleri seçilmiştir. Bu indislerin alt havza bazında hesaplanan değerlerinden tüm kurak olma durumları incelenmiş ve bu dönemlerdeki toplam sayıları ile toplam indis değerleri hesaplanmıştır. Örneğin, Biga Çayı Alt Havzası için 2021-2100 (948 ay) yılları arasındaki SPI-3 için tüm kurak aylar bulunmuş ve toplam kurak ay sayısı 123 olarak hesaplanmıştır. Bu aylardaki SPI-3 için toplam indis değerleri de -191,90 olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama tüm alt havzalar için seçilen indisler kapsamında yapılarak Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da verilmektedir.

Tablo 4.9 Alt Havzalarda Kurak Geçen Ay Sayıları (MPI RCP 8.5 Senaryosu)

Alt Havza Adı	Kurak Geçen Ay Sayısı			
	SPI-3	SPEI-9	SPI-12	PNPI-9
Biga Çayı Alt Havzası	123	151	133	194
Körfez Alt Havzası	131	143	111	188
Gönen Çayı Alt Havzası	138	161	132	199
İznik Gölü Alt Havzası	144	160	135	212
Ağva Deresi Alt Havzası	133	137	113	180
Batı İstanbul Alt Havzası	123	137	103	198
Kuzey Kırklareli Alt Havzası	128	129	104	215
Kuzey Çanakkale Alt Havzası	131	143	121	224

Tablo 4.9'daki sayıların farklı indislere ait olmasından dolayı birbiri ile karşılaştırılması mümkün olmamaktadır. Bu sebeple akademik çalışmalarda farklı verileri karşılaştırmak amacıyla sık kullanılan "normalleştirme" yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem ile belli bir indisteki minimum ve maksimum değerler bulunarak seçili alt havzadaki değerden minimum

değer çıkartılıp, maksimum ile minimum arasındaki değere bölünür. Böylelikle elimizdeki değerler 0 ile 1 arasına dağıtılarak normalize edilmiş olur.

Tablo 4.10 Alt Havzalarda Kurak Geçen Aylardaki İndis Toplamları (MPI RCP 8.5 Senaryosu)

Alt Havza	Kurak Geçen Aylardaki İndis Toplamı			
	SPI-3	SPEI-9	SPI-12	PNPI-9
Biga Çayı Alt Havzası	-191,9	-214,2	-193,43	14.552,02
Körfez Alt Havzası	-200,65	-207,16	-173,58	14.354,33
Gönen Çayı Alt Havzası	-214,11	-231,91	-205,57	15.027,88
İznik Gölü Alt Havzası	-224,68	-232,63	-215,45	15.719,82
Ağva Deresi Alt Havzası	-205,09	-198,94	-168,51	13.421,01
Batı İstanbul Alt Havzası	-184,05	-200,35	-153,48	13.837,09
Kuzey Kırklareli Alt Havzası	-196,2	-194,74	-177,19	14.345,13
Kuzey Çanakkale Alt Havzası	-199,0	-219,55	-192,78	15.618,67

Normalizasyon işlemi sonrası Tablo 4.11'deki sonuçlara erişilmektedir. Bu tabloda görülen normalize edilmiş değerlerin de tüm indislerin ortalaması alınarak tek bir değer haline getirmemiz durumunda ilgili alt havzanın maruziyet indeksi bulunmuş olur.

Tablo 4.11 Alt Havzalardaki Normalize Edilmiş İndis Toplamları ve Maruziyet İndeksi (MPI RCP 8.5 Senaryosu)

Alt Havza	Kurak Geçen Aylardaki İndis Toplamının Normalize Değeri				Maruziyet İndeksi
	SPI-3	SPEI-9	SPI-12	PNPI-9	
Biga Çayı Alt Havzası	0,193	0,514	0,645	0,492	0,461
Körfez Alt Havzası	0,409	0,328	0,324	0,406	0,367
Gönen Çayı Alt Havzası	0,740	0,981	0,841	0,699	0,815
İznik Gölü Alt Havzası	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Ağva Deresi Alt Havzası	0,518	0,111	0,243	0,000	0,218
Batı İstanbul Alt Havzası	0,000	0,148	0,000	0,181	0,082
Kuzey Kırklareli Alt Havzası	0,368	0,655	0,634	0,956	0,653
Kuzey Çanakkale Alt Havzası	0,299	0,000	0,383	0,402	0,271

Ortaya çıkan bu değerler incelendiğinde İznik Gölü Alt Havzası'nın en yüksek, Batı İstanbul Alt Havzası'nın ise en düşük maruziyet indeksine sahip olduğu görülmektedir. İznik Gölü Alt Havzası 4 indiste en yüksek değerleri almıştır. Bu sebeple de maruziyet indeksi yüksek çıkmıştır. Batı İstanbul Alt Havzası da benzer bir şekilde iki indiste en düşük değerleri almıştır. Bu sebeple de Batı İstanbul Alt Havzası en düşük maruziyet indeksine sahip olmuştur.

Maruziyet hesabını dönemsel olarak karşılaştırmak için 2021-2099 arasındaki yıllar 3 döneme ayrılmıştır. Aralıkların eşit olması ve karşılaştırmada kolaylık olması açısından dönemler 2025-2049, 2050-2074 ve 2075-2099 olarak seçilmiştir. Bu dönemlere göre ortaya çıkan maruziyet indeksleri Tablo 10.12'de görülmektedir.

Bu tablodan da görüleceği üzere 2025-2049 döneminde Ağva Deresi Alt Havzası, 2050-2074 döneminde İznik Gölü Alt Havzası ve 2075-2099 döneminde ise Gönen Çayı Alt Havzası kuraklığa en fazla maruz kalan alt havzalar olarak görülmektedir. Diğer taraftan, 2025-2049 döneminde Kuzey Kırklareli Alt Havzası, 2050-2074 döneminde Batı İstanbul Alt Havzası ve 2075-2099 döneminde ise Ağva Deresi Alt Havzası kuraklığa en az maruz kalan alt havzalar

olarak tespit edilmiştir. Dönemsel olarak bakılınca bir dönem kuraklığa en fazla maruz kalan alt havza bir sonraki dönemde en az olarak maruz kalabilmektedir.

Tablo 4.12 MPI RCP 8.5 Kapsamında Alt Havzaların Dönemlik Maruziyet İndeksleri

Alt Havza	2025-2049	2050-2074	2075-2099
Biga Çayı Alt Havzası	0,189	0,833	0,388
Körfez Alt Havzası	0,673	0,229	0,377
Gönen Çayı Alt Havzası	0,335	0,298	0,956
İznic Gölü Alt Havzası	0,845	0,987	0,643
Ağva Deresi Alt Havzası	0,867	0,323	0,064
Batı İstanbul Alt Havzası	0,269	0,045	0,276
Kuzey Kırklareli Alt Havzası	0,139	0,465	0,822
Kuzey Çanakkale Alt Havzası	0,304	0,481	0,176

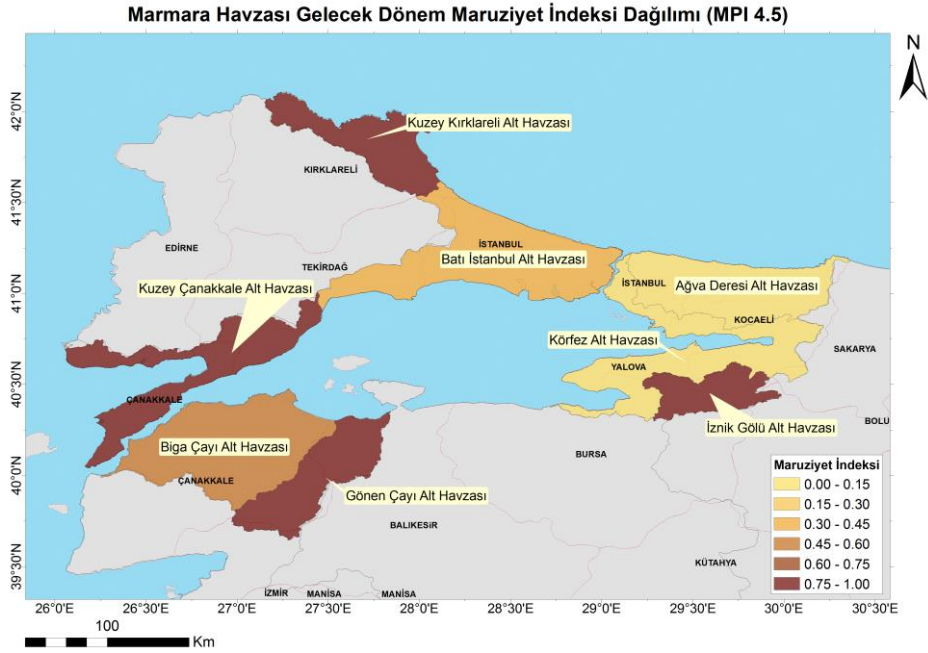
MPI RCP 8.5 kapsamında Tablo 4.11 içeriğinde verilen sonuçlar diğer iklim modelleri ve senaryolar için de yapılmış olup, sonuçlar Tablo 4.13'te verilmektedir. Bu tablo ile çalışılan tüm model ve senaryoların alt havza bazındaki maruziyet indeksi karşılaştırılabilir hale gelmiştir.

Tablo 4.13 Tüm Senaryolar Bazında Alt Havzaların Maruziyet İndeksleri

Alt Havza Adı	MPI 4.5	MPI 8.5	HadGEM 4.5	HadGEM 8.5	CNRM 4.5	CNRM 8.5
Biga Çayı Alt Havzası	0,525	0,461	0,272	0,290	0,592	0,187
Körfez Alt Havzası	0,065	0,367	0,200	0,364	0,542	0,399
Gönen Çayı Alt Havzası	0,868	0,815	0,656	0,699	0,890	0,543
İznic Gölü Alt Havzası	0,766	1,000	0,689	0,905	0,816	1,000
Ağva Deresi Alt Havzası	0,076	0,218	0,231	0,211	0,397	0,242
Batı İstanbul Alt Havzası	0,308	0,082	0,046	0,106	0,047	0,056
Kuzey Çanakkale Alt Havzası	0,754	0,271	0,734	0,726	0,112	0,422
Kuzey Kırklareli Alt Havzası	0,758	0,653	0,616	0,706	0,592	0,292

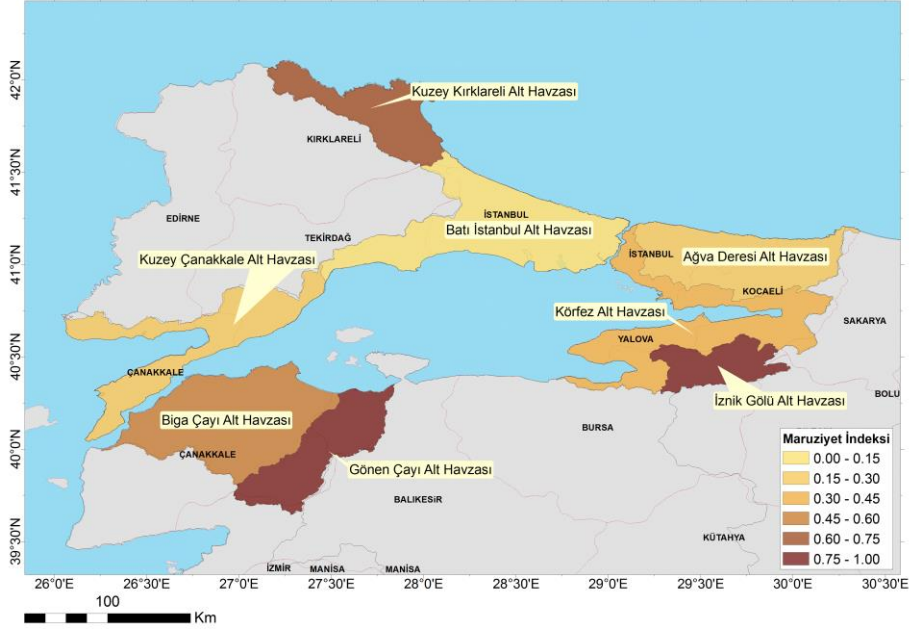
Tablo 4.13'te görüleceği üzere MPI RCP 8.5, HadGEM RCP 8.5 ve CNRM RCP 8.5 modellerinde İznik Gölü Alt Havzası'nın maruziyet indeksi en yüksek iken, MPI RCP 4.5 ve CNRM RCP 4.5'te Gönen Çayı Alt Havzası, HadGEM RCP 4.5 modelinde ise Kuzey Çanakkale Alt Havzası'nda en yüksek çıkmaktadır. Batı İstanbul Alt Havzası MPI RCP 4.5 harici tüm modellerinde en düşük alt havza olarak görülmekte olup, MPI RCP 4.5'te ise Körfez Alt Havzası en düşük alt havza olarak görülmektedir.

Bu tablodaki verilerin coğrafi olarak gösterimlerine de Şekil 4.61 ile Şekil 4.66 arasından ulaşılabilmektedir. Aynı sembol ve gösterim aralıkları ile hazırlanan haritalar ile farklı senaryolardaki maruziyet indeksi sonuçlarının coğrafi olarak karşılaştırılması kolaylaştırılmaktadır.



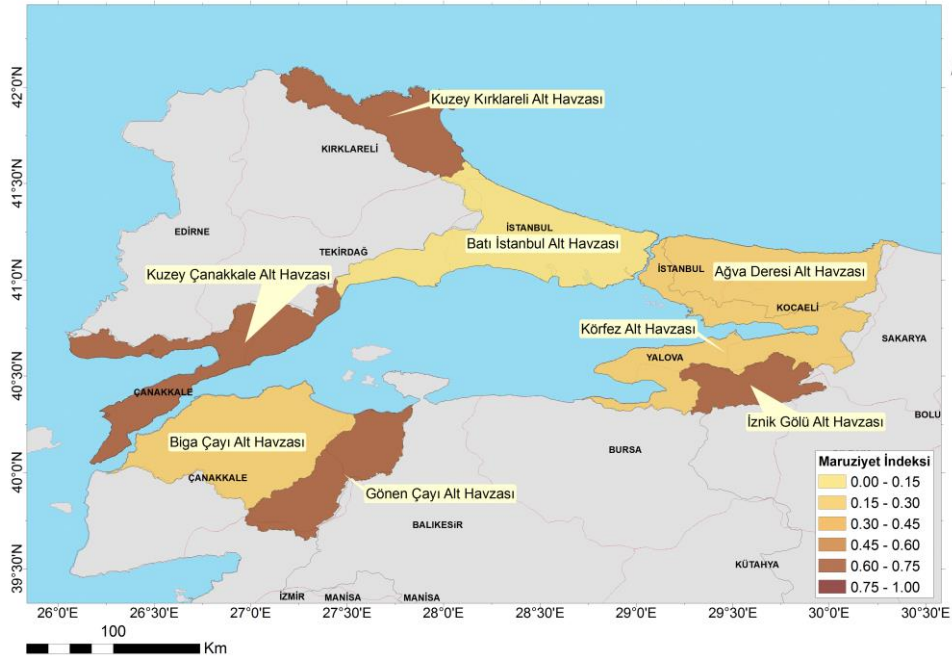
Şekil 4.61 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (MPI RCP 4.5)

Marmara Havzası Gelecek Dönem Maruziyet İndeksi Dağılımı (MPI 8.5)



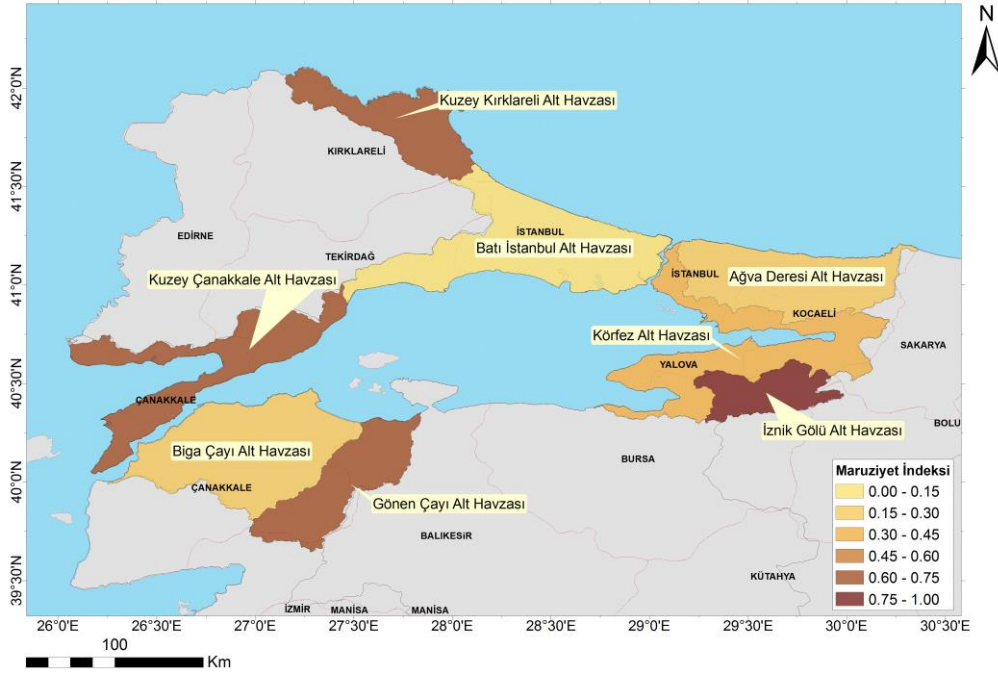
Şekil 4.62 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (MPI RCP 8.5)

Marmara Havzası Gelecek Dönem Maruziyet İndeksi Dağılımı (HadGEM 4.5)



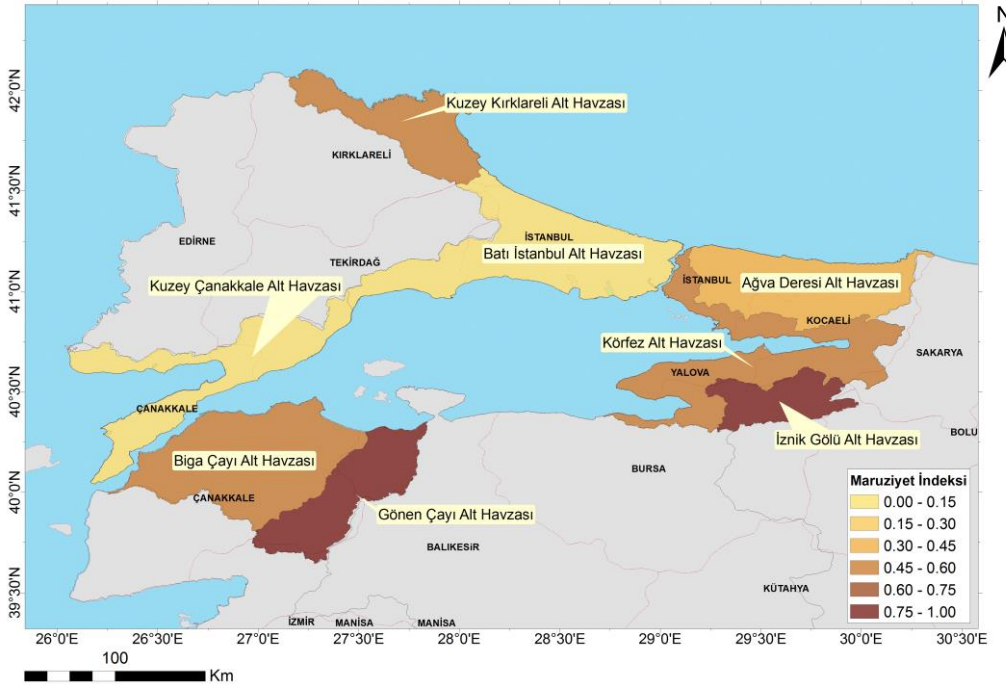
Şekil 4.63 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (HadGEM RCP 4.5)

Marmara Havzası Gelecek Dönem Maruziyet İndeksi Dağılımı (HadGEM 8.5)



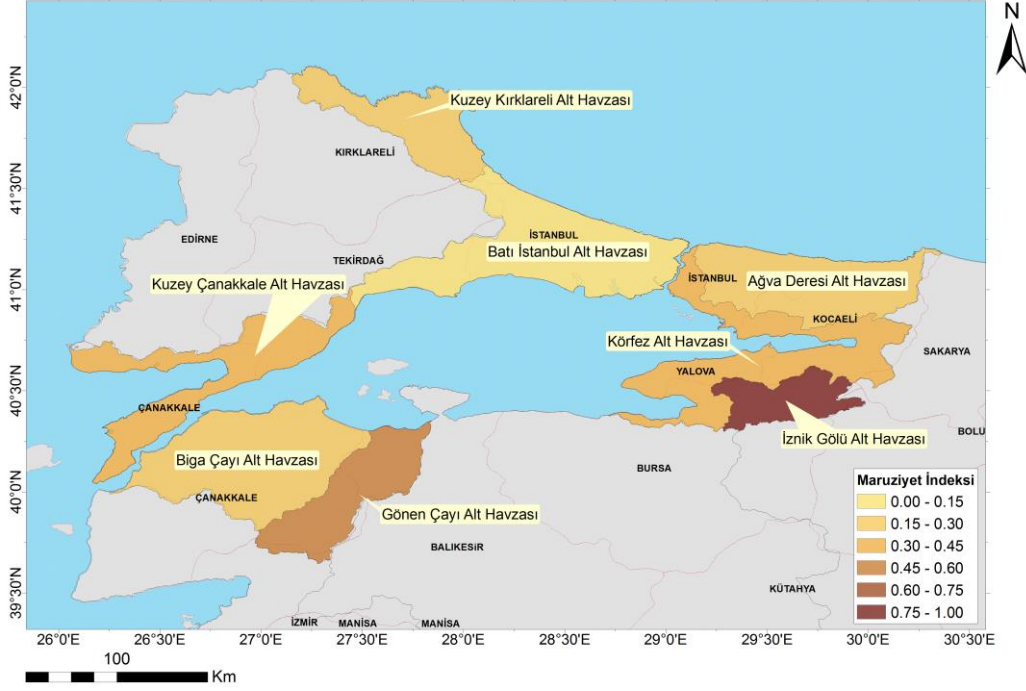
Şekil 4.64 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (HadGEM RCP 8.5)

Marmara Havzası Gelecek Dönem Maruziyet İndeksi Dağılımı (CNRM 4.5)



Şekil 4.65 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (CNRM RCP 4.5)

Marmara Havzası Gelecek Dönem Maruziyet İndeksi Dağılımı (CNRM 8.5)



Şekil 4.66 Alt Havza Bazında Maruziyet İndeksi Haritası (CNRM RCP 8.5)

4.10. Kuraklık Frekans Analizleri

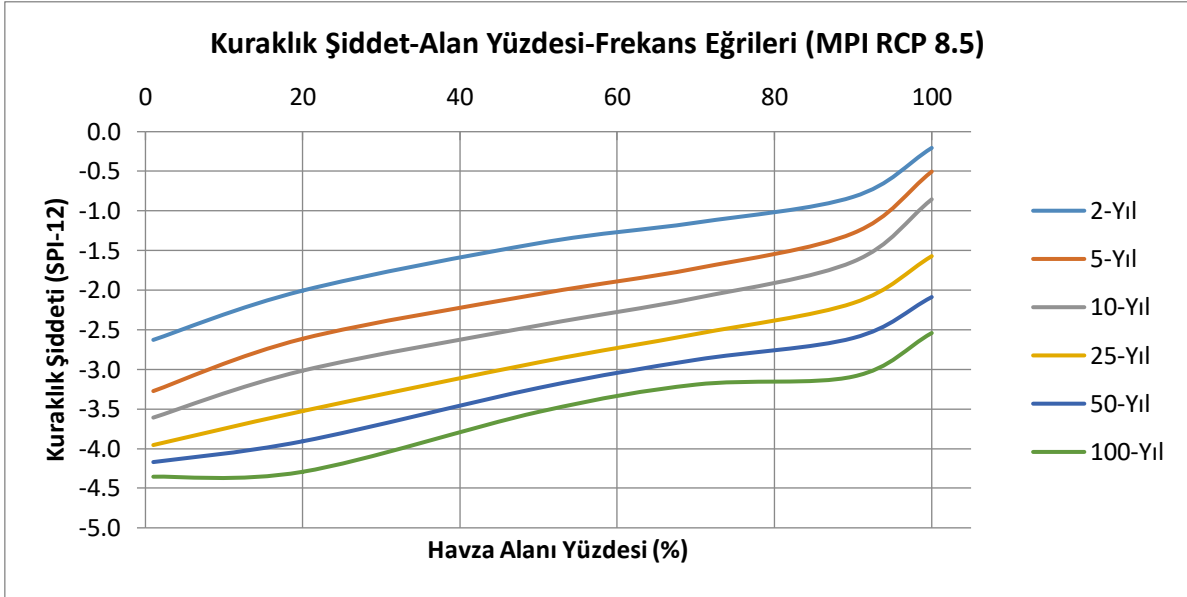
1. Ara Rapor ve mevcut rapor kapsamında belirtildiği üzere alansal olarak anlaşılabilen bir afet olan kuraklığı noktasal olarak elde edilen meteorolojik verileri farklı teknikler (rapor kapsamında IDW enterpolasyon tekniği tercih edilmiştir) ile alana dağıtarak analiz edilmiştir. Kuraklığa alansal olarak bakıldığında sadece süre ve şiddet olarak yaklaşıma ek olarak tekerrür ya da dönüş aralıklarının bulunmasının da önemli olduğu görülmektedir (Çavuş ve Aksoy, 2019). Genel olarak taşkın analizlerinde de kullanılan tekerrür ya da frekans analizleri ile olaylara ne kadar sıklıkta ve hangi şiddette karşılaşabileceğimizi hesaplayabilmekteyiz. Bu hesaplamalar için literatürde kuraklık şiddet-alan-frekans (Drought Severity-Area-Frequency) eğrisi olarak tanımlanan analizler yapılmıştır (Kim vd., 2002; Yıldız, 2009; Yıldız, 2014; Duvar vd., 2021).

Bu kapsamda hem geçmiş dönem hem de hesaplanan tüm iklim modelleri için havza bazında frekans analizleri yapılmıştır. Bu amaçla, havzayı en iyi temsil eden indislerden SPI-12 frekans analizi için seçilmiştir. Yapılan hesaplamaların metodolojisi aşağıda verilmektedir.

- Öncelikle geçmiş dönem için istasyon bazındaki, gelecek dönem için ise grid bazındaki veriler istasyonmuş gibi düşünülerek SPI-12 hesaplamaları yapılmıştır.

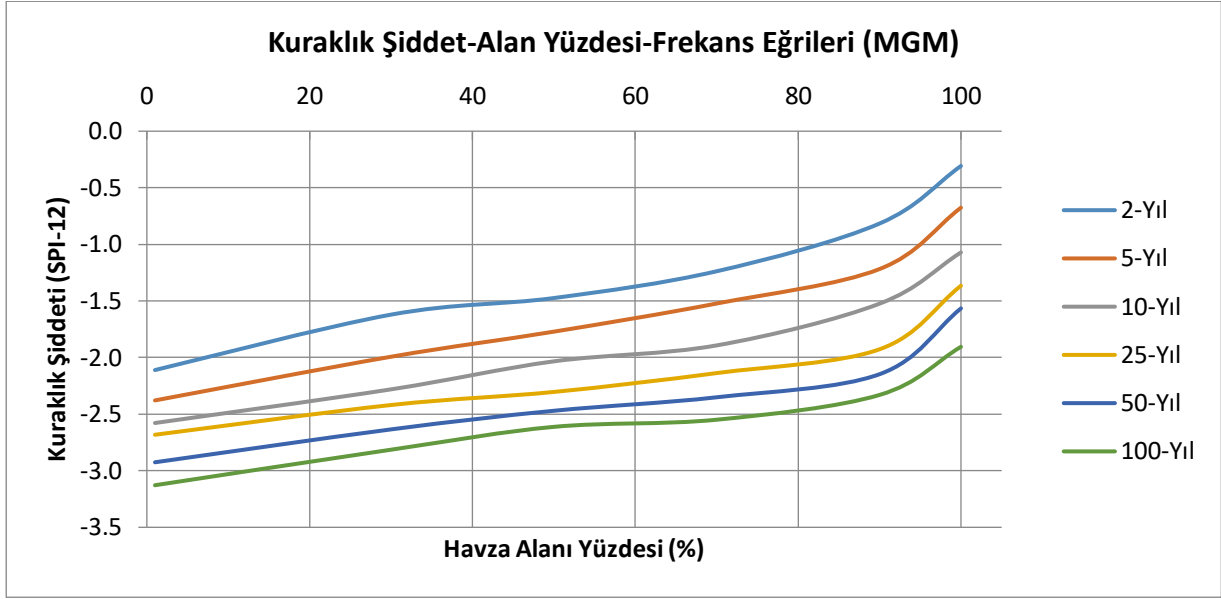
- Geçmiş dönem verileri İklim Değişikliğinin Su Kaynaklara Etkisi Projesi (SYGM, 2019) kapsamında üretilen 10x10 km'lik gridlerden havzanın içine düşen gridlere ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (IDW) yöntemi ile dağıtılmıştır. Gelecek dönem verileri zaten bu şekilde hesaplandığı için olduğu gibi kullanılacaktır.
- Frekans analizleri yıllık bazda yapılacağı için her yılı temsil etmesi adına her bir grid için o yıldaki en kurak ayın SPI-12 değeri o yıl için alınmıştır. Eğer ilgili yılda negatif bir değer yok ise değer sıfır olarak alınmıştır. Böylelikle her bir grid için yıl bazında zaman serileri oluşturulmuştur.
- 0 ile -6,0 arasına 0,1 aralıklar tanımlanarak her bir yıl için kaç adet gridin bu aralıklara düştüğü hesaplanmıştır. Böylelikle yıllara göre aralık matrisi oluşturulmuştur. Eğer ilgili aralıkta (örneğin -3,8 ile -3,9 arası) herhangi bir grid bulunmuyorsa sıfır olarak atama yapılmıştır.
- Sonraki aşamada aralıklar (negatif değerli) 0-0,1, 0,1-0,5, 0,5-1,0, 1,0-1,5, 1,5-2,0, 2,0-2,5, 2,5-3,0, 3,0-3,5, 3,5-4,0, 4,0-4,5, 4,5-5,0, 5,0-5,5 ve 5,5-6,0 aralıklarına birleştirilerek toplam grid sayıları toplanır.
- Bir adım sonra belirlenen aralıktaki grid sayıları havzadaki toplam grid sayısına bölünerek her aralık için yüzdeler bulunur. Böylelikle yıllar bazında belirlenen farklı aralıklar için yüzdesel veriler hesaplanmış olur.
- Artık frekans-alan hesaplamaları için temel veriler hesaplanmıştır. Bu adımda verilerin alansal olarak hangi aralıklar ile eşleştiği hesaplanarak her bir aralık için frekans verisine girdi sağlayacak verinin adedi hesaplanır. Örneğin alan yüzdesi 0-5 arası için -2,5'den 1 adet, -2,0'dan 1 adet, -1,5'ten 2 adet, -1,0'dan 3 adet ve -0,5'ten 2 adet var ise frekans analizi için oluşacak girdimiz -2,5, -2,0, -1,5, -1,5, -1,0, -1,0, -1,0, -0,5, -0,5 olacaktır.
- Yukarıdaki aşamada oluşan girdiler için 2, 5, 10, 25, 50, 100 yıllık dönüş aralıklı frekans analizi yapılmıştır. Bu kapsamda, Normal Dağılım, Log-Normal (2 Parametrelili), Log Normal (3 Parametrelili), Pearson Tip-3 (Gama Tip-3), Log-Pearson Tip 3 ve Gumbel dağılım tiplerine göre hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan frekans analizinin hangi dağılıma uyduğunu tespit etmek amacıyla Kolmogorov-Smirnov testine tabi tutulmuştur. Test sonucu dağılımın Log-Pearson Tip-3 dağılımına uyduğu tespit edilmiştir.
- Seçilen dağılıma göre uygun olan her bir dönüş aralığı aşağıdaki Şekil 4.67'de görülmektedir. Bu grafik tüm iklim modelleri ve geçmiş dönem MGM verileri için yapılmış olup eklerden ulaşılmaktadır.

MPI RCP 8.5 modeli çıktıları ile hesaplanan ve Şekil 4.67’de görülen grafikte SPI-12’nin kuraklık şiddeti-alan-frekans eğrisi görülmektedir. Bu grafiğe göre havzanın %70’i için 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık dönüş aralıklı kuraklık şiddetleri sırası ile -1,14, -1,72, -2,09, -2,55, -2,87, -3,19 olarak okunmaktadır. Bu da tekerrür süresi arttıkça kuraklık şiddetinin arttığını göstermektedir. Doğal olaylarda (taşkın, kuraklık, deprem vs.) tekerrür süresi arttıkça şiddetin de arttığı bilinmektedir (Duvan vd., 2021). Bu grafiğe göre havzanın %20 ile %70 arası alanı 5 yıldan büyük tekerrür süreleri şiddetli kuraklığa maruz kalmıştır.



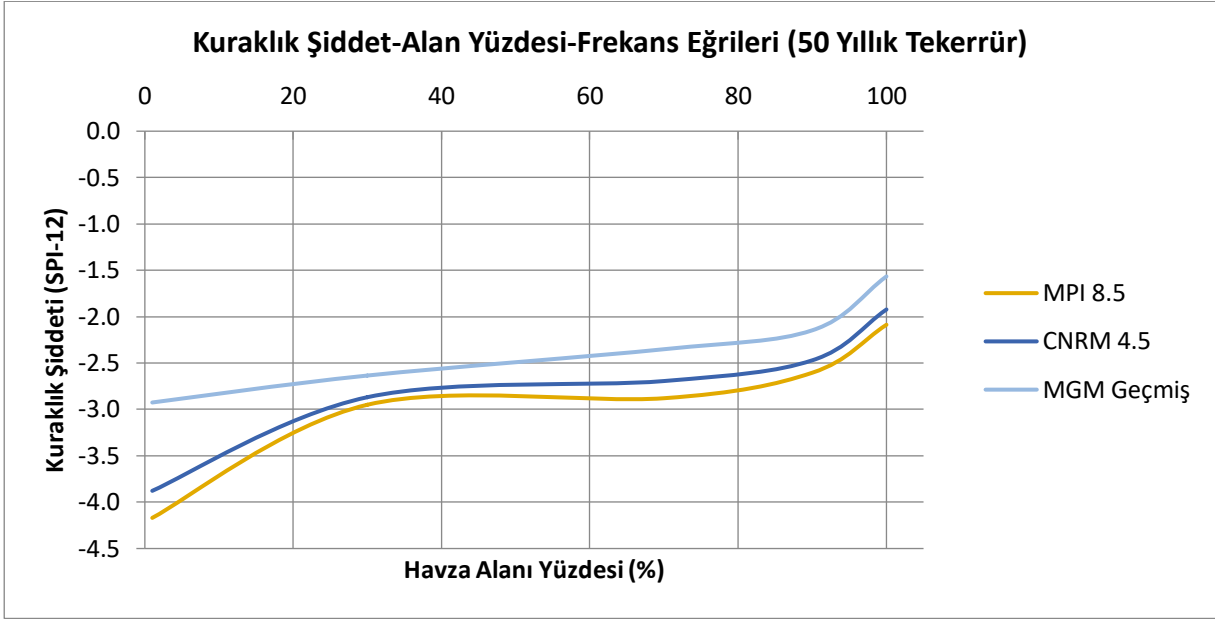
Şekil 4.67 SPI-12 (MPI 8.5) İçin Oluşturulan Kuraklık Şiddet-Alan-Frekans Eğrileri

MGM geçmiş dönem verileri ile hesaplanan ve Şekil 4.68’de görülen grafikte SPI-12’nin kuraklık şiddet-alan yüzdesi-frekans eğrisi görülmektedir. Bu grafiğe göre havzanın %70’i için 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık dönüş aralıklı kuraklık şiddetleri sırası ile -1,23, -1,52, -1,89, -2,13, -2,35, -2,54 olarak okunmaktadır. Bu grafiğe göre havzanın %60’ından daha azında 10 yıldan büyük tekerrür süreleri şiddetli kuraklığa maruz kalmıştır.

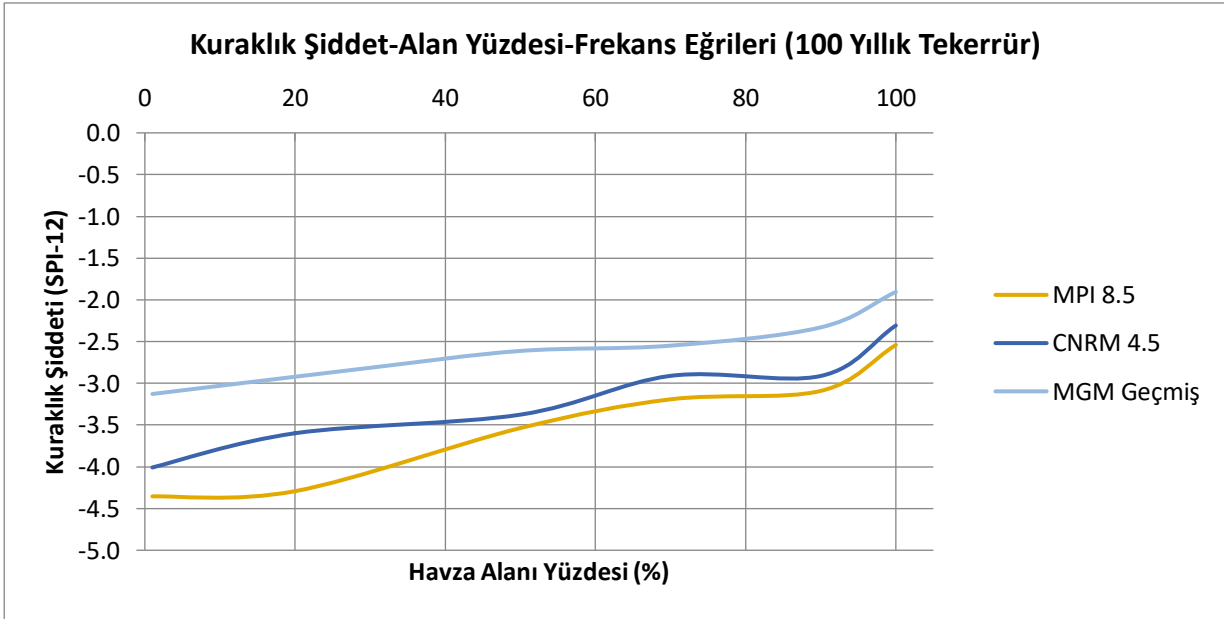


Şekil 4.68 SPI-12 (MGM Geçmiş Dönem) İçin Oluşturulan Kuraklık Şiddet-Alan-Frekans Eğrileri

Her iki grafikte karşılaştırıldığında tüm dönüş aralıkları için geçmiş dönem yağış verilerinden elde edilmiş kuraklık frekans değerlerinin 2021-2099 yılları arası projeksiyon verilerinden elde edilen kuraklık frekans değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu iki senaryoya ek olarak en iyimser senaryo olarak tanımlayabileceğimiz CNRM RCP 4.5 senaryosunu da dahil ederek 50 ve 100 yıllık dönüş aralıkları için tek bir grafikte gösterecek olursak Şekil 4.69 ve Şekil 4.70'deki grafikler elde edilmektedir. Diğer dönüş aralıkları için oluşturulan grafiklere eklerden ulaşılabilmektedir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere tahmin edilen iyimser ve kötümser senaryoların doğru bir şekilde kuraklığı yansıttığı görülmektedir. CNRM RCP 4.5'in MPI RCP 8.5'e göre daha iyimser olduğu grafikten anlaşılmaktadır. Buna ek olarak ise geçmiş dönem frekans eğrilerinin gelecek dönemlere göre daha iyi görüldüğü ve iklim değişikliği sebebi ile gelecek dönemlerin daha kurak geçeceği öngörülmektedir.



Şekil 4.69 50 Yıllık Dönüş Aralığı İçin Farklı Modellerin Grafiği



Şekil 4.70 100 Yıllık Dönüş Aralığı İçin Farklı Modellerin Grafiği